

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 7 2024 (ИЮЛЬ)

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>

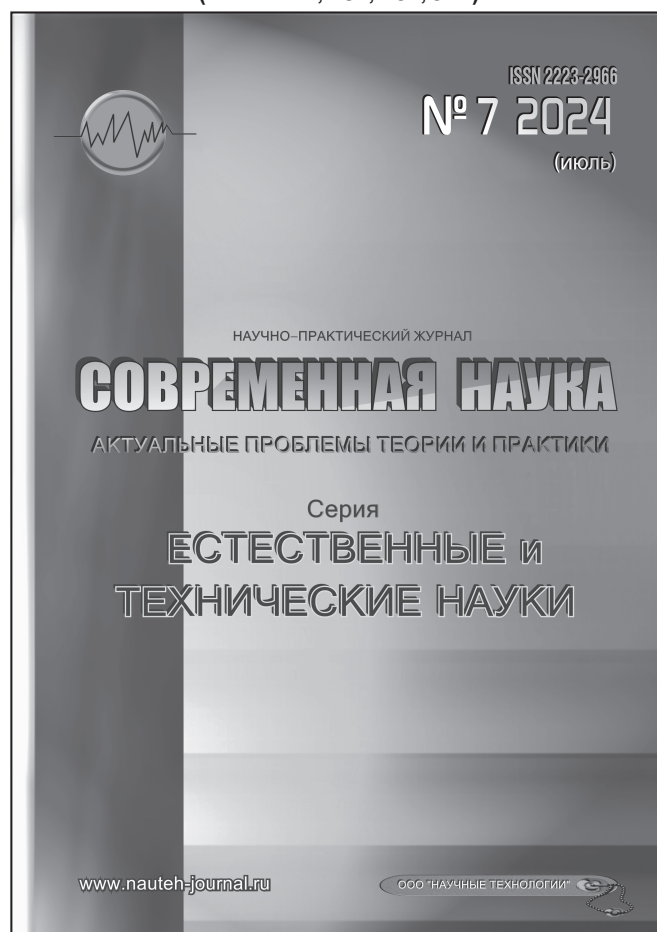
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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 8.07.2024 г. Формат 84x108 1/16
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



Редакционный совет

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Общая биология

Монтиня И.М. — Экологические ассоциации микроорганизмов естественных водных источников
Montina I. — Ecological associations of microorganisms of natural water sources.....7

Нестеренко В.М., Авраменко М.В., Москаленко И.В., Ноздрачева Е.В., Чучин Д.И. — Эколого-биологические характеристики городского парка как основа биомониторинга и формирования среды обитания
Nesterenko V., Avramenko M., Moskalenko I., Nozdracheva E., Chuchin D. — Ecological and biological characteristics of a city park as the basis of biomonitoring and formation of habitat.....11

Хачатуров Э.Г., Поливанов Д.А., Уткин Д.В., Щербакова Н.Е., Уткин Е.Д., Голубев Д.М. — Молекулярно-биологический анализ изменчивости эндофитных бактерий *Bacillus amyloliquefaciens* при вертикальном и горизонтальном переносе
Khachaturov E., Polivanov D., Utkin D., Shcherbakova N., Utkin E., Golubev D. — Molecular biological analysis of the variability of endophytic bacteria *Bacillus amyloliquefaciens* during vertical and horizontal transport.....27

Информатика, вычислительная техника и управление

Аносов Т.Э., Дзержинский Р.И. — Анализ и прогнозирование динамики курса фьючерса на природный газ «ТТФ»
Anosov T., Dzerzhinskiy R. — Analysis and forecasting of the «TTF» natural gas futures rate dynamics.....34

Барышникова Е.С., Крылосова Н.Ю. — Гибридные нейронные сети при управлении непрерывным производством
Baryshnikova E., Krylosova N. — Hybrid neural networks in continuous production control47

Бондаренко Б.П., Кулюкин К.С., Якимов Г.А. — Формирование требований к автоматизированной системе подбора персонала среди выпускников вуза
Bondarenko B., Kulyukin K., Yakimov G. — Formation of requirements for an automated recruitment system among university graduates52

Бондарь Д.Е. — Использование искусственного интеллекта в контексте современных вызовов информационной безопасности
Bondar D. — The use of artificial intelligence in the context of modern information security challenges 56

Брагинский П.Б., Карюгин Д.А., Башкеев А.А. — Использование искусственного интеллекта для автоматизации производственных процессов
Braginsky P., Karyugin D., Bashkeev A. — Using artificial intelligence to automate production processes....60

Булекбаев Д.А., Морозов А.В. — Об одном обобщении системы Лоренца и оценках ее области диссипативности
Bulekbayev D., Morozov A. — On the generalization of the Lorentz system and estimates of the area of its dissipativity64

Горячкин Б.С., Гришин К.П. — Понятийный базис и специфика использования системы ИИ в контуре управления ИС
Goryachkin B., Grishin K. — Conceptual basis and specifics of using an ai system in an is control loop .67

Жилин В.В. — Применение модели YOLO для автоматического определения ключевых точек на изображениях заднего отдела стопы для диагностики плоско-вальгусной деформации стопы
Zhilin V. — Application of the YOLO model for automatic detection of key points on images of the rear part of the foot for diagnosing flat-valgus deformity of the foot79

Канонир Г., Фильченков А.А. — Повышение эффективности обучения агента на основе модели иерархической темпоральной памяти

- Kanonir G., Filchenkov A.* — Increasing the efficiency of agent training based on the hierarchical temporal memory model.82
- Карюгин Д.А., Башкеев А.А., Брагинский П.Б.** — Перспективы информатизации управления на промышленных предприятиях: ERP-системы нового поколения
Karyugin D., Bashkeev A., Braginsky P. — Prospects of management informatization in industrial enterprises: new generation ERP systems.86
- Колесников А.А.** — Информационные технологии защиты баз данных от кибератак
Kolesnikov A. — Information technologies for protecting databases from cyber attacks90
- Колесников А.А.** — Усовершенствованный метод автоматического активного анализа защищенности корпоративной сети
Kolesnikov A. — An advanced method of automatic active analysis of corporate network security95
- Конде А.К.** — Выбор представлений в реляционных базах данных и хранилищах данных
Conde A. — Views selection in relational databases and data warehouses 100
- Конде А.К.** — Оптимизация запросов в реляционных базах данных
Conde A. — Query optimization in relational databases 103
- Морев А.С.** — Калибровка станочных узлов, оснащенных тензометрическими датчиками с использованием алгоритмов машинного обучения для контроля точности механической обработки
Morev A. — Calibration of machine components equipped with strain gauges using machine learning algorithms to control the accuracy of machining 108
- Мухаммад Д.И., Ромашкова О.Н.** — Автоматизация управления профессиональными компетенциями специалистов ИТ-компаний
Mukhammad D., Romashkova O. — Automation of the management of professional competencies of IT specialists 113
- Пантюхин А.М., Гладун В.В., Малинин И.И., Молодяков С.А.** — Разработка и исследование сервиса для дедупликации данных в хранилище
Pantukhin A., Gladun V., Malinin I., Molodyakov S. — Development and research of a data deduplication service for storage systems 118
- Ризоев Б.М.** — Декларативный подход к генерации готовых приложений
Rizoev B. — Declarative approach to generating ready-to-use applications 124
- Сидорков В.В.** — Исследование эффективности одностороннего движения на улицах города
Sidorkov V. — Efficiency of one-way city streets traffic 131
- Смирнов Д.А.** — Связь гамильтоновости и плотности отношения смежности графа
Smirnov D. — Relation of hamiltonian and density of the graph adjacency relation 136
- Сухой Д.В., Полиданов М.А., Барулина М.А., Масляков В.В., Паршин А.В., Волков К.А.** — Проблемы создания систем прогнозирования осложнений при перитоните на основе методов машинного обучения
Sukhoi D., Polidanov M., Barulina M., Maslyakov V., Parshin A., Volkov K. — Problems of creating systems for predicting complications in peritonitis based on machine learning methods 139
- Тарасов О.В.** — Адаптивные технологии в дистанционном обучении: современные подходы и перспективы
Tarasov O. — Adaptive technologies in distance learning: modern approaches and perspectives .. 147
- Царегородцев А.В., Валеев М.В.** — Факторы обеспечения киберустойчивости объектов информационной сферы
Tsaregorodtsev A., Valeev M. — The factors of ensuring cyber stability of information sphere objects 152
- Царегородцев А.В., Валеев М.В.** — Стратегические принципы обеспечения киберустойчивости объектов информационной сферы
Tsaregorodtsev A., Valeev M. — Strategic principles of ensuring cyber stability of information sphere facilities 157

Чернавин П.Ф., Чернавин Н.П., Чугаев Ю.П., Черняев И.А., Калинина Л.В. — Опыт применения методов машинного обучения для назначения процедур реабилитации больных туберкулезом
Chernavin P., Chernavin N., Chugaev Yu., Cherniaev I., Kalinina L. — Experience in applying machine learning methods for rehabilitation of tuberculosis patients 163

Щиголь А.С. — Аналитический обзор концепций архитектур предприятия и их применения
Shchigol A. — Analytical review of enterprise architecture concepts and their applications 167

Клиническая медицина

Багрянцев В.А. — Оценка распространенности мочекаменной болезни у беременных женщин: мета-анализ
Bagryantsev V. — Urea disease prevalence estimate in pregnant women: meta-analysis 178

Берч Е.Д., Смолькина А.В., Карташев А.А., Белова С.В., Филиппова С.И. — Оптимизация лечения параколостомических воспалительных осложнений
Berch E., Smolkina A., Kartashev A., Belova S., Filippova S. — Optimization of the treatment of paracolostomy inflammatory complications 183

Богонина О.В., Аксенов Н.Д., Горячих А.С., Левина К.Н., Янгулова Ю.Ф. — Клинический случай миксоидной липосаркомы брюшной полости
Bogonina O., Aksenov N., Goryachih A., Levina K., Yangulova J. — A clinical case of myxoid liposarcoma of the abdominal cavity 188

Богонина О.В., Костригина Е.Д., Аксенов Н.Д., Магомедов Ч.М., Левина К.Н., Янгулова Ю.Ф. — Осложнения хирургического лечения заболеваний щитовидной железы
Bogonina O., Kostrigina E., Aksenov N., Magomedov Ch., Levina K., Yangulova J. — Complications of surgical treatment of thyroid diseases 192

Васильева Н.А., Шторина А.А., Фищев С.Б., Павлова С.Г., Сопов А.А., Орлова И.В., Шишко Т.В., Фищева А.В. — Опыт применения стекловолоконных шинирующих материалов при генерализованном пародонтите после ортодонтического лечения

Vasilyeva N., Shtorina A., Fischev S., Pavlova S., Sopov A., Orlova I., Shishko T., Fischeva A. — Experience in the use of fiberglass splinting materials for generalized periodontitis after orthodontic treatment 198

Гаджиева Т.А., Кудяев М.Т., Каллаева А.Н., Атаева З.Н., Гусейнова Р.К., Османова А.В. — Качество жизни и нейропатия тонких волокон (SFN) у больных саркоидозом
Gadzhieva T., Kudaev M., Kallaeva A., Ataeva Z., Guseinova R., Osmanova A. — Quality of life and small fiber neuropathy (SFN) in patients with sarcoidosis 203

Дербенева С.А. — Однофакторное прогнозирование рисков развития и прогрессирования заболеваний сердечно-сосудистой системы
Derbeneva S. — Single-factor prediction of risks of development and progression of cardiovascular system diseases 207

Казанчи Ф.Б., Батмен С.К., Бельский Е.А., Баркалова И.А., Донецкий В.Н. — Предикция преэклампсии (обзор литературы)
Kazanchi F., Batman S., Belsky E., Barkalova I., Donetsk V. — Prediction of preeclampsia (literature review) 214

Масляков В.В., Полиданов М.А., Пронина Е.А., Паршин А.В., Полковова И.А., Барсуков В.Г. — Особенности микробного пейзажа при огнестрельных ранениях малого таза, осложненного перитонитом
Maslyakov V., Polidanov M., Pronina E., Parshin A., Polkova I., Barsukov V. — Features of microbial landscape in gunshot wounds of the small pelvis complicated by peritonitis 223

Мкртчян В.С. — Сравнительный анализ эндоскопической эндоназальной трансфеноидальной и микрохирургической транскраниальной методов удаления краниофарингиом
Mkrтчyan V. — Comparative analysis of endoscopic endonasal transsphenoidal and microsurgical transcranial methods for removing craniopharyngiomas 230

Небиева Д.Х., Воропаева С.В., Кузиев И.Д., Скляр Б.А., Павлов Б.В. — Острый инфаркт миокарда на фоне гипертрофической кардиомиопатии <i>Nebieva D., Voropaeva S., Kuziev I., Sklyarov B., Pavlov B.</i> — Acute myocardial infarction against the background of hypertrophic cardiomyopathy 236	<i>Nuzhdin M., Komarov R., Nadin I., Stroganov I., Fokin A.</i> — Pulmonary allograft in aortic position. Implantation techniques, cause of early and late dysfunction. A systematic review. 244
Нуждин М.Д., Комаров Р.Н., Надин И.С., Строганов И.А., Фокин А.А. — Легочный аллографт в аортальной позиции. Техника имплантации, непосредственные результаты, причины ранней и поздней дисфункции. Системный обзор <i>Nuzhdin M., Komarov R., Nadin I., Stroganov I., Fokin A.</i> — Pulmonary allograft in aortic position. Implantation techniques, cause of early and late dysfunction. A systematic review. 244	Павлов Б.В., Мордовина А.С., Артёмова М.В., Славнова А.А., Кузиев И.Д. — Особенности течения перелома надколенника у пациента с сахарным диабетом 1 типа (клинический случай) <i>Pavlov B., Mordovina A., Artemova M., Slavnova A., Kuziev I.</i> — Features of the course of the patella fracture by the patient with the first type of diabetes 252
	Наши авторы 258

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АССОЦИИИ МИКРООРГАНИЗМОВ ЕСТЕСТВЕННЫХ ВОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ

ECOLOGICAL ASSOCIATIONS OF MICROORGANISMS OF NATURAL WATER SOURCES

I. *Montina*

Summary. The article provides an overview of the main associations of microorganisms in water sources. The causes of the associations are described. The factors contributing to the emergence of groups of microorganisms are shown. Associations of fresh and mineral springs are described. It is noted that a special type of microbial communities is forming in mineral springs. Microbial-algal associations are described in detail. It is shown that a special role in the formation of stable associations belongs to the types of sources and the time of year.

Keywords: microorganisms, associations of microorganisms, groupings of fresh springs, associations of thermal springs.

Монтинина Ирина Михайловна

канд. биол. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Омский
государственный педагогический университет»
imontina@mail.ru

Аннотация. В статье представлен обзор основных ассоциаций микроорганизмов в водных источниках. Описаны причины возникновения ассоциаций. Показаны факторы, способствующие возникновению группировок микроорганизмов. Описаны ассоциации пресных и минеральных источников. Отмечается, что в минеральных источниках происходит формирование особого типа микробных сообществ. Подробно описаны микробно-водорослевые ассоциации. Показано, что особая роль в формировании устойчивых ассоциаций принадлежит типам источников и времени года.

Ключевые слова: микроорганизмы, ассоциации микроорганизмов, группировки пресных источников, ассоциации термальных источников.

Водные объекты являются основным местом обитания большинства микроорганизмов, которые играют огромное значение в круговороте веществ в природе. Благодаря этим организмам в воде происходят процессы нитрификации, денитрификации, брожения и др.

Сообщества микроорганизмов в воде возникают в зависимости от различных причин и, как правило, на формирование устойчивых группировок влияет степень загрязнения воды органическими соединениями.

Целью исследования явился анализ состава экологических ассоциаций микроорганизмов естественных водных источников.

В естественных источниках существует несколько типов основных микробиоценозов. Существуют следующие ассоциации [8].

1. Ассоциации простейших с бактериями. Учеными описано множество разнообразных примеров симбиозов простейших (родов *Chlamydomonas*, *Amoeba*, *Vanella*, *Tetrahymena* и других) с бактериями родов *Vibrio*, *Aeromonas*, *Mycobacterium*, *Campylobacter*, *Salmonella*, *Shigella*, *Listeria*, *Pseudomonas*, *Klebsiella*, *Staphylococcus*, *Serratia* и других.
2. Ассоциации простейших с водорослями. Существуют симбиотические ассоциации, включающие простейшие родов *Amoeba*, *Majorella*, *Pleuronema*

с ассоциированными с ними водорослями родов *Coelastrum*, *Chrysococcus*, *Kephyrion* и др. Во многих случаях эндосимбиотические водоросли (зоохлореллы, зооксантеллы, цианеллы и др.) обеспечивают значительную часть энергетических потребностей простейших, создают возможность миксотрофии для гетеротрофных простейших.

3. Ассоциации водорослей с водорослями. Такие группировки обычно включают сине-зеленые водоросли (цианобактерии), которые в слизи могут содержать диатомовые и зеленые водоросли.
4. Ассоциации водоросли — бактерии. Водоросли могут формировать слизистые чехлы, содержащие органические выделения, которые позволяют жить в них ассоциированным бактериям. Водоросли родов *Pandorina*, *Chlamydomonas*, *Chlorella*, *Spirulina*, *Dunaliella* образуют группировки с бактериями *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Agrobacterium*, *Achromobacter*, *Bacillus*, *Chromobacterium*, *Sarcina*, *Vibrio*, *Micrococcus*, *Rhodococcus* и другими.
5. Бактерии — бактерии. Существуют различные виды ассоциаций бактерий. Так, авторами установлены ассоциации бактерий, разлагающих целлюлозу и азотфиксаторов. *Acinetobacter* часто ассоциирован с микрококком и дрожжами *Candida*. Синтрофной ассоциацией является *Methanobacterium omelianskii* — ранее это считалось чистой монокультурой метаногенов. Выявлен микробный биоценоз гиперсоленых озер, в который входят галофильные и галотолерантные бак-

терии, причем галофильные бактерии делятся со своими партнерами осмопротекторами.

Структура и функциональное разнообразие микробного сообщества минеральных источников во многом зависят от химического состава вод и пород. Содержание акцепторов электронов, биогенных элементов и веществ в минеральной воде оказывает влияние на формирование состава микробного сообщества и его активность. Микробные сообщества в гидротермах, при отсутствии выедания со стороны эукариотных организмов, могут обладать значительной биомассой и образовывать так называемые микробные маты.

В минеральных источниках широко распространены различные группы микроорганизмов, занимающие в силу физиологических особенностей вполне определенные экологические ниши и связанные между собой трофическими взаимоотношениями. Тесные трофические взаимоотношения между различными группами микроорганизмов позволяют им эффективно участвовать в трансформации органических и неорганических веществ подземных вод, что обусловлено их огромным биохимическим потенциалом и большой численностью.

Исследования микроорганизмов и их сообществ, проведенные на выходе воды и по термальным ручьям минеральных источников Хойто-Гол показали следующие результаты. Отмечается, что присутствие сероводорода в воде является отличительной чертой данных источников. Его поступление осуществляется вулканическими флюидами. Авторами описана устойчивая экологическая ассоциация, включающая разные виды микроорганизмов. Состав микробных сообществ изменяется в зависимости от экологических условий. На выходе источника развиваются космы бесцветных серобактерий *Thiothrix sp.* Ниже по течению ручья с уменьшением концентрации сероводорода увеличивается разнообразие микроорганизмов и появляются бесцветные серобактерии *Beggiatoa sp.*, цианобактерии *Phormidium laminosum*, пурпурные бактерии, близкие к *Rhodospseudomonas palustris*. Отмечено единичное присутствие *Oscillatoria sp.* Через 20–30 м от выхода наблюдается развитие многокомпонентного микробного мата, состоящего из бесцветных серобактерий, пурпурных и цианобактерий, где доминируют виды *Oscillatoria tenuis*, *Oscillatoria limosa*, *Anabaena variabilis*. В следующей зоне развития происходит кальцификация мата и доминирует *Phormidium gelatinosum* [3].

Исследования пресных питьевых источников на примере источника «Лыковский» (Свердловский Район, Орловская область) показало, что численность и видовое разнообразие микроорганизмов изменяется во времени. Весной и в летний период в пресных питьевых источниках могут присутствовать следующие микроорганиз-

мы: клостридиум, бациллы, БГКП, кокки, стрептококки, актиномицеты, цианобактерии клостридиум, бациллы, БГКП, кокки, стрептококки, актиномицеты, цианобактерии клостридиум, бациллы, БГКП, кокки, стрептококки. Осенью видовой состав меняется. В конце сентября в пресных источниках встречаются клостридиум, бациллы, БГКП, кокки, стрептококки [9].

Один из самых крупных источников пресной воды — Озеро Байкал, которое расположено во внутриконтинентальной зоне на юге центральной Сибири и является самым глубоким озером в мире, содержащим самый большой объем жидкой пресной воды. Авторами были проведены исследования из микробных сообществ донных отложений озера Байкал и выделено 7 изолятов, которые были идентифицированы. Анализ показал присутствие в донных отложениях следующих видов: *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Micrococcus luteus*, *Pseudomonas oleovorans*, *Acinetobacter calcoaceticus*. Всего в воде озера было выделено 110 бактериальных штаммов отнесенных к родам *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Escherichia*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Nocardia*, *Planococcus*, *Pseudomonas*, *Rhodotorula*, *Vibrio*, *Xanthomonas* и *Zoogloea* [12].

В зоне сильного загрязнения в воде естественных источников содержится достаточно большое количество органических веществ и наблюдается невысокая концентрация кислорода, поэтому в этой зоне наблюдается наибольшее количество группировок микроорганизмов, которые представлены в основном возбудителями бродильных или гнилостных процессов.

Сточные воды сбрасываются как в пресные, так и морские акватории. Изучение водных экосистем прибрежной полосы Каспийского моря, омывающие берега Апшеронского полуострова и Красного моря близ г. Джидда Саудовской Аравии показало наличие достаточно большого числа микроорганизмов. Для обоих водоемов общими группами явились представители порядков прокариотов явились: *Flavobacteriales*, *Campylobacteriales*, *Asidimicrobiales*, *Rodospiralles*, *Rodobacteriales*, *Oceanosprillages*. Исследования показали, что для водоемов, имеющих различные физико-географические и экологические условия, чувствительными на сточные загрязненные воды, ассоциация микроорганизмов могут быть одинаковыми. Независимо от предназначения, определение изменений в микробных группах метабаркодизацией, предполагает использование данных в качестве индикатора для определения деградации окружающей среды [1].

В процессах самоочищения всех водоемов определяющая роль принадлежит бактериальным ферментам.

В таких видах водоемов, как рыбохозяйственные пруды их количество достигает особенно больших величин, т.к. при искусственном кормлении рыбы скапливается большое количество несъеденных кормов, которые приводят к накоплению неразложившегося органического вещества и ухудшению экологической обстановки. Биохимическая активность микроорганизмов влияет на кислородный режим, трансформацию биогенных элементов, образование донных отложений, их характеристику и влияние на водную толщу, а также на санитарное состояние водоемов [11].

Активность свободных бактериальных ферментов зависит от их потенциальной биохимической активности, экологических факторов водоема и особенно высока в начале процесса минерализации легкоразлагаемого органического вещества. Поэтому показателем начальной стадии минерализации белковых соединений могут служить и количественные данные по протеолитическим, амилитическим и липолитическим, аммонифицирующим, нитрифицирующим, денитрифицирующим микроорганизмам, зависящие от типа водоема, антропогенной нагрузки на него и от сезона года. Отмечается, что максимальная их численность нитрифицирующих бактерий наблюдается в начале сезона (июнь) и в среднем составляет 300 кл./мл. В это время во всех водоемах были самые благоприятные кислородные условия, а, как известно, процесс нитрификации происходит только в кислородной зоне [4]. К осени их количество снижается на 3 порядка [7].

В водах пресных водоемов обнаруживаются палочковидные виды родов *Pseudomonas* и *Aeromonas*, кокковидные виды рода *Micrococcus* и извитые бактерии. Загрязнение воды органическими веществами сопровождается увеличением анаэробных и аэробных бактерий, а также грибов. Особенно много анаэробов в иле, на дне водоемов. Микрофлора воды выполняет роль активного фактора в процессе самоочищения ее от органических отходов, которые утилизируются микроорганизмами. Вместе с загрязненными ливневыми, тальными и сточными водами в озера и реки попадают представители нормальной микрофлоры человека и животных (*Escherichia coli*, *Citrobacter spp.*, *Enterobacter spp.*, *Clostridium spp.*, виды бактерий из семейства *Enterococcaceae*) и возбудители кишечных инфекций (брюшного тифа, паратифов, дизентерии, холеры, лептоспироза, энтеровирусных инфекций и др). Поэтому вода является фактором передачи возбудителей многих инфекционных заболеваний. Некоторые возбудители могут даже размножаться в воде (холерный вибрион, легионеллы).

В зонах акваторий, где наблюдается повышенное фекальное загрязнение, в микробных ассоциациях могут встречаться паразитические формы. Из бактериальных паразитов в загрязненных водных объектах показатель-

ны бактерии родов *Bdellovibrio* и *Micavibrio*. Они успешно проникают в такие энтеробактерии как *E.coli*, размножаются в них и выходят в водную среду, лизируя клетки хозяина. Максимальные количества *Bdellovibrio* из расчета на одну клетку *E.coli* были обнаружены в р. Оке в районах сбросов сточных вод населенных пунктов [2].

В естественных природных источниках при умеренном загрязнении в воде могут содержаться разные ассоциации сапротрофных микроорганизмов, осуществляющие процессы минерализации органических веществ. В реках и водоемах может присутствовать более 700 штаммов, которые принадлежат к семействам: *Moraxellaceae*, *Pseudomonaceae*, *Alcaligenaceae*, *Comamonadaceae*, *Brucellaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Aeromonadaceae*, *Vibrionaceae*, *Campylobacteraceae*, *Rhodobacteraceae*, *Enterococcaceae*, *Streptococcaceae*, *Shewanellaceae* [6].

В чистой воде органических веществ практически нет, так как все процессы минерализации органических веществ закончились, поэтому в этой зоне встречаются обычно представители нормальной водной микрофлоры. Однако в донных отложениях присутствуют ассоциации микроорганизмов, разлагающие растительные остатки. В поверхностных слоях иловых осадков преобладают аэробные бактерии, прикрепленные к субстрату, или обладающие скользящим движением. Ниже находятся экологические ниши денитрифицирующих бактерий, Mn- и Fe-редукторов, сульфатредукторов и метаногенов [10].

Наиболее известными группами симбиотических ассоциаций в водных объектах являются бактериальные и водорослевые группировки микроорганизмов. Механизмы взаимных взаимодействий и регуляции бактерий водорослей таких сообществах показывают, что это достаточно сложно организованная ассоциация, в которой водоросли составляют основу группировки, а бактерии являются спутниками их жизнедеятельности. Наиболее частыми сочетаниями компонентов альгобактериологических и бактериальных ценозов в достаточно чистых природных водоёмах являются ассоциации, образованные представителями отдела зелёные, эвгленовые, сине-зеленые водоросли. Это наиболее многочисленные группировки. Представители других отделов выражены гораздо в меньшей степени. В типичных пресных водоёмах представители отдела зеленые водоросли составляют в среднем 58 %, Эвгленовые 10–13 %, Цианобактерии 8–9 %, Золотистые водоросли от 6 до 7 %, Жёлтозелёные водоросли примерно 6 %, Диатомовые в среднем 3%. Такие альгологические ассоциации обычно содержат виды бактерий родов *Acinetobacter*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas*. Причём основным фактором, который позволяет выживать прокариотам в ассоциации с водорослями является каталазная активность данных микроорганизмов [5].

Таким образом, в результате проведенного анализа экологических ассоциаций микроорганизмов, обитающих в природных источниках, можно отметить, что для каждого вида источника характерно наличие стабиль-

ных ассоциаций разных типов. Видовое разнообразие ассоциаций микроорганизмов зависит от разных факторов, формируется в течении длительного времени и является достаточно устойчивым.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанди Ф.Н. Характеристика ассоциаций микроорганизмов в прибрежных водах морей, расположенных в различных географических положениях // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №7. С. 172–178. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/afandi> (дата обращения 15.07.2018).
2. Вайнштейн М.Б. Водная микробиология и биогеохимия: учеб. пособие /М.Б. Вайнштейн, В.А. Алферов, В.А. Вацурина. — Тула: Изд-во ТулГУ, 2007 — 145 с.
3. Влияние экологических условий на распределение функциональных групп микроорганизмов в минеральных источниках Хойто-Гол (Восточные Саяны) / Э.В. Данилова, А.В. Бархутова, Д.Д. Брянская [и др.] // Сибирский экологический журнал. — 2009. — Т. 16, № 1. — С. 45–53. — EDN JWNRWB.
4. Дзюбан А.Н. Оценка экологического состояния водохранилищ по критериям бактериобентоса // Гидробиол. журн. — 2004. — №4. — С. 32–33.
5. Игнатенко, М.Е. Характеристика симбиотических связей микроорганизмов в альгобактериальных сообществах природных водоемов: специальность 03.00.0703.00.16: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Игнатенко Марина Евгеньевна. — Оренбург, 2008. — 19 с. — EDN NJFJPN.
6. Изучение антибиотикорезистентности микроорганизмов водоемов г. Ростова-на-Дону / А.В. Тришина, Е.А. Березняк, И.Р. Симонова, Л.М. Веркина // Инфекция и иммунитет. — 2017. — № 5. — С. 822. — EDN UVVYJZ.
7. Киреева, И. Ю. Биохимическая активность микроорганизмов воды и грунтов рыбохозяйственных водоемов аридной зоны / И.Ю. Киреева // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. — 2009. — № 3(58). — С. 13–19. — EDN MUGMIL.
8. Микробиология биоценозов природных водоемов. — Екатеринбург: УрО РАН, 2008. — 156 с.
9. Мосина, К.Р. Анализ качества воды и состояния природного источника «Лыковский» (Свердловский район, Орловская область) / К.Р. Мосина, Т.А. Цуцупа // Природные ресурсы Центрального региона России и их рациональное использование : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 60-летию кафедры почвоведения и прикладной биологии Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева, Орёл, 14 ноября 2018 года / Под общей редакцией И.Э. Федотовой. — Орёл: Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, 2019. — С. 176–181. — EDN VYGDAL.
10. Нечаева И.А., Акатова Е.В. Оценка микробного состояния рек Тульской области // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. Биология. 2014. Вып. 2. С. 270–281.
11. Олейник Г.Н., Старосила Е.Н. Микробиологическая характеристика водоемов с высокой антропогенной нагрузкой // Гидробиол. журн. — 2005. — №4. — С. 70–81.
12. Скрининг и идентификация микроорганизмов, выделенных из донных отложений озера Байкал / О.О. Бабич, С.А. Сухих, Е.В. Ульрих [и др.] // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. — 2021. — Т. 9, № 1. — С. 5–14. — DOI 10.14529/food210101. — EDN XMEGRX.

© Монтина Ирина Михайловна (imontina@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРОДСКОГО ПАРКА КАК ОСНОВА БИОМОНИТОРИНГА И ФОРМИРОВАНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF A CITY PARK AS THE BASIS OF BIOMONITORING AND FORMATION OF HABITAT

V. Nesterenko
M. Avramenko
I. Moskalenko
E. Nozdracheva
D. Chuchin

Summary. This article presents the ecological and biological characteristics of the city park «Hospital Town» in Bryansk, as one of the key components of the urban environment, aimed at maintaining and restoring the health of the urban population, as well as improving the quality of life of citizens. Studies are presented to study the floristic composition of the urban forest and the degree of synanthropization of the flora. A description is given of the sanitary and aesthetic state of the forest stand, changed as a result of high recreational load and negative environmental factors. Based on the results of the study, practical recommendations for the restoration and maintenance of forest phytocenosis are provided.

Keywords: recreational zone, biomonitoring, urban forest, forest phytocenosis, phytoindication, floristic composition, synanthropicity of urban forest flora, sanitary forest pathological and aesthetic condition of the forest stand.

Нестеренко Виктория Михайловна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»
vivo.mih@gmail.com

Авраменко Марина Васильевна

кандидат биологических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»
avramenko_marina84@mail.ru

Москаленко Игорь Владимирович

кандидат биологических наук, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»
moskalenkigor@yandex.ru

Ноздрачева Елена Владимировна

кандидат биологических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»
nozdracheva@mail.ru

Чучин Дмитрий Иванович

кандидат географических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»
chuchin.dmitrii@list.ru

Аннотация. В данной статье представлена эколого-биологическая характеристика городского парка «Больничный городок» г. Брянска, как одного из ключевых компонентов городской среды, направленного на поддержание и восстановление здоровья городского населения, а также повышение качества условий жизни горожан. Приведены исследования по изучению флористического состава городского леса, степени синантропизации флоры. Представлено описание санитарного и эстетического состояния древостоя леса, измененного в результате действия высокой рекреационной нагрузки и негативных факторов окружающей среды. По результатам исследования даны практические рекомендации по восстановлению и поддержанию лесного фитоценоза.

Ключевые слова: рекреационная зона, биомониторинг, городской лес, лесной фитоценоз, фитоиндикация, флористический состав, синантропизированность флоры городского леса, санитарное лесопатологическое и эстетическое состояние древостоя.

На современном этапе развития промышленного производства, методов оценки состояния компонентов среды обитания человека решается комплекс масштабных задач, среди которых важнейшими являются повышение качества условий жизни человека. Их реализации во многом будут способствовать работы, связанные с оценкой рекреационных ресурсов местности [12]. В состав рекреационных ресурсов местности

входят лечебные местности, курорты, экологические тропы, а также городские парки и скверы [7, 11, 20].

Состояние указанных объектов прямо определяет состояние индивидуального и популяционного здоровья населения. Основа рекреационных зон города — древесно-кустарниковая растительность. К важнейшим объектам рекреационного назначения относятся город-

ские леса. В настоящее время регулирование рекреационного лесопользования — один из реальных путей сохранения зеленых насаждений в городах и вокруг них. Особого внимания требуют древостои в черте города. При постоянном воздействии комплекса негативных факторов отдельные деревья, куртины деревьев теряют биологическую устойчивость, усыхают, что ведет к разрушению и гибели древостоев [24].

Лесной фитоценоз в пределах города разрушается постепенно, в течение нескольких десятилетий происходит изменение внешнего вида растительного сообщества, уменьшение площади фотосинтетической поверхности, разреживание крон деревьев, появляется суховершинность, ухудшается санитарно-патологическое состояние древостоев. В этих условиях изменяется и видовой состав живого напочвенного покрова, происходит задернение почвы [13].

В таком состоянии городские леса уже не способны выполнять оздоровительные и эстетические функции, и их дальнейшее использование практически всегда является проблемой муниципальной власти и широкой общественности. Даже сравнительно слабые уровни загрязнения атмосферы в сочетании со средней рекреационной нагрузкой могут привести к сильному ослаблению насаждений [8, 9, 20].

Городские леса г. Брянска — это, в основном, остатки естественных насаждений, некогда произраставших в поймах рек Десны, Болвы, Снежети, в течение продолжительного времени бессистемно вырубавшиеся в результате хозяйственной деятельности. Расположенные в разных районах города, окруженные жилыми зданиями и производственными объектами, городские леса придают городу своеобразие, которое выгодно отличает Брянск от других городов [4, 22, 25].

Основной целью мониторинга состояния древесно-кустарниковой растительности рекреационных зон является своевременное обнаружение неблагоприятных по состоянию участков озелененных территорий, выявление случаев массового и локального ослабления насаждений под влиянием стрессовых факторов, получение своевременной и достоверной информации о нежелательных изменениях для принятия решений по сохранению, поддержанию устойчивости и полезных функций [14–16, 23].

Забываясь об охране природных комплексов, необходимо более детально рассматривать проблему формирования устойчивых типов среды обитания человека в настоящее время и на десятилетнюю перспективу. Проблема отдыха в городских рекреационных зонах охватывает целый ряд вопросов, связанных с преобразованием некоторых видов ландшафтов с целью их улуч-

шения, а также обеспечения горожан удобными и живописными местами массового отдыха. Рекреационное пользование лесными насаждениями предусматривает проведение природоохранных мероприятий [10].

Цель исследования — оценить состояние рекреационного объекта — лесопарка «Больничный городок» в целях оптимизации.

Объект и методы исследования

Бор «Больничный городок» (28 кв. Городского лесничества) общей площадью 15 га, расположенный в Фокинском районе города Брянска — объект лесного фонда городских лесов. Зеленые насаждения объекта исследования представлены в основном хвойными растениями, которые наиболее чувствительны к промышленным выбросам, и чаще поражаются фитопатогенами или вредителями. Также на территории Больничного городка произрастают широколиственные виды растений.

По результатам геоботанических описаний был составлен полный список растений на территории объекта. В нем указаны: систематическая принадлежность каждого вида, тип ареала, жизненная форма, экологический тип по отношению к воде и богатству почвы, для адвентивных (заносных) видов — группу по времени и способу заноса и степени натурализации. Для всех растений указывалась также группа по хозяйственной значимости [6].

Для анализа флоры объекта исследования были составлены следующие спектры: систематический состав (количество родов и видов в семействах), жизненные формы по К. Раункиеру и И.Г. Серебрякову, типы ареалов и географические элементы, синантропизированность флоры, экологические группировки по отношению к воде и почвенным условиям [5, 6, 21].

Для оценки степени синантропизированности также анализировались типы растительности, в которых произрастают растения, выявленные на территории объекта проектирования.

Для характеристики флористического состава древесных растений была проведена сплошная инвентаризация всех деревьев и кустарников виргинального и генеративного возрастных состояний. Кроме того, при рекогносцировочном обследовании по маршрутным ходам, охватывающим всю территорию объекта, были учтены древесные растения ювенильного возрастного состояния [6].

Для выявления реальной ситуации в насаждениях Больничного городка был проведен анализ санитарного, лесопатологического, эстетического состояния древо-

Таблица 1.

Список древесных растений, произрастающих на территории лесопарка «Больничный городок»

№ п/п		Жизненная форма (по И.Г. Серебрянову) и группа роста (по С.Я. Соколову)	Ярус в фитоценозе	Обилие по шкале Браун-Бланке	Происхождение
Отдел Голосеменные (Pinophyta или Gymnosperae)					
Класс Хвойные (Pinopsida)					
Семейство Сосновые (Pinaceae)					
1.	Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i>)	Д ₁	I ярус	2	абориген
Отдел Покрытосеменные (Magnoliophyta)					
Класс Двудольные (Dicotyledones)					
Семейство Вязовые (Ulmaceae)					
2.	Вяз гладкий (<i>Ulmus laevis</i>)	Д ₁	III ярус	r	абориген
Семейство Березовые (Betulaceae)					
3.	Береза повислая (<i>Betula pendula</i>)	Д ₁	II ярус	r	абориген
Семейство Ивовые (Salicaceae)					
4.	Тополь душистый (<i>Populus suaveolens</i>)	Д ₁	I ярус	+	интродуцент
5.	Осина или тополь дрожащий (<i>Populus tremula</i>)	Д ₁	II ярус	+	абориген
6.	Ива ломкая (<i>Salix fragilis</i>)	Д ₂	подрост	r	абориген
7.	Ива белая (<i>Salix alba</i>)	Д ₁	подрост	r	абориген
8.	Ива козья (<i>Salix caprea</i>)	Д ₃	подлесок	r	абориген
9.	Ива мирзинолистная (<i>Salix myrsinifolia</i>)	К ₁	подлесок	r	абориген
Семейство Липовые (Tiliaceae)					
10.	Липа мелколистная (<i>Tilia cordata</i>)	Д ₁	II ярус	+	абориген
Семейство Розоцветные (Rosaceae)					
11.	Вишня обыкновенная (<i>Cerasus vulgaris</i>)	Д ₄	подлесок	r	интродуцент
12.	Пузыреплодник калинолистный (<i>Physocarpus opulifolius</i>)	К ₁	подлесок	r	интродуцент
13.	Рябина обыкновенная (<i>Sorbus aucuparia</i>)	Д ₃	подлесок	r	абориген
14.	Яблоня домашняя (<i>Malus domestica</i>)	Д ₄	III ярус	r	интродуцент
15.	Груша обыкновенная (<i>Pyrus communis</i>)	Д ₁	III ярус	r	абориген
16.	Черемуха обыкновенная (<i>Padus avium</i>)	Д ₃	подлесок	r	абориген
Семейство Бобовые (Fabaceae)					
17.	Белая акация (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	Д ₁	подрост	r	интродуцент
18.	Ракитник русский (<i>Chamaecytisus ruthenicus</i>)	К ₄	подлесок	r	абориген
Семейство Кленовые (Aceraceae)					
19.	Клен остролистный (<i>Acer platanoides</i>)	Д ₁	III ярус, подрост	+	абориген
20.	Клен ясенелистный (<i>Acer negundo</i>)	Д ₂	подлесок	r	интродуцент
Семейство Маслиновые (Oleaceae)					
21.	Ясень ланцетный (<i>Fraxinus lanceolata</i>)	Д ₁	подрост	r	интродуцент
Семейство Бузиновые (Sambucaceae)					
22.	Бузина красная (<i>Sambucus racemosa</i>)				

стоя. Выполнены дендрохронологические и геоботанические исследования, проведено изучение почвенно-грунтовых условий по общепринятым методикам. Для большей достоверности установления флористического состава использовался маршрутный метод. Маршрут проходил по всей территории объекта исследования [1–3; 17; 18].

Результаты исследования

По результатам геоботанического обследования и сплошной натурной инвентаризации всех деревьев и кустарников виргинильного и генеративного возрастного состояния на территории лесопарка был составлен список древесных растений (таблица 1).

В целом выявлено 22 вида древесных растений, из них 21 вид покрытосеменных растений и 1 вид голо-семенных растений. Преобладают аборигенные растения (14 видов или 63,6 % от общего количества), среди которых доминирует сосна обыкновенная. Дендрофлора лесопарка значительно синантропизирована, о чем свидетельствует наличие 8 видов интродуцентов (36,4 %), из которых 2 вида (клен ясенелистный, бузина красная) активно внедряются в аборигенные фендро-ценозы. Подлесочный ярус из бузины красной, рябины обыкновенной и ракитника русского изрежен, угнетен из-за вытаптывания и поврежден низовыми пожарами. Подрост практически отсутствует: отмечены единичные особи ясеня ланцетного, клена остролистного, белой акации. Редких и охраняемых видов не обнаружено.

Дендрофлора лесопарка представлена 10 семействами (таблица 2). Наибольшим видовым разнообразием характеризуются семейства Ивовые и Розоцветные (по 6 видов или по 27,4 % от общего количества). По 2 вида (9,1 %) отмечено в семействах Бобовые и Кленовые. Остальные семейства (Сосновые, Березовые, Вязовые, Липовые, Маслиновые, Бузиновые) представлены одним видом (4,5 %). Наиболее распространенной жизненной формой являются деревья (18 видов или 81,8 %), среди которых преобладают деревья I величины (11 видов или 50 %), отмечены деревья III величины (3 вида или 13,6 %) и деревья II и IV величины (по 2 вида или 9,1 %). Кустарники не выдерживают повышенную рекреационную нагрузку, повреждаются низовыми пожарами, поэтому их обнаружено всего лишь 4 вида (18,2 %), из них преобладают кустарники I величины (3 вида или 13,6 %), отмечен 1 вид (4,06 %) кустарников IV величины (раkitник русский).

На основе результатов геоботанического обследования территории экосистемы, был составлен перечень травянистых растений живого напочвенного покрова (таблица 3).

Таблица 2.

Систематический состав, жизненные формы и группы роста древесных растений

Название семейства	Общее кол-во видов, шт./%	Количество видов по жизненным формам и группам роста, шт.					
		Д1	Д2	Д3	Д4	К1	К4
Сосновые	1/4,5	1	–	–	–	–	–
Вязовые	1/4,5	1	–	–	–	–	–
Березовые	1/4,5	1	–	–	–	–	–
Ивовые	6/27,4	3	1	1	–	1	–
Липовые	1/4,5	1	–	–	–	–	–
Розоцветные	6/27,4	1	–	2	2	1	–
Бобовые	2/9,1	1	–	–	–	–	1
Кленовые	2/9,1	1	1	–	–	–	–
Маслиновые	1/4,5	1	–	–	–	–	–
Бузиновые	1/4,5	–	–	–	–	1	–
Итого шт./%	22/100	11/50,0	2/9,1	3/13,6	2/9,1	3/13,6	1/4,6

В целом, в процессе натурального обследования территории выявлено 80 видов из 25 семейств покрытосеменных растений. Из них наиболее обильны:

Рудеральные виды — герань мелкая, которая формирует гомогенные фитоценозы в северной части объекта под пологом, насаждения с преобладанием клена остролистного; бодяк обыкновенный и бодяк полевой, лопух большой, полынь обыкновенная, пастернак посевной, формирующие рудеральное сообщество в юго-западной части объекта, примыкающей к автостоянке высотного жилого дома, с южной стороны.

Луговые виды — ежа сборная и мятлик луговой, формирующие злаково-разнотравное сообщество в восточной и центральной частях в районе яблоневого сада.

Лесной вид будра плющевидная — доминирует в разнотравном сообществе из рудеральных видов (семейства: сложноцветные, злаковые — пырей ползучий, мятлик однолетний), гречишные (горец почечуйный, горец птичий) и луговых видов (лютик едкий, ежа сборная, овсяница гигантская, полевицы) в западной части объекта примыкающей к зданию бывшего детского сада.

В юго-восточном углу объекта (за ясенем-патриархом) сформировалось разнотравное сообщество с преобладанием рудеральных видов из семейства губоцветных (пустырник пятилопастный, душивка полевая), сложноцветных (мать-и-мачеха, шелкопестники, цикорий и др.), маревых и др.

В ложбине, в восточной части объекта, отмечены одичавшие культурные растения: физалис мексиканский, декоративные адвентивные растения: золотарник канад-

Таблица 3.

Список травянистых растений живого напочвенного покрова

№ п/п	Название вида	Обилие по Ж. Браун-Бланке	Встречаемость, % Жизненность в баллах	Тип ареала	Жизненная форма по К. Раункиеру, по И.Г. Серебрякову	Экологический тип по отношению к		Хозяйственное значение
						воде	богатству почвы	
Отдел Покрытосеменные, или Цветковые (Angiospermae, или Magnoliopsida)								
Класс Двудомные, или Магнолиописиды (Dycophyledones, или Magnoliopsida)								
Семейство Лютиковые (Ranunculaceae)								
1.	Лютик едкий (<i>Ranunculus acris</i> L.)	1	15 3	Ес	Гм Мн	Мз	М	
Семейство Маковые (Papaveraceae)								
2.	Чистотел большой (<i>Chelidonium majus</i> L.)	1	15 3	Еа	Гм Мн	ГГ	МТ	лекарственное
Семейство Коноплевые (Cannabaceae)								
3.	Хмель вьющийся (<i>Humulus lupulus</i> L.)	1	10 3	Е	Гм Мн	Гл	Мт	пищевое
Семейство Крапивные (Urticaceae)								
4.	Крапива двудомная (<i>Urtica dioica</i> L.)	1	15 3	Ц	Гм Мн	Мг	Мт	лекарственное
Семейство Гвоздичные (Caryophyllaceae)								
5.	Дрема белая (<i>Melandrium album</i> (Mill.) Garke)	r	5 3	Еа	Т, Гм Дв, Мн	Мз	Мт	
6.	Звездчатка средняя (<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.)	1	15 3	Ц	Т Од, Дв	Мз, Мг	Мт	сорное
Семейство Амарантовые (Amaranthaceae)								
7.	Ширица запрокинутая (<i>Amaranthus retroflexus</i> L.)	1	15 3	Ам	Т Од	Мз	Мт	сорное, адвентивное
Семейство Маревые (Chenopodiaceae)								
8.	Марь белая (<i>Chenopodium album</i> L.)	1	20 3	Ц	Т Од	Мз	Мт	сорное
9.	Марь красная (<i>Chenopodium rubrum</i> L.)	1	10 3	Ц	Т Од	Мз	Мт	сорное
Семейство Гречишные (Polygonaceae)								
10.	Горец почечуйный (<i>Polygonum persicaria</i> L.)	1	20 3	Ц	Т Од	Мз	Мт	сорное
11.	Горец птичий (<i>Polygonum aviculare</i> L.)	1	20 3	Ц	Т Од	Мз	Ол	сорное
12.	Горец сахалинский (<i>Polygonum sachalinense</i> F. Schmidt)	r	5 3	А	Гм Мн	Мз	Мт	сорное, адвентивное
13.	Щавель густой (<i>Rumex confersus</i> Willd.)	r	5 3	А	Гм Мн	Мз	М	
Семейство Зверобойные (Hypericaceae)								
14.	Зверобой продырявленный (<i>Hypericum perforatum</i> L.)	+	10 3	Еа	Гм Мн	Км	Ол, М	лекарственное

№ п/п	Название вида	Обилие по Ж. Браун-Бланке	Встречаемость, % Жизненность в баллах	Тип ареала	Жизненная форма по К. Раункиеру, по И.Г. Серебрякову	Экологический тип по отношению к		Хозяйственное значение
						воде	богатству почвы	
Семейство Крестоцветные (Brassicaceae)								
15.	Гулявник лекарственный (<i>Sisymbrium officinale</i> (L.) Scop.)	+	10 3	Ес	Т Од	Км	Мг	лекарственное
16.	Свербига восточная (<i>Bunias orientalis</i> L.)	1	15 3	Еа	Гм Дв	Мз	Мг	сорное
17.	Хрен обыкновенный (<i>Armoracia rusticana</i> Gaerth, Mey. et Scherb)	r	5 2	Е	Г Мн	Мз	Мг	пищевое, лекарственное
Семейство Мальвовые (Malvaceae)								
18.	Мальва мавританская (<i>Malva mauritiana</i> L.)	1	15 3	Еа	Гм Мн	Мз	Мг	
Семейство Розоцветные (Rosaceae)								
19.	Гравилат городской (<i>Geum urbanum</i> L.)	1	15 3	Ес	Гм Мн	М	Мг	сорное
Семейство Бобовые (Fabaceae)								
20.	Горошек мышиный (<i>Vicia cracca</i> L.)	1	10 3	Еа	Гм Мн	Мз	М	сорное
21.	Донник белый (<i>Melilotus albus</i> L.)	+	5 3	Еа	Гм Дв	Мз	М	кормовое, медонос
22.	Клевер луговой (<i>Trifolium pratense</i> L.)	1	15 3	Еа	Гм Мн	Мз, Мг	М, Мг	кормовое, медонос
23.	Клевер ползучий (<i>Trifolium repens</i> L.)	1	15 3	Ц	Гм Мн	Мз, Мг	М, Мг	кормовое
Семейство Гераниевые (Geraniaceae)								
24.	Герань мелкая (<i>Geranium pusillum</i> L.)	3	50 3	Еа	Т Од, Дв	Мг	Мг	сорное
Семейство Бальзаминовые (Balsaminaceae)								
25.	Недотрога мелкоцветковая (<i>Impatiens parviflora</i> DC.)	1	15 3	А	Т Од	Гг	Мг	адвентивное
Семейство Зонтичные (Apiaceae)								
26.	Купырь лесной (<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.)	1	10 3	Еа	Гм Мн	Мг	Мг	
27.	Пастернак посевной (<i>Pastinaca sativa</i> L.)	2	20 3	Еа	Гм Дв	Мз	Мг	сорное
28.	Сныть обыкновенная (<i>Aegopodium podagraria</i> L.)	2	20 3	Еа	Г Мн	Гг	Мг	
Семейство Вьюнковые (Convolvulaceae)								
29.	Вьюнок полевой (<i>Convolvulus arvensis</i> L.)	1	15 3	Ц	Гм Мн	Мз	М	сорное
Семейство Пасленовые (Solanaceae)								
30.	Физалис мексиканский (<i>Physalis alkekengi</i> L.)	r	5 3	Ам	Г Мн	Мз	Мг	пищевое, адвентивное

№ п/п	Название вида	Обилие по Ж. Браун-Бланке	Встречаемость, % Жизненность в баллах	Тип ареала	Жизненная форма по К. Раункиеру, по И.Г. Серебрякову	Экологический тип по отношению к		Хозяйственное значение
						воде	богатству почвы	
Семейство Норичниковые (Scrophulariaceae)								
31.	Вероника дубравная (<i>Veronica chamaedrys</i>)	1	15 3	Е	Хм Мн	Мз	М	
Семейство Подорожниковые (Plantaginaceae)								
32.	Подорожник большой (<i>Plantago major</i> L.)	1	15 3	Еа	Гм Од, Мн	Мз	Ол	сорное, лекарственное
Семейство Губоцветные (Lamiaceae)								
33.	Будра плющевидная (<i>Glechoma hederacea</i> L.)	2	20 3	Ес	Гм Мн	Мз	Мт	
34.	Душевка полевая (<i>Acinos arvensis</i> (Lam.) Dandy)	1	15 3	Е	Т, Гм Од, Мн	Мз	М	
35.	Пахучка обыкновенная (<i>Clinopodium vulgare</i> L.)	1	15 3	Е	Гм Мн	Мз	М	
36.	Пустырник пятилопастный (<i>Leonurus quinquelobatus</i> Gilib)	+	10 3	Е	Гм Мн	Мз	Мт	сорное, лекарственное
37.	Эльсгольция реснитчатая (<i>Elsholzia ciliate</i> (Thunb.) Hyl.)	+	10 3	Еа	Т Од	Мз	Мт	
38.	Яснотка пурпурная (<i>Lamium purpureum</i> L.)	1	10 3	Е	Т Од	Мз	Мт	
Семейство Колокольчиковые (Campanulaceae)								
39.	Колокольчик крапиволистный (<i>Campanula trachelium</i> L.)	1	10 3	Еа	Гм Мн	Мг	Мт	
40.	Колокольчик раскидистый (<i>Campanula patula</i> L.)	+	5 3	Е	Гм, Т Дв	Мз	М	
Семейство Сложноцветные (Asteraceae)								
41.	Астра иволистная (<i>Astra salignus</i> Willd.)	+	5 3	Ес	Гм Мн	Мг	М	декоративное
42.	Бодяк обыкновенный (<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.)	2	20 3	Еа	Гм Дв	Мз	М	сорное
43.	Бодяк полевой (<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.)	2	25 3	Еа	Гм Мн	Мз	М	сорное
44.	Бородавник обыкновенный (<i>Lapsana communis</i> L.)	1	20 3	Е	Т Од	Мз	Мт	
45.	Галинзога мелкоцветковая (<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.)	1	15 3	Ам	Т Од	Мз	М	сорное, адвентивное
46.	Горчак ястребинковый (<i>Picris hieracioides</i> L.)	+	10 3	Еа	Гм Дв, Мн	Км	М	
47.	Девясил высокий (<i>Jnula helenium</i> L.)	r	5 3	Еа	Гм Мн	Мз	Мт	лекарственное
48.	Золотарник канадский (<i>Solidago Canadensis</i> L.)	+	5 3	Ам	Гм Мн	Мз	М	декор., адвентивное

№ п/п	Название вида	Обилие по Ж. Браун-Бланке	Встречаемость, % Жизненность в баллах	Тип ареала	Жизненная форма по К. Раункиеру, по И.Г. Серебрякову	Экологический тип по отношению к		Хозяйственное значение
						воде	богатству почвы	
49.	Крестовник обыкновенный (<i>Senecio vulgaris</i> L.)	1	15 3	Еа	Т Од	Мз	М	сорное
50.	Кульбаба осенняя (<i>Leontodon autumnalis</i> L.)	1	15 3	Е	Гм Мн	Мз	М	
51.	Лопух большой (<i>Arctium lappa</i> L.)	2	15 3	Еа	Гм Дв	Мз	Мт	сорное
52.	Мать-и-мачеха обыкновенная (<i>Tussilago farfara</i> L.)	1	15 3	Еа	Гм Мн	Мз, Мг	Мт	сорное, лекарственное
53.	Мелкопестник едкий (<i>Erigeron acris</i> L.)	+	5 3	Ц	Гм Дв	Км	М, Ол	сорное
54.	Мелкопестник канадский (<i>Erigeron Canadensis</i> L.)	1	15 3	Ам	Т Од	Мз	М	сорное, адвентивное
55.	Мицелис степной (<i>Mycelis muralis</i> (L.) Dumorf.)	+	5 3	е	Гм Дв, Мн	Мз	Мт	
56.	Одуванчик лекарственный (<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.)	1	20 3	Е	Гм Мн	Мг	Мт	сорное, лекарственное
57.	Осот огородный (<i>Sonchus oleraceus</i> L.)	1	15 3	Еа	Т Од	Мг	Мт	сорное
58.	Осот полевой (<i>Sonchus arvensis</i> L.)	1	10 3	Еа	Гм Мн	Мз	Мт, Ол	сорное
59.	Полынь обыкновенная (<i>Artemisia vulgaris</i> L.)	2	20 3	Еа	Хм Мн	Км	Мт	сорное
60.	Скерда кровельная (<i>Crepis tectorum</i> L.)	1	15 3	Еа	Т, Гм Од	Мз	Мт	сорное
61.	Топинамбур, или Подсолнечник клубненосный (<i>Helianthus tuberosus</i> L.)	+	5 3	Ам	Г Мн	Мз	Мт	пищевое, декоративное
62.	Тысячелистник обыкновенный (<i>Achillea millefolium</i> L.)	1	15 3	Еа	Гм Мн	Км	М	лекарственное
63.	Цикорий обыкновенный (<i>Cichorium intybus</i> L.)	1	15 3	Еа	Гм Мн	Км	М	пищевое
64.	Чертополох колючий (<i>Carduus acanthoides</i> L.)	1	15 3	Е	Т, Гм Дв	Км	Мт	сорное
Класс Однодольные (Monocotyledoneae, или Liliopsida)								
Семейство Осоковые (Cyperaceae)								
65.	Осока коротковолосистая (<i>Carex hirta</i> L.)	г	5 2	Е	Г, Гм Мн	Мз	Мт	
Семейство Злаковые (Poaceae)								
66.	Вейник наземный (<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth.)	+	5 3	Еа	Гм Мн	Кс	Ол	
67.	Ежа сборная (<i>Dactylis glomerata</i> L.)	3	30 3	Еа	Гм Мн	Мз	Мт	кормовое, декоративное

№ п/п	Название вида	Обилие по Ж. Браун-Бланке	Встречаемость, % Жизненность в баллах	Тип ареала	Жизненная форма по К. Раункиеру, по И.Г. Серебрякову	Экологический тип по отношению к		Хозяйственное значение
						воде	богатству почвы	
68.	Костер безостный (Bromus inermis Leys.)	1	15 3	Ес	Гм Мн	Км	Мт	кормовое, декоративное
69.	Луговик дернистый (Deschampsia cespitosa (L.) Reauv.)	+	5 3	Ц	Гм Мн	Км	М	
70.	Мятлик луговой (Poa pratensis L.)	2	20 3	Ц	Гм Мн	Мг	Мт	кормовое, декоративное
71.	Мятлик однолетний (Poa annua L.)	1	15 3	Ц	Т, Гм Од	Мг	Мт	
72.	Овсяница гигантская (Festuca gigantea (L.) Vill.)	+	5 3	Еа	Гм Мн	Мг	Мт	
73.	Овсяница луговая (Festuca pratensis Huds.)	1	15 3	Еа	Гм Мн	Мз	Мт	кормовое, декоративное
74.	Плевел многолетний, или райграс пастбищный (Lolium perenne L.)	1	10 3	Еа	Гм Мн	Мз	Мт	кормовое, декоративное
75.	Полевица побегоносная (Agrostis stolonifera L.)	1	10 3	Еа	Гм Мн	Мг	М	
76.	Полевица тонкая (Agrostis tenuis Sibth.)	1	15 3	Ес	Гм Мн	Мз	Ол	
77.	Пырей ползучий (Elytrigia repens (L.) Nevski)	1	15 3	Еа	Г Мн	Мз	Мт	сорное
78.	Пырейник собачий (Elymus caninus L.)	+	5 3	Еа	Гм Мн	Мз	Мт	
79.	Тимофеевка луговая (Phleum pratense L.)	1	10 3	Еа	Гм Мн	Мз	Мт	кормовое, декоративное
80.	Бор развесистый (Miliun effusum L.)	+	5 3	Еа	Гм Мн	Мз	М	

Примечание: Тип ареала: Е — европейский; Еа — евроазиатский; Ес — евросибирийский; Ц — циркумбореальный; Ам — американский. *Жизненные формы:* 1. по К. Раункиеру: Г — геофит (криптофит); Гм — гемикриптофит; Т — терофит; Хм — хамефит; 2. по И.Г. Серебрякову: Мн — многолетние травы; Дв — двулетние травы; Од — однолетние травы. *Экологический тип:* — по отношению к воде: Гг — гигрофит; Гл — гелофит; Км — ксеромезофит; Кс — ксерофит; Мз — мезофит; Мг — гигромезофит. — по отношению к богатству почвы: Мт — мегатроф; М — мезотроф; О — олиготроф.

ский, астра иволистная, горец сахалинский. В яблоневом саду в центральной части объекта обнаружен экземпляр девясила высокого, известного как лекарственное растение (его часто разводят на дачных участках). В других частях участка также отмечены единичные экземпляры одичавших культурных растений — хрена обыкновенного (в юго-западной части) и топинамбура (на пустыре, примыкающем к автостоянке высотного дома).

Редких и охраняемых видов, занесенных в «Красную книгу Брянской области», не обнаружено.

Подавляющее большинство видов, произрастающих на территории объекта, проходят полный жизненный

цикл, завершающийся формированием генеративных органов и образованием семян, что свидетельствует о благоприятных условиях для развития травянистых растений и умеренной рекреационной нагрузке.

Наибольшим видовым разнообразием в живом напочвенном покрове характеризуется семейство Сложноцветные, представленное 24 видами травянистых растений (30 % от общего количества видов объекта) и семейство Злаковые (15 видов или 18,8 %), т.е. эти семейства включают практически половину видов флоры травянистых растений объекта проектирования (таблица 4).

Таблица 4.

Систематический состав и жизненные формы травянистых растений

№ п/п	Название семейства	Количество		Количество видов, шт.							
		родов	видов, шт./%	жизненные формы по К. Раункиеру				Жизненные формы по И.Г. Серебрякову			
				геофиты	гемикриптофиты	терофиты	хамефиты	травы			лианы
								многолетние	двулетние	однолетние	МНОГОЛЕТНИЕ
1.	Лютиковые	1	1/1,25	–	1	–	–	1	–	–	–
2.	Маковые	1	1/1,25	–	1	–	–	1	–	–	–
3.	Коноплевые	1	1/1,25	–	1	–	–	–	–	–	1
4.	Крапивные	1	1/1,25	–	1	–	–	1	–	–	–
5.	Гвоздичные	2	2/2,5	–	1	2	–	1	2	1	–
6.	Амарантовые	1	1/1,25	–	–	1	–	–	–	1	–
7.	Маревые	1	2/2,5	–	–	2	–	–	–	2	–
8.	Гречишные	2	4/5,0	–	2	2	–	2	–	2	–
9.	Зверобоевые	1	1/1,25	–	1	–	–	1	–	–	–
10.	Крестоцветные	3	3/3,75	1	1	1	–	1	1	1	–
11.	Мальвовые	1	1/1,25	–	1	–	–	1	–	–	–
12.	Розоцветные	1	1/1,25	–	1	–	–	1	–	–	–
13.	Бобовые	3	4/5,0	–	4	–	–	3	1	–	–
14.	Гераниевые	1	1/1,25	–	–	1	–	–	1	1	–
15.	Бальзаминовые	1	1/1,25	–	–	1	–	–	–	1	–
16.	Зонтичные	3	3/3,75	1	2	–	–	2	1	–	–
17.	Вьюнковые	1	1/1,25	–	1	–	–	–	–	–	1
18.	Пасленовые	1	1/1,25	1	–	–	–	1	–	–	–
19.	Норичниковые	1	1/1,25	–	–	–	1	1	–	–	–
20.	Подорожниковые	1	1/1,25	–	1	–	–	1	–	1	–
21.	Губоцветные	6	6/7,5	–	4	3	–	4	–	3	–
22.	Колокольчиковые	1	2/2,5	–	2	1	–	1	1	–	–
23.	Сложноцветные	21	24/30,0	1	17	7	1	14	6	6	–
24.	Осоковые	1	1/1,25	1	1	–	–	1	–	–	–
25.	Злаковые	12	15/18,75	1	14	1	–	14	–	1	–
Итого, шт./%		70	80 100,0	6 7,5	57 71,3	22 27,5	2 2,5	52 65	13 16,3	20 25,0	2 2,5

Внутриродовое разнообразие незначительно. Большинство родов представлено лишь одним видом растений. Самый многочисленный род Горец в семействе Гречишные представлен 3 видами. В целом флора травянистых растений объекта представлена 80 видами 70 родов 25 семейств отдела Покрытосеменных, из них 23 семейства, включающие 66 видов из 57 родов из класса Двудольных и 2 семейства (16 видов из 13 родов) из класса Однодольных.

Наиболее распространенной жизненной формой (по К. Раункиеру) являются гемикриптофиты (71,3 % видов), у которых зимующие почки расположены у поверхности почвы. Широко распространены терофиты (27,5 % видов), зимующие в стадии семян. Преобладают многолетние травы (65 % видов). Реже встречаются однолетние (25 % видов) и двулетние (16,3 %) травы, также отмечено 2 вида многолетних травянистых лиан (2,5 %).

Среди травянистых растений наиболее распространены виды, имеющие обширный евроазиатский ареал

(47,5 % от общего количества), (таблица 4). Большинство видов (88,8 %) имеют естественный ареал распространения на территории Европы. Эндемичных видов не обнаружено. Лишь 9 видов растений (11,3 %) имеют историческую родину за пределами Европы, из них 7 видов (8,8 %) — в Северной Америке и 2 вида (2,5 %) — в Азии.

Преобладает синантропная растительность (71,3 % видов), что свидетельствует о высокой антропогенной нагрузке на флору объекта и ландшафт в целом. Из естественной флоры на территории объекта сохранилось лишь 13 лесных видов (16,3 % от общего количества) и 10 луговых (12,5 %). Наиболее активно процесс антро-

Таблица 5.

Экологические группы травянистых растений по отношению к воде и богатству почв

№ п/п	Название семейства	Количество видов, шт.									
		всего	экологические группы по отношению к:								
			воде						богатству почвы		
			гигрофиты	гелофиты	мезогигрофиты	мезофиты	ксеромезофиты	ксерофиты	мегатроф	мезотроф	олиготроф
1.	Лютиковые	1	–	–	–	1	–	–	–	1	–
2.	Маковые	1	1	–	–	–	–	–	1	–	–
3.	Коноплевые	1	–	1	–	–	–	–	1	–	–
4.	Крапивные	1	–	–	1	–	–	–	1	–	–
5.	Гвоздичные	2	–	–	1	2	–	–	2	–	–
6.	Амарантовые	1	–	–	–	1	–	–	1	–	–
7.	Маревые	2	–	–	–	2	–	–	2	–	–
8.	Гречишные	4	–	–	–	4	–	–	2	1	1
9.	Зверобоевые	1	–	–	–	–	1	–	–	1	1
10.	Крестоцветные	3	–	–	–	2	1	–	3	–	–
11.	Мальвовые	1	–	–	–	1	–	–	1	–	–
12.	Розоцветные	1	–	–	1	–	–	–	1	–	–
13.	Бобовые	4	–	–	2	4	–	–	2	4	–
14.	Гераниевые	1	–	–	1	–	–	–	1	–	–
15.	Бальзаминовые	1	1	–	–	–	–	–	1	–	–
16.	Зонтичные	3	1	–	1	1	–	–	3	–	–
17.	Вьюнковые	1	–	–	–	1	–	–	–	1	–
18.	Пасленовые	1	–	–	–	1	–	–	1	–	–
19.	Норичниковые	1	–	–	–	1	–	–	–	1	–
20.	Подорожниковые	1	–	–	–	1	–	–	–	–	1
21.	Губоцветные	6	–	–	–	6	–	–	4	2	–
22.	Колокольчиковые	2	–	–	1	1	–	–	1	1	–
23.	Сложноцветные	24	–	–	4	16	6	–	12	12	2
24.	Осоковые	1	–	–	–	1	–	–	1	–	–
25.	Злаковые	15	–	–	4	9	1	1	10	3	2
Итого, шт./%		80 100	3 3,8	1 1,3	16 20,0	55 68,8	9 11,3	1 1,3	51 63,8	27 33,8	7 8,8

погенезиса идет в семействе Сложноцветные (23 вида из 24 относятся к синантропной растительности).

На территории лесопарка преобладают растения мезофиты (68,8 % видов), произрастающие в условиях среднего увлажнения и мегатрофы (63,8 %), требовательные к богатству почвы (таблица 5). Таким образом, фитоиндикация условий местопроизрастания свидетельствует о достаточно высоком плодородии и умеренной увлажненности почв.

О степени синантропизированности флоры говорит наличие адвентивных (заносных видов), имеющих естественный ареал распространения за пределами исследуемого региона. Во флоре травянистых растений объекта проектирования выявлено 10 адвентивных видов (12,5 % от общего количества) из 6 семейств (таблица 6), из них 7 видов интродуцированы из Северной Америки, по 1 — из Западной Европы, Западной Азии и с Дальнего Востока. Большинство видов (90 %) попали в Брянскую область после XV века. Большая часть видов (60 %) завезена целенаправленно (эргазиофиты), а остальные (40 %) попали на территорию области случайно (ксенофиты). Преобладают виды эпенофиты (70 %), расселяющиеся по нарушенным местообитаниям. Отмечены виды агриофиты (20 %), внедряющиеся в естественные сообщества, и колонофиты (10 %), прочно закрепившиеся в новых местообитаниях, но не распространяющиеся из них.

Во флоре травянистых растений живого напочвенного покрова на территории объекта проектирования преобладают рудеральные виды (56,3 % от обще-

го количества), распространяющиеся по нарушенным местообитаниям (таблица 7). Многие растения имеют хозяйственную ценность. Отмечено 9 декоративных видов, из них 3 цветочных (золотарник канадский, астра иволистная, топианбур) и 6 газонных (ежа сборная, ко-стер безостный, мятлик луговой, овсяница луговая, рай-грас пастбищный, тимофеевка луговая). Имеются 4 вида культурных пищевых растений (топианбур, физалис мексиканский, хрен обыкновенный, хмель вьющийся). Обнаружено 11 видов лекарственных растений (чистотел большой, крапива двудомная, горец птичий, зверобой продырявленный, подорожник большой, пустырник пятилопастный, девясил высокий, мать-и-мачеха, тысячелистник обыкновенный, одуванчик лекарственный, лопух большой), 15 видов медоносных растений (клевер луговой, сныть обыкновенная, бодяк обыкновенный, будра плющевидная и др.) и 9 видов кормовых растений (3 вида бобовых и 6 видов злаков).

Флористический анализ живого напочвенного покрова на территории лесопарка показал значительное биологическое разнообразие травянистой растительности (80 видов из 25 семейств). Преобладает синантропная растительность, представленная, в основном, малоценными рудеральными видами, распространенными по нарушенным местообитаниям. Подавляющее большинство видов проходит полный жизненный цикл, что свидетельствует о благоприятных условиях для развития травянистых растений и умеренной рекреационной нагрузке. Преобладают гемикриптофиты (многолетние растения, у которых зимующие почки расположены

Таблица 6.

Структура адвентивного компонента во флоре травянистых растений

№ п/п	Название семейства	Количество видов, шт.								
		общее кол-во	адвентивных, шт./% от общего количества	по времени заноса		по способу заноса		по степени натурализации		
				археофиты	кенофиты	ксенофиты	эргазиофиты	колонофиты	эпенофиты	агрирофиты
1.	Амарантовые	1	1 100	–	1	1	–	–	1	–
2.	Гречишные	4	1 25	–	1	–	1	–	1	–
3.	Крестоцветные	3	1 33,3	1	–	–	1	1	–	–
4.	Бальзаминовые	1	1 100	–	1	1	–	–	–	1
5.	Пасленовые	1	1 100	–	1	–	1	–	1	–
6.	Сложноцветные	24	5 20,8	–	5	2	3	–	4	1
Итого по объекту, шт./%		80 100	10 12,5	1 10	9 90	4 40	6 60	1 10	7 70	2 20

Таблица 7.

Группы травянистых растений по хозяйственному значению

№ п/п	Название семейства	Количество видов, шт.							
		всего	декоративные		культурные пищевые	лекарственные	кормовые	медоносные	рудеральные
			цветочные	газонные					
1.	Лютиковые	1	–	–	–	–	–	–	–
2.	Маковые	1	–	–	–	1	–	–	1
3.	Коноплевые	1	–	–	1	–	–	–	–
4.	Крапивные	1	–	–	–	1	–	–	1
5.	Гвоздичные	2	–	–	–	–	–	–	1
6.	Амарантовые	1	–	–	–	–	–	–	1
7.	Маревые	2	–	–	–	–	–	–	2
8.	Гречишные	4	–	–	–	1	–	–	4
9.	Зверобоевые	1	–	–	–	1	–	–	–
10.	Крестоцветные	3	–	–	1	–	–	1	2
11.	Мальвовые	1	–	–	–	–	–	–	1
12.	Розоцветные	1	–	–	–	–	–	–	1
13.	Бобовые	4	–	–	–	–	3	2	3
14.	Гераниевые	1	–	–	–	–	–	–	1
15.	Бальзаминовые	1	–	–	–	–	–	–	–
16.	Зонтичные	3	–	–	–	–	–	2	1
17.	Вьюнковые	1	–	–	–	–	–	–	1
18.	Пасленовые	1	–	–	1	–	–	–	–
19.	Норичниковые	1	–	–	–	–	–	–	1
20.	Подорожниковые	1	–	–	–	1	–	–	1
21.	Губоцветные	6	–	–	–	1	–	3	3
22.	Колокольчиковые	2	–	–	–	–	–	–	–
23.	Сложноцветные	24	3	–	1	5	–	7	18
24.	Осоковые	1	–	–	–	–	–	–	–
25.	Злаковые	15	–	6	–	–	6	–	2
Итого, шт./%		80	3	6	4	11	9	15	45
		100	3,8	7,5	5	13,8	11,3	18,8	56,3

у поверхности почвы) и многолетние травы. Фитоиндикация указывает на достаточно высокое плодородие и умеренное увлажнение почв, благоприятных для произрастания большинства растений умеренного пояса.

Злаково-разнотравное сообщество с доминированием ежи сборной и мятлика лугового в восточной и центральной частях объекта в районе яблоневого сада можно использовать как основу для устройства обыкновенного газона лугового типа.

Рудеральные сообщества на остальной территории необходимо заметить на обыкновенные газоны лугового типа.

Насаждение сосны лесопарка характеризуется очень низким — V-м классом бонитета, что можно объяснить интенсивной антропогенной нагрузкой, уплотнением почвы и влиянием техногенных выбросов ближайших предприятий и автотранспорта. По территории обследуемого объекта сосна распространена неравномерно, имеются прогалины и усохшие куртины. Большое количество сосновых деревьев в результате техногенных выбросов и антропогенной нагрузки имеют сухие вершины и повреждения ствола.

Как известно, лиственные деревья более устойчивы к воздействию вредных газов и антропогенной нагруз-

ке, что объясняется сбрасыванием листвы по окончании вегетационного периода. Насаждение березы повислой представлено отдельными деревьями на территории Больничного городка, продуктивность его характеризуется II-м классом бонитета. Средний диаметр березы 29,4 см, высота — 21,8 м, запас древесины — 64 м³. В аналогичных лесорастительных условиях продуктивность естественных березовых насаждений характеризуется I-м классом бонитета. Ослабление роста березы, как и сосны, можно объяснить воздействием комплекса негативных факторов.

Кленовый элемент представлен отдельными деревьями клена остролистного со средним диаметром — 30,8 см, средней высотой 21,5 м, общим запасом 56 м³ и кленом ясенелистным (американским) — средний диаметр 33,1 см, высота — 14,5 м. Оба вида клена достаточно устойчивы к антропогенным и техногенным нагрузкам. Низкая продуктивность клена ясенелистного (IV класс бонитета) объясняется его биологическими особенностями и ростом деревьев в свободном состоянии. С другой стороны, клен ясенелистный считается недекоративным древесным растением, поэтому его произрастание на территории городка можно рассматривать как нежелательное.

Осина произрастает преимущественно в правой части (от входа) территории Больничного городка. Продуктивность ее характеризуется II классом бонитета, в 45-летнем возрасте имеет средний диаметр 25 см, высоту — 18 м, запас — 42 м². В естественных условиях на подобных почвах осина произрастает по I классу бонитета. Снижение интенсивности роста объясняется рекреационной и техногенной нагрузками.

Тополь душистый представлен рядовыми посадками вдоль дороги к основному корпусу больницы. Тополь считается породой, устойчивой к антропогенным нагрузкам и техногенным выбросам, но на исследуемой территории его рост характеризуется III классом бонитета. К 50-летнему возрасту средний диаметр достигает 49,5 см, высота — 26,0 м, запас — 47 м³. Поздние заморозки 2007 г. привели к сильному ослаблению тополей и образованию у них большого количества сухих ветвей.

Липа мелколистная представлена аллейнными посадками вдоль новой и старой дорог от входа к центральному корпусу. Ее средний возраст — 50 лет, диаметр — 25,9 см, высота — 19,0 м. Липа характеризуется высокой устойчивостью к неблагоприятным факторам, растет по II-му классу бонитета, что можно объяснить произрастанием на бедных почвах.

В целом, древостой бора Больничный городок характеризуется следующими таксационными показателями: состав 7C0,5B0,5Kл0,4Oc0,4 T0,3Лп, средняя высота —

16,6 м, диаметр — 37,2 см, сумма площадей поперечного сечения стволов — 140,27 м², запас — 1189 м³. Относительная полнота 0,52 позволяет отнести древостой к среднеполнотным. Подрост представлен единичными особями клена ясенелистного, который не имеет эстетической ценности. Дендрофлора лесопарка значительно синантропизирована, о чем свидетельствует наличие 8 видов интродуцентов (36,4 %), из которых 2 вида (клен ясенелистный, бузина красная) активно внедряются в аборигенные дендроценозы. Подлесочный ярус из бузины красной, рябины обыкновенной и ракитника русского изрежен, угнетен из-за вытаптывания и поврежден низовыми пожарами.

Наиболее распространенной жизненной формой являются деревья (18 видов или 81,8 %). Кустарники не выдерживают повышенной рекреационной нагрузки, повреждаются низовыми пожарами, поэтому их сохранилось всего 4 вида (18,2 %).

Древостой ослаблен, деревья, которые его сформировали, произрастают хуже, чем в естественных насаждениях, что подтверждает низкий класс бонитета. Например, у сосны обыкновенной он на 3–4 класса ниже естественных древостоев при одинаковом плодородии почвы. Чрезмерное уплотнение почвы, в которой остро ощущается нехватка кислорода, ее загрязнение в связи с близостью крупной автомагистрали, загазованность и запыленность атмосферы также отражаются на почве и фотосинтетическом аппарате растений. Все это крайне отрицательно влияет на характер ростовых процессов, ингибируя рост практически всех особей древостоя.

Падение прироста в толщину у древесных растений обусловлено именно действием комплекса негативных техногенных факторов. Техногенно-антропогенное воздействие включало изменение гидрологического режима территории в результате строительства автомагистрали Орел–Витебск, интенсивной жилищной застройки микрорайона, возможных попаданий нефтепродуктов в грунтовые воды с нефтебаз, загрязнение атмосферы промышленными и автомобильными выбросами, повышенную рекреационную нагрузку от посетителей больницы и отдыхающих и др.

Многие деревья стали катастрофически терять способность противостоять действию неблагоприятных факторов внешней среды. Происходило расслоение популяции по уровням биологической устойчивости.

Лесопатологическое состояние насаждения не удовлетворительное, для оздоровления его требуется проведение санитарных рубок. Но, в этом случае, при удалении больных, ослабленных и усохших деревьев, насаждение перейдет в разряд низкополнотных, что приведет к усилению влияния абиотических факторов

(света, ветра, низких и высоких температур), к снижению биологической устойчивости оставшихся деревьев и всего древостоя.

Анализ показал, что многие деревья сосны утратили свои эстетические качества, имеют сухие вершины, поражены раком-серянкой. Большая часть деревьев относится ко II категории санитарного состояния (ослабленные, однако не утратившие жизнеспособности — 52,6 % деревьев). К I категории состояния относится 20,9 % деревьев. Деревья с явными признаками ослабления (III категория санитарного состояния — сильно ослабленные) составляют 20,5 %.

Общий отпад древостоя — деревья IV, V, VI категорий санитарного состояния, составляет в среднем 6,0 %. Отпад в сосновом древостое на момент обследования составлял 4,3 %, число жизнеспособных деревьев — 73,6 %, сильно ослабленных — 21,7 %.

Наибольшим видовым разнообразием характеризуются семейства Сложноцветные (16 видов — 17,5 % от общего количества), Злаковые (11 видов — 12,1 %), Бобовые (10 видов — 11,0 %), Розоцветные (9 видов — 9,9 %). Преобладают многолетние травы (76 видов — 83,5 %). Также отмечены однолетние (8 видов — 8,8 %) и двулетние (7 видов — 7,7 %) травы.

Сложность выращивания на данных почвах хвойной древесной растительности подтверждает негативный опыт создания в юго-восточной части территории культуры сосны обыкновенной. Большинство высаженных растений погибло, а единичные сохранившиеся экземпляры находятся в неудовлетворительном состоянии.

Почвы Больничного городка загрязнены бытовым мусором, в пунктах обследования отмечено наличие в верхних почвенных горизонтах включений строительного мусора, битого стекла, углей, что является дополнительным стрессовым фактором для сохранившейся древесной растительности. Обильно разросшаяся злаковая травянистая растительность иссушает верхние почвенные генетические горизонты, в которых сосредоточена основная масса сосущих корней деревьев. Это приводит к усилению конкуренции за воду и элементы минерального питания растений в ризосфере, при этом из-за ослабления сосновое насаждение оказывается в менее выгодном положении.

Негативное комплексное антропогенное воздействие на почвы Больничного городка делает их непригодным для выращивания сосны обыкновенной. Имеющиеся тенденции (увеличение освещенности на поверхности почвы, уплотнение и иссушение верхних почвенных горизонтов, загрязнение и прочее) приведут к деградации почвенного покрова и гибели произраста-

ющей аборигенной древесной растительности данного урбанизированного ландшафта.

Постоянное увеличение тропиной сети, рекреационные нагрузки ведут к обеднению почвы кислородом, что приводит к фрагментации почвенного покрова, усилению деградации произрастающей на территории Больничного городка древесно-кустарниковой растительности.

В большей степени поражена сосна обыкновенная, наиболее распространенным заболеванием, которой является смоляной рак-серянка (встречаемость 41%). Бор «Больничный городок» практически утратил защитные и эстетические функции.

Выводы

На территории Больничного городка выявлено 22 вида древесных растений, из них 21 вид покрытосеменных и 1 вид голосеменных растений. Преобладают аборигенные растения (14 видов — 63,6 % от общего количества), среди которых доминирует сосна обыкновенная. Исследования показали, что насаждения бора «Больничный городок» представлены древостоем сосны обыкновенной с неравномерной полнотой, крупными прогалинами в западной (3,7 га), и восточной (6,5 га) частях территории. Сосняки — VI класса возраста (101 год и старше), естественного происхождения. Средний диаметр — 38,7 см, средняя высота — 15,4 м, общий запас древесины — 932 м³, средняя относительная полнота насаждения — 0,52.

В живом напочвенном покрове территории бора «Больничный городок» выявлен 91 вид травянистых растений из 30 семейств. Преобладают луговые (52 вида — 57,1 % от общего количества) и рудеральные (26 видов — 28,6 %) растения. Отмечено лишь 12 видов (13,2 %) лесных растений. Мхи и лишайники отсутствуют полностью. Проективное покрытие травяного покрова под пологом соснового насаждения не превышает 40 %.

Под пологом соснового насаждения лесная среда деградирована в сильной степени (IV стадия рекреационной деградации). На больших полянах в западной и восточной частях объекта сформировались луговые фитоценозы, т.е. лесная среда деградировала (V стадия рекреационной деградации). Санитарно-лесопатологическое состояние древостоя, в целом, характеризуется нарушенной устойчивостью (II класс биологической устойчивости).

Попытки реабилитации насаждений и сохранения лесного массива в черте города не увенчались успехом. Молодые саженцы хвойных растений на территории Больничного городка не прижились. Всесторонний

анализ результатов исследований показал, что основной причиной нарушения биологической устойчивости и усиления деградации насаждений является воздействие комплекса антропогенных и техногенных факторов (высокие рекреационные нагрузки, токсичные выбросы транспорта, промышленных предприятий, жилой застройки), под действием которых в насаждении усиливается развитие некрозно-раковых заболеваний древесных пород.

Почвенный покров бора «Больничныи городок» представлен относительно бедными дерново-подзолистыми почвами, которые в условиях интенсивного антропогенного воздействия быстро теряют ценные лесорастительные свойства, и не могут в полной мере обеспечивать произрастающие на них древесные растения элементами минерального питания.

Предельный возраст сосновых насаждений, их санитарное и эстетическое состояние свидетельствуют об утрате защитных и санитарно-гигиенических функ-

ций, необходимых городским лесам, а усыхающие и отмирающие деревья представляют реальную угрозу для населения, посещающего Больничныи городок.

Практические рекомендации

В городских лесах, а также скверах и парках рекомендуется провести следующие мероприятия, повышающие их рекреационную ценность:

- вырубка сухих и усыхающих деревьев и кустарников;
- цветочное оформление;
- улучшение состояния дорожно-тропиночной сети без применения твердого покрытия;
- установка скамеек и прочей садово-парковой мебели (вдоль дорожек на специальных площадках);
- очистка территории от мусора;
- рекреация по дорожно-тропиночной сети, полное исключение движения по живому надпочвенному покрову.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агальцова, В.А. Сохранение меморальных лесопарков / В.А. Агальцова. — М.: Лесная промышленность, 1980. — 249 с.
2. Агальцова, В.А. Проблемы организации и ведения хозяйства в лесах рекреационных объектов / В.А. Агальцова // Современное состояние и перспективы рекреационного лесопользования. Тез. докл. на Всесоюзн. совещ. 10-12 сент. 1990. — Л., Наука, 1990. — С. 4-5.
3. Агальцова, В.А. Старый дом глянет в сердце мое / В.А. Агальцова // Лес и человек. — М.: Лесная промышленность, 1991. — С. 32-36.
4. Агроклиматические ресурсы Брянской области (справочник). — Л.: Гидрометеиздат, 1972. — 91 с.
5. Базовые шкалы свойств морфологических элементов почв. Методическое руководство по описанию почв в поле. / Э.А. Корнблум, И.С. Михайлов, Н.А. Ногина, В.О. Таргульян — М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1982. — 62 с.
6. Булохов, А.Д. Фитоиндикация и ее практическое применение / А.Д. Булохов // — Брянск: БГУ, 2004. — 245 с.
7. Воронцов, А.И. Технология защиты леса / А.И. Воронцов, Е.Г. Мозолевская. — М.: Экология, 1991. — 306 с.
8. Гроздов, Б.В. Леса Брянской области / Б.В. Гроздов. — Брянск: Брянский рабочий. — 1951. — 64 с.
9. Гроздов, Б.В. Типы леса Брянской, Смоленской, Калужской областей (краткий очерк) / Б.В. Гроздов. — Брянск. — 1950. — 56 с.
10. Демаков, Ю.П. Диагностика устойчивости лесных экосистем (методологические и методические аспекты) / Ю.П. Демаков. — Йошкар-Ола: Периодика Марий Эл, 2000. — 416 с.
11. Кузьмичев, Е.П. Структура и роль городских лесопарков: Автореф. дисс. ... доктора биол. наук. — М.: 1994. — 36 с.
12. Лобанова, И.В. Оценка устойчивости городских лесов Нижнего Новгорода / И.В. Лобанова // Экология, мониторинг и рациональное природопользование. — М.: МГУЛ, 2001. — Выпуск 307 (I) — с. 104-109.
13. Лесная энциклопедия. — М.: Сов. Энциклопедия, 1985, 1986.
14. Мозолевская, Е.Г. Некоторые понятия и показатели состояния насаждений для целей мониторинга / Е.Г. Мозолевская // Экология, мониторинг и рациональное природопользование. — М.: МГУЛ, 2002. — Выпуск 318. — С. 5-12.
15. Мозолевская, Е.Г. Первичные и интегральные показатели состояния насаждений, используемые при мониторинге. // Лесной вестник. — М.: МГУЛ, 2000. — Вып.6 (15) — С. 65-67.
16. Мозолевская, Е.Г. Экологические категории городских насаждений / Е.Г. Мозолевская, Е.Г. Куликова // Экология, мониторинг и рациональное природопользование. — М.: МГУЛ, 2000. — Выпуск 302 (I) — С. 5-12.
17. Нестеров, Б.Г. Санитарно-гигиеническое состояние древесных насаждений / Б.Г. Нестеров. — М.: Лесная промышленность, 1989. — С. 26-29.
18. Наставление по организации и ведению лесопатологического мониторинга в лесах России. — М.: МПР РФ, ВНИИЛМ, 2001. — 86 с.
19. О рекреационном использовании лесов в районе азротехногенного загрязнения внешней среды / П.С. Пастернак, В.П. Ворон, Т.Ф. Стельмахова, В.В. Лавров // Современное состояние и перспективы рекреационного лесопользования. Тез. Докл. на Всесоюзн. Совещ. 10-12 сент. 1990 г. — Л., 1990. — С.30-35.
20. Природа и природные ресурсы Брянской области / Под ред. Л.М. Ахромеева. — Брянск: Изд-во БГУ. — 2012. — 216 с.
21. Природное районирование и типы сельскохозяйственных земель Брянской области // Брянск: Приок. кн. изд-во. — 1975. — 610 с.
22. Природные ресурсы и окружающая среда субъектов Российской Федерации. Центральный Федеральный округ: Брянская область / Под ред. Н.Г. Рыбальского, Е.Д. Самотесова и А.Г. Митюкова. — М.: НИА — Природа, 2007. — 1144 с.
23. Санитарные правила в лесах РФ. Лесное законодательство. — М., 1998. — С. 310-329.
24. Ториков, В.Е. Экология и природопользование Брянской области / В.Е. Ториков, М.Е. Васильев, Е.В. Просянников, И.А. Балясников. — Брянск: Изд-во Брянской ГСХА. — 1999. — 161 с.
25. Физико-географическое районирование Нечерноземного центра / Под ред. Н.А. Гвоздецкого, В.К. Жучковой. — М.: Изд-во МГУ, 1963. — 450 с.

© Нестеренко Виктория Михайловна (vivo.mih@gmail.com); Авраменко Марина Васильевна (avramenko_marina84@mail.ru); Москаленко Игорь Владимирович (moskalenkigor@yandex.ru); Ноздрачева Елена Владимировна (nozdr-eva@mail.ru); Чучин Дмитрий Иванович (chuchin.dmitrii@list.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОЛЕКУЛЯРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ *BACILLUS AMYLOLIQUEFACIENS* ПРИ ВЕРТИКАЛЬНОМ И ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ПЕРЕНОСЕ

MOLECULAR BIOLOGICAL ANALYSIS OF THE VARIABILITY OF ENDOPHYTIC BACTERIA *BACILLUS* *AMYLOLIQUEFACIENS* DURING VERTICAL AND HORIZONTAL TRANSPORT

E. Khachaturov
D. Polivanov
D. Utkin
N. Shcherbakova
E. Utkin
D. Golubev

Summary. Microorganisms can interact with plants and insects, demonstrating a three-way mutualism between endophytes, plants and pollinating insects. In this study, the movement of an endophytic strain of *Bacillus amyloliquefaciens* bacteria as a result of horizontal and vertical transfer was studied. The objects of the study were strains of *B. amyloliquefaciens* isolated from oregano (*Origanum vulgare* L.), rhizosphere soil, honey bee (*Apis mellifera* L.). The variability of the bacterial protein profile was assessed by MALDI-ToF mass spectrometry. Genetic differences were determined by RAPD PCR. It was found that the strains of *B. amyloliquefaciens* isolated from seeds differ significantly in protein and genomic profile from strains isolated from plants and honey bees, due to the difference in the biochemical composition of the studied media.

Keywords: endophytes, horizontal transfer, vertical transfer, RAPD-PCR, MALDI ToF mass spectrometry, *Bacillus amyloliquefaciens*, honey bee.

Хачатуров Эдуард Гариевич

Аспирант, ФГБОУ ВО «Саратовский национальный
исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского»
sitnikov.edick@yandex.ru

Поливанов Дмитрий Алексеевич

ФГБОУ ВО «Саратовский национальный
исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского»
dim4ik.polivanov2023@gmail.com

Уткин Денис Валерьевич

Д.б.н., проф., ФГБОУ ВО «Саратовский национальный
исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского»
twoduck@yandex.ru

Щербакова Наталья Евгеньевна

Научный сотрудник, ФКУН Российский научно-
исследовательский противочумный институт
«Микроб» Роспотребнадзора (г. Саратов)
hainl@yandex.ru

Уткин Евгений Денисович

ГАОУ СО «Физико-технический лицей № 1» (г. Саратов)
xfunnyduck@yandex.ru

Голубев Дмитрий Михайлович

ФГБОУ ВО «Саратовский национальный
исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского»
dimagolubev2018@yandex.ru

Аннотация. Микроорганизмы могут взаимодействовать с растениями и насекомыми, демонстрируя трехсторонний мутуализм между эндофитами, растениями и насекомыми-опылителями. В данном исследовании изучено перемещение эндофитного штамма бактерий *Bacillus amyloliquefaciens* в результате горизонтального и вертикального переноса. В качестве объектов исследования служили штаммы *B. amyloliquefaciens*, выделенных из душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L.), почвы ризосферы, пчелы медоносной (*Apis mellifera* L.). Изменчивость белкового профиля бактерии оценивали методом MALDI-ToF масс-спектрометрии. Генетические различия определяли методом RAPD ПЦР. Установлено, что штаммы *B. amyloliquefaciens*, выделенные из семян, существенно отличаются по белковому и геномному профилю от штаммов, изолированных из растений и медоносных пчел, что обусловлено различием в биохимическом составе исследуемых сред.

Ключевые слова: эндофиты, горизонтальный перенос, вертикальный перенос, RAPD-ПЦР, MALDI ToF масс-спектрометрия, *Bacillus amyloliquefaciens*, медоносная пчела.

Введение

Растения являются хозяевами сложных сообществ эндофитных бактерий, которые колонизируют внутреннюю часть как подземных, так и надземных тканей. Бактерии, живущие внутри растительных тканей в виде эндофитов, могут горизонтально проникать из окружающей среды с каждым новым поколением или вертикально передаваться из поколения в поколение через семена [1]. Лучшее понимание путей колонизации эндофитов и способов их расселения имеет важное значение при изучении взаимодействий растений и эндофитных микроорганизмов как в сельскохозяйственных, так и в природных экосистемах, а также при оценке эффективности тех или иных способов инокуляции биологических препаратов на основе эндофитов.

В формировании микробиоты семян участвуют некоторые ранние микроорганизмы-колонизаторы, которые передаются от материнского растения через сосудистую систему, в то время как другие микробы проникают через рыльца. Таким образом, микробиота семян состоит из микроорганизмов, набранных не только из сосудистых тканей растения, но и из цветка [2]. Известно, что цветы являются центром передачи микроорганизмов между растениями и насекомыми. Этот обмен между растениями и насекомыми открывает возможность для колонизации бактерий, переносимых насекомыми. Опыление насекомыми — это экологический процесс, связанный с передачей бактерий от цветов к семенам.

Микроорганизмы могут взаимодействовать с растениями и насекомыми, демонстрируя трехсторонний мутуализм между эндофитами, растениями и насекомыми-опылителями [3].

В данном исследовании мы отслеживаем перемещение эндофитного штамма бактерий *Bacillus amyloliquefaciens* от почвы во внутреннюю среду растения, от взрослого растения к цветкам и семенам, от цветков к медоносным пчелам и его молекулярно-биологические характеристики при смене хозяев.

Цель данной работы заключалась в изучении видового разнообразия микробиоты медоносных растений с определением видов эндофитных микроорганизмов, участвующих в горизонтальном и/или вертикальном переносе и выявлении их изменчивости на протеомном и геномном уровне.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования служили 6 изолятов *B. amyloliquefaciens*, выделенных из объектов окружающей среды — душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L.), почвы ризосферы, пчелы медоносной (*Apis mellifera* L.). Для выделения изолятов эндофитных бакте-

рий различные части растений душицы (листья, стебли, цветки, семена) стерилизовали в смеси 3 %-ной перекиси водорода и 96 %-ного этилового спирта (1:1) в течение 15 мин для удаления поверхностной эпифитной микрофлоры [4]. Образцы трехкратно отмывали от перекиси и спирта в стерильном физиологическом растворе и помещали в стерильные керамические ступки. К растительному материалу добавляли 10 мл стерильного физраствора и перетирали пестиком до получения однородной кашеобразной массы, делали серийные разведения и высевали на поверхность ГРМ агар (ФБУН ГНЦ Прикладной микробиологии и биотехнологии Роспотребнадзора) и РУЕ агара [5]. Из почвы делали серийные десятикратные разведения в соответствии с МУК 4.2.3695-21 до 10^{-5} и также высевали на поверхность ГРМ агара. У медоносной пчелы исследовали микробиоту пыльцы обножки и медового зобика. Взрослые рабочие пчелы были собраны в июне 2023 г. с цветков душицы обыкновенной, произрастающей на территории Энгельсского района Саратовской области. Медоносных пчел умерщвляли путем замораживания при температуре минус 25°C в течение 20 минут. Медовые зобики пчел извлекали согласно I. Lončarić et al., содержимое бактериологической петлей переносили в 3 мл физиологического раствора, перемешивали в течение 1 мин, 200 мкл смеси переносили на РУЕ агар [5]. Таким же образом анализировали пыльцу из корзинки пчелы. Наличие пыльцы душицы обыкновенной в обножке подтверждали микроскопическим методом по морфологическим признакам. Культивирование всех образцов осуществляли при температуре 28°C в течение 24–48 ч.

Биохимическую идентификацию видов выделенных штаммов проводили с использованием Руководства Берджи по систематике архей и бактерий [6] и on-line определителя ABIS [7]. Верификацию и определение неидентифицированных видов осуществляли с помощью метода MALDI-ToF масс-спектрометрии. Для этого из суточной культуры микроорганизмов с одной колонии изготавливали белковые экстракты с использованием этанола, муравьиной кислоты и 80 %-ной трифторуксусной кислоты. Экстракцию проводили в соответствии с МУ 4.2.3.733-21. В качестве матрицы использовали насыщенный водный раствор α -циано-4-гидроксикоричной кислоты, ацетонитрила и 5 %-ной трифторуксусной кислоты. Сбор спектров производился в автоматическом режиме на масс-спектрометре Microflex™ LT MALDI-TOF (Bruker Daltonics, Германия) с использованием программы Flex Control (ver. 3.3). Диапазон масс полученного спектра — 2–20 КДа. Полученные масс-спектры анализировали в программе Biotyper 3 (Bruker Daltonics, Германия). Таксономию исследуемых образцов определяли на основании значения индекса соответствия (score value, SV). Идентификацию белков осуществляли с использованием международной базы белков UniProt [<http://www.uniprot.org/>].

Сравнительный анализ масс-спектров *B. amyloliquefaciens* выполняли в программе mMass ver. 5.5.0 [8]. Построение матрицы бинарных признаков и матрицы различий осуществляли с помощью авторской программы, разработанной на языке Python. Расчет степени различий в белковом составе проводили на основании дистанции коэффициента Жаккара, рассчитанной по формуле:

$$d_j = 1 - c/(a + b - c),$$

где d_j — дистанция Жаккара, a — количество пиков в 1 образце, b — количество пиков во 2 образце, c — количество пиков общих для 1 и 2 образца.

По матрице различий построена дендрограмма методом невзвешенной попарной группировки с усреднением (UPGMA) и методом Уорда (Ward's method) в программе Past ver. 4.04 [9].

Анализ генетического полиморфизма осуществляли с помощью RAPD-анализа (random amplified polymorphic DNA — полимеразная цепная реакция с короткими случайными праймерами). Методом RAPD проведено ДНК-типирование 6 штаммов *B. amyloliquefaciens*, выделенных из почвы, пчел, семян и листьев растений душицы. Взвеси клеток бактерий готовили в 0,9 % растворе хлорида натрия в концентрации, соответствующей 10 единицам отраслевого стандартного образца мутности (СО 42-28-59-85П (10 МЕ), ФГБУ «НЦЭСМП» Минздрава России), эквивалентной концентрации $1,1 \times 10^8$ КОЕ/мл *Bacillus* sp. ДНК бактерий выделяли с помощью Комплекта реагентов для выделения РНК/ДНК из клинического материала «РИБО-преп» (ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора). Полимеразную цепную реакцию (ПЦР) проводили в амплификаторе Mastercycler personal (Eppendorf, Германия). Для приготовления реакционной смеси использовали набор БиоМастер LR HS-ПЦР (2^х) (Биолаб-микс, Россия). Реакционная смесь для RAPD-ПЦР объемом 25 мкл содержала 14,5 мкл БиоМастер, 0,25 мкМ каждого праймера (Синтол, Россия), 10 мкл анализируемой ДНК. Для проведения RAPD-ПЦР использовали программу амплификации: денатурация 95 °C/2 мин; 5 циклов: денатурация 95 °C/30 с, отжиг 37 °C/30 с, элонгация 68 °C/1 мин; 35 циклов: денатурация 95 °C/20 с, отжиг 37 °C/20 с, элонгация 68 °C/40 с; элонгация 68 °C/2,5 мин. В качестве праймеров использовали два декануклеотида со следующими последовательностями: AGTCAGCCAC, GGGCGGTACT, рекомендованные для типирования бактерий *Bacillus subtilis* [10]. С целью проверки воспроизводимости полученных результатов, эксперимент с использованием праймеров был повторен не менее трех раз. Показана воспроизводимость результатов, получаемых RAPD-методом. Продукты RAPD-ПЦР разделяли в 2 %-ном агарозном геле с бромистым этидием в 1^х TBE-буфере при напряженности электрического поля

5 В/см. Фрагменты ДНК визуализировали с помощью УФ-трансиллюминатора. Для определения длин фрагментов использовали ДНК-маркер Step100 Long (ООО «Биолаб-микс»).

Для оценки степени полиморфизма между изученными штаммами полученные данные были представлены в виде матрицы бинарных признаков, в которой наличие или отсутствие в спектре одинаковых по размеру фрагментов рассматривалось, соответственно, как состояние «1» или «0». По матрице бинарных признаков рассчитана матрица различий с определением дистанции Жаккара (d_j) и построением итоговой дендрограммы в программе Past ver. 4.04 методом невзвешенной попарной группировки с усреднением (UPGMA) и методом Уорда (Ward's method). Уровень полиморфизма оценивали путем деления полиморфных локусов на общее количество фрагментов.

Результаты и обсуждение

Почвенный покров в месте сбора растения представлена типичными темно-каштановыми почвами. Сбор образцов почвы осуществляли на глубине залегания корневища душицы 0–15 см. По результатам микробиологического анализа были выделены и идентифицированы штаммы почвенных микроорганизмов, преимущественно типа Bacillota видов *Bacillus pumilus*, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *B. amyloliquefaciens*. Из генеративного стебля душицы выделены бактерии вида *B. pumilus*. В листьях генеративного побега обнаружены *B. pumilus*, *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens*. Из цветков душицы выделены грамположительные бактерии видов *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, *Paenibacillus lautus* и грамотрицательная *Pseudomonas chlororaphis*. Для выявления бактерий, переносимых насекомыми-переносчиками в результате горизонтальной передачи, изучен видовой состав микроорганизмов пыльцы корзинки медоносной пчелы (обножка) и содержимого медового зобика. Из пыльцы выделен один вид бактерий *B. amyloliquefaciens*, из медового зобика — виды грамположительных бактерий *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis* и грамотрицательные *Citrobacter braakii*, *Serratia* sp., *Pantoea agglomerans*. Ранее было показано, что *P. agglomerans* широко распространена в среде обитания медоносных пчел [5]. Для выявления бактерий, переходящих от родительского организма в дочерние в результате вертикального переноса, исследована эндофитная микробиота семян душицы, собранных после созревания в сентябре 2023 г. В семенах в состоянии покоя обнаружены виды грамположительных бактерий *B. amyloliquefaciens*, *Bacillus atrophaeus*, *Bacillus megaterium* и грамотрицательные *Myroides odoratus*, *Delftia acidovorans*, *Brucella grignonense*. Установлено, что бактерии вида *B. amyloliquefaciens* встречаются как в составе ризосферы, так и проникают во внутренние ткани растений душицы (листья), цветки, пыльцу. Также

B. amyloliquefaciens обнаружена в содержимом медового зобика медоносной пчелы, что указывает на возможную передачу указанного эндофита с помощью насекомых-опылителей.

B. amyloliquefaciens используется в сельском хозяйстве для борьбы с корневыми патогенами, кроме того, бактерия снижает концентрацию солей в растительных тканях, продуцирует фитогормон ауксин, α -амилазу, гидролизующую крахмал, протеазу субтилизин.

Отличие в видовом составе микробиоты почвы, растений и насекомых связано с различными физическими и химическими условиями существования микроорганизмов в указанных средах и селективным преимуществом перед другими видами. Наиболее адаптированным видом бактерий, приспособленным к существованию в различных средах, был вид спорообразующей бактерии *B. amyloliquefaciens*.

Для дальнейшей работы были отобраны 6 штаммов *B. amyloliquefaciens*, выделенных из почвы (штамм 30), листьев (штамм 15m), цветков (штамм 2m), семян (штамм 1b), пыльцы (штамм 1m) и медового зобика (штамм 11m). Методом MALDI ToF масс-спектрометрии получены белковые профили указанных штаммов (Рисунок 1).

Для сравнительного анализа отобрано от 90 до 109 пиков в диапазоне 2–20 кДа с относительной интенсивностью более 1%. Наличие общих и специфических белков определяли в программе mMass. Всего обнаружено 46 общих белков с m/z от 1981 ± 2 Да до 11154 ± 2 Да, присутствующие у всех 6 штаммов. У штаммов 1m, 2m, 11m, 15m наибольшую интенсивность имели пики с m/z 4306 ± 2 Да (белок рибосомы bL36), 5255 ± 2 Да (белок рибосомы bL34), 5897 ± 2 Да (белок рибосомы bL33), 6507 ± 2 Да, 6152 ± 2 Да. У штамма 30 максимальную интенсивность имел белок 6152 ± 2 Да. Масс-спектр штамма 1b существенно отличался от остальных. В его спектре преобладали низкомолекулярные пики с m/z 2078 ± 2 Да, 2094 ± 2 Да, 5279 ± 2 Да, пики рибосомальных белков, но отсутствовал белок 6152 ± 2 Да.

Минимальное различие в белковых спектрах наблюдали у штаммов 1m, 2m, 11m, 15m, 30 (d_j составила от 0,075 до 0,158), максимальное — у штамма 1b из семян с остальными образцами (d_j — от 0,239 до 0,267). По полученной матрице различий проведен иерархический кластерный анализ (Рисунок 2).

Высокий уровень сходства наблюдался у штаммов 2m и 15m, изолированных из органов растения душицы обыкновенной. Ближе всего к этому кластеру последовательно расположились штаммы 11m и 1m, выделенные из медового зобика и пыльцы корзинок пчел, собранных на душице. Наименьшее сходство с данными образцами

имели белковые спектры штамма 30 из почвы и штамма 1b из семян, что указывает на изменение белкового состава вида *B. amyloliquefaciens*.

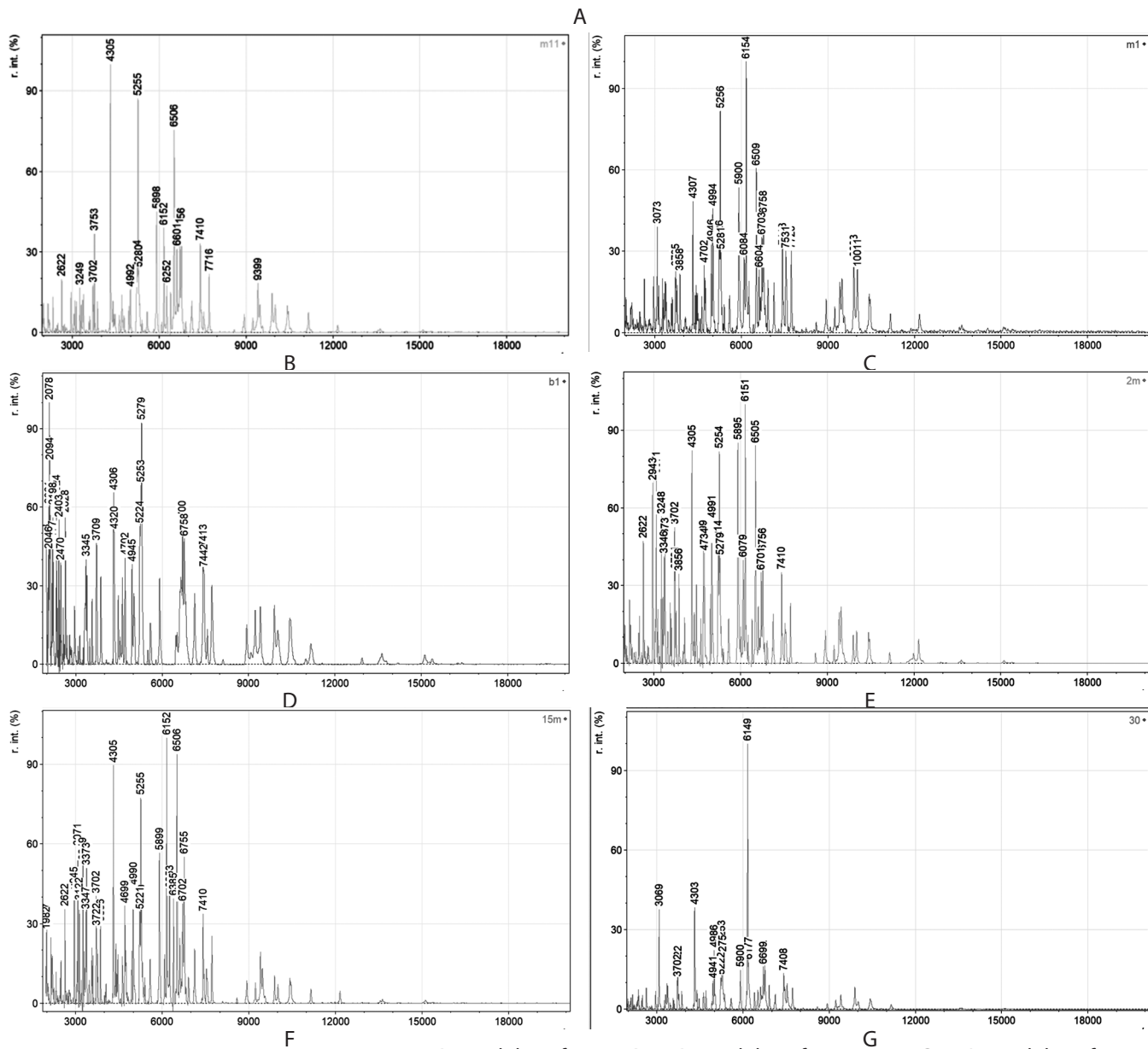
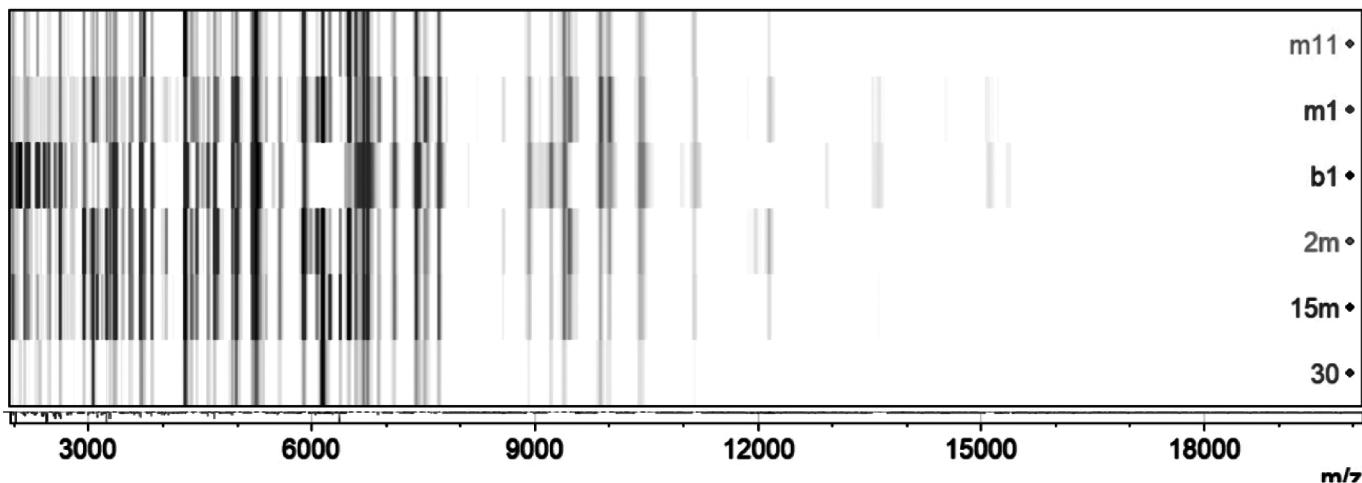
По результатам RAPD анализа получены RAPD-спектры исследуемых штаммов *B. amyloliquefaciens* (Рисунок 3).

Результаты исследования показали, что 5 из 6 штаммов (1m, 2m, 11m, 15m, 30) имели практически идентичные ПЦР-фингерпринты и содержали 8 общих локуса: 190 п.н., 230 п.н., 390 п.н., 430 п.н., 610 п.н., 760 п.н., 950 п.н., 1080 п.н., из них 3 мономорфных локуса 230 п.н., 390 п.н., 610 п.н. выявлялись и у штамма 1b. Различия в фингерпринтах штаммов 1m, 2m, 11m, 15m между собой отсутствовало ($d_j=0$). У штамма 30 наряду с указанными выше 8 общими локусами наблюдались 2 полиморфных локуса 1290 п.н., 1680 п.н., что отразилось на дистанции Жаккара ($d_j=0,11$). Наибольшим полиморфизмом характеризовался штамм 1b. Различия с группой штаммов 1m, 2m, 11m, 15m составило $d_j=0,647$. У него наблюдались 6 полиморфных локуса: 300 п.н., 660 п.н., 1010 п.н., 1130 п.н., 1290 п.н., 1410 п.н. Уровень полиморфизма штамма 1b составил 66,7%, штамма 30 — 20%, у остальных штаммов — 0%.

Высокий уровень полиморфизма штамма 1b отражен в дендрограммах различий, построенной на основе статистического анализа RAPD-данных (Рисунок 4). Исследованные штаммы разделились на два кластера: в первый кластер вошли штаммы 1m, 2m, 11m, 15m, второй кластер образовали штаммы 30 (из почвы) и 1b (из семян).

Различия в белковом и геномном профиле *B. amyloliquefaciens*, выделенных из семян в состоянии покоя по сравнению с видами, обнаруженными во внутренних средах растений и насекомых, обладающих большей метаболической активностью, вероятно, связано с разным биохимическим профилем изучаемых объектов. Биохимический состав семян, как, собственно, и внешняя среда (почва) менее биологически активен.

В первую очередь, обращают внимание на значительную долю жирных масел в семенах — 28%; большое содержание полиненасыщенных незаменимых жирных кислот — линолевой и α -линоленовой. Вегетативные органы и соцветия в период цветения биохимически отличаются от семян, в них содержится большое количество эфирных масел (корвакрола, n -цимена, α -пинена, мирцена), флавоноидов, дубильных веществ. Ряд из этих веществ обладают бактерицидными свойствами и бактериям необходимо адаптироваться под эти «агрессивные» условия [11]. В частности, корвакрол вызывает изменения в белковом профиле внешней мембраны бактерий [11]. Эфирные масла обуславливают запах цве-



A — «псевдогель» масс-спектров штаммов *B. amyloliquefaciens*, B — *B. amyloliquefaciens* 11m, C — *B. amyloliquefaciens* 1m, D — *B. amyloliquefaciens* 1b, E — *B. amyloliquefaciens* 2m, F — *B. amyloliquefaciens* 15m, G — *B. amyloliquefaciens* 30

Рис. 1. Масс-спектры штаммов *B. amyloliquefaciens*

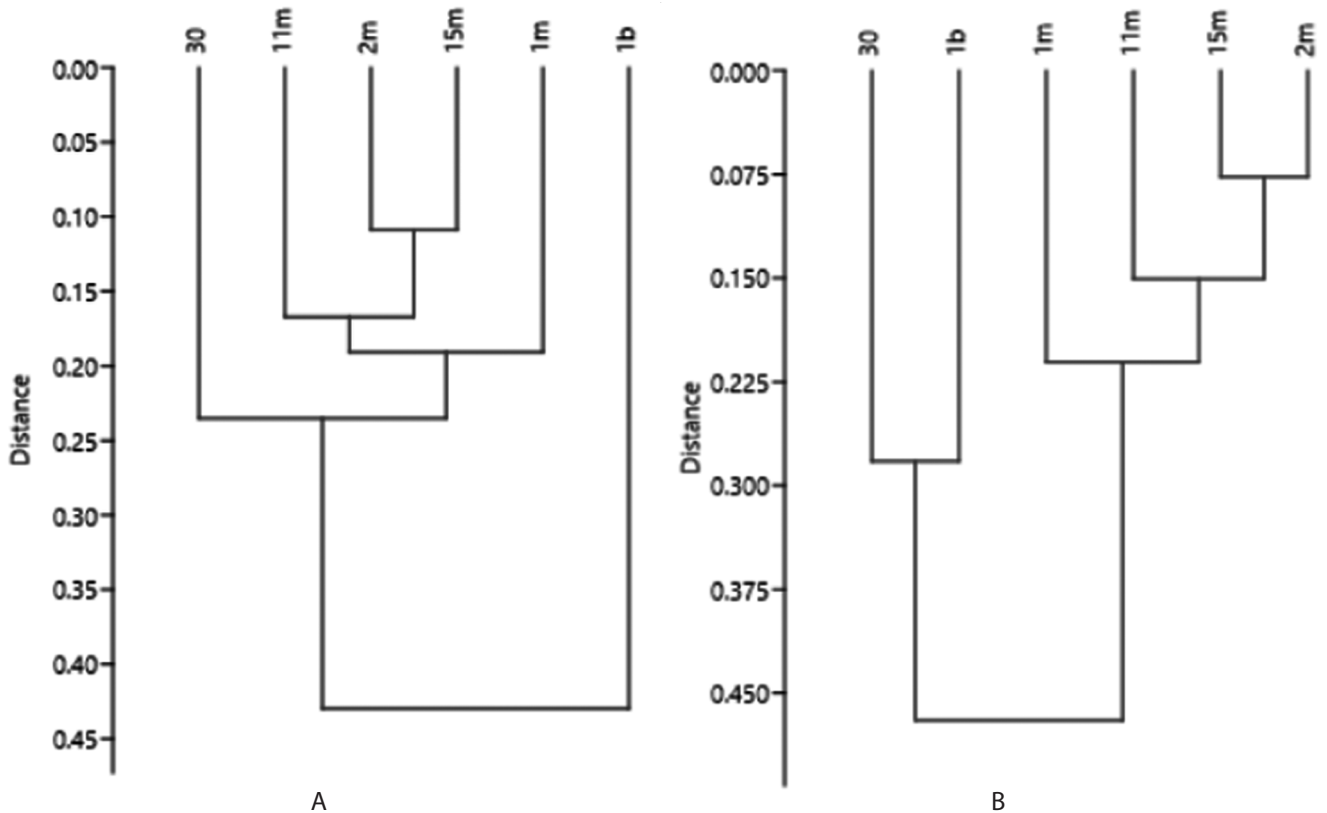
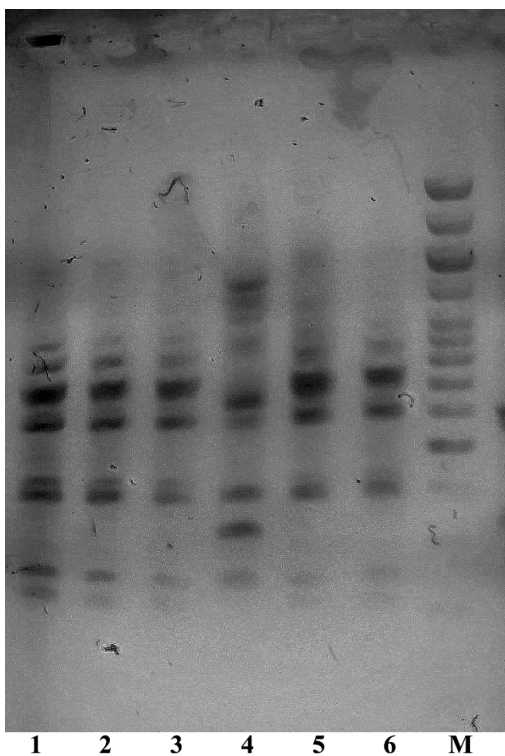


Рис. 2. Дендрограмма на основе различий в масс-спектре исследуемых образцов, построенная по алгоритму UPGMA (А) и методу Уорда (В)



1 — *B. amyloliquefaciens* 1m, 2 — *B. amyloliquefaciens* 2m, 3 — *B. amyloliquefaciens* 11m, 4 — *B. amyloliquefaciens* 1b, 5 — *B. amyloliquefaciens* 30, 6 — *B. amyloliquefaciens* 15m, М — маркер Step100 Long

Рис. 3. RAPD-спектры штаммов *B. amyloliquefaciens*

тов, привлекающий насекомых. Кладовыми эфирных масел в цветках служат железистые пятна на лепестках цветков, железистые волоски на эпидерме цветков и листьев, железки различных типов. С нектаром эфирные масла попадают и в мед, обуславливая его запах. Поэтому наличие в нектаре, а в последующем и в медовом зобике пчелы эфирных масел обуславливает сходство в белковом и геномном профиле бактерий *B. amyloliquefaciens*, выделенных из растений, пыльцы и пчел.

Заключение

В результате работы выделена и идентифицирована микробиота ризосферы, филосферы, антосферы душицы обыкновенной; семян в стадии покоя; медоносной пчелы. Идентифицирован вид бактерии *B. amyloliquefaciens*, присутствующий во всех изученных объектах. Проведенные исследования указывают на возможный вертикальный и горизонтальный перенос почвенных бактерий *B. amyloliquefaciens* и адаптации ее к внутренней среде растения и насекомого. Выявлены различия в белковом и геномном м профиле бактерий *B. amyloliquefaciens* у штаммов, выделенных из растений и насекомых по сравнению со штаммами, изолированными из почвы и семян того же растения (душицы обыкновенной). Указанные различия говорят об адаптационной и генотипической изменчивости штаммов в условиях, отличающихся по биохимическому составу.

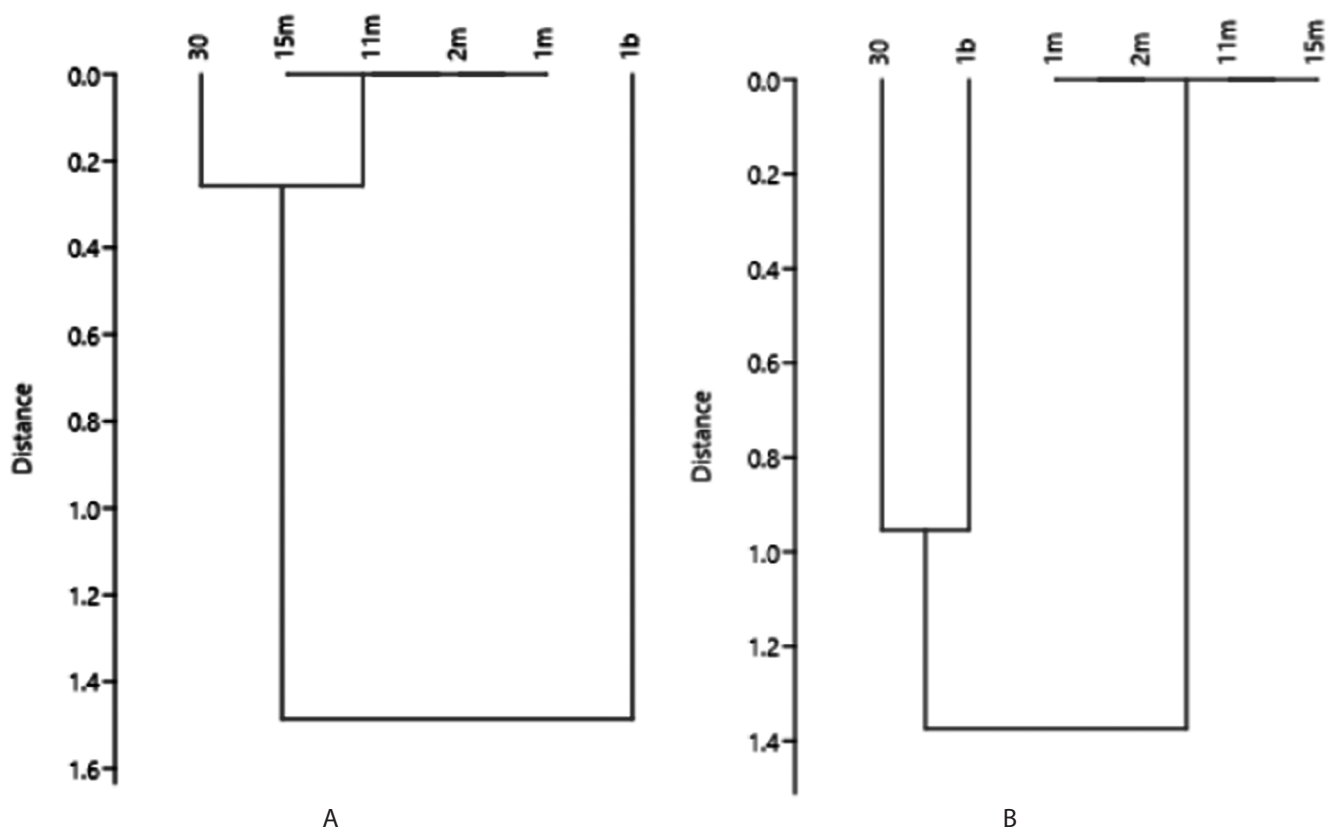


Рис. 4. Дендрограмма на основе различий RAPD фингерпринтов исследуемых образцов, построенная по алгоритму UPGMA (А) и метода Уорда (В)

ЛИТЕРАТУРА

1. Frank, A.C. Transmission of Bacterial Endophytes / A.C. Frank, J.P.S. Guzmán, J.E. Shay // *Microorganisms*. 2017. V. 5, № 4. P. 70–90.
2. Prado, A. Insect pollination: an ecological process involved in the assembly of the seed microbiota / A. Prado, B. Marolleau, B.E. Vaissière, M. Barret, G. Torres-Cortes // *Sci Rep*. 2020. V. 10, N 1. P. 3575–3586.
3. Kim, D.-R. A mutualistic interaction between *Streptomyces* bacteria, strawberry plants and pollinating bees / D.-R. Kim, G. Cho, C.-W. Jeon, D.M. Weller, L.S. Thomashow, T.C. Paulitz, Y.-S. Kwak // *Nat Commun*. 2019. V. 10, N 1. P. 4802–4812.
4. Широких, А.А. Выделение и оценка биорегуляторных свойств эндофитных бактерий / А.А. Широких [и др.] // *Теоретическая и прикладная экология*. 2008. № 3. С. 73–80.
5. Lončarić, I. Typing of *Pantoea* agglomerans isolated from colonies of honey bees (*Apis mellifera*) and culturability of selected strains from honey / I. Lončarić, H. Heigl, E. Licek, R. Moosbeckhofer, H.-J. Busse, R. Rosengarten // *Apidologie*. 2009. V. 40. P. 40–54.
6. Whitman, W.B. *Bergey's manual of systematics of archaea and bacteria*. 2015. — <https://doi.org/10.1002/9781118960608>.
7. Advanced Bacterial Identification Software. [Электронный ресурс]. URL: https://tgw1916.net/bacteria_logare_desktop.html. (дата обращения 20.02.2024).
8. Niedermeyer, T.H.J. mMass as a Software Tool for the Annotation of Cyclic Peptide Tandem Mass Spectra / T.H.J. Niedermeyer, M. Strohaln // *PLoS ONE*. 2012. V. 7, N 9, e44913 DOI:10.1371/journal.pone.0044913.
9. Hammer, Ø. PAST: Paleontological Statistica software package for education and data analysis / Ø. Hammer, D.A.T. Harper, P.D. Ryan // *Paleontologia*. 2001. V. 4, N 1. 9 pp.
10. Терлецкий, В.П. Оценка возможностей метода RAPD-PCR для генетической идентификации штаммов *B. subtilis* / В.П. Терлецкий // *Journal of Agriculture and Environment*. — 2023. — №11 (39). — С.1–4. URL: <https://jae.cifra.science/archive/11-39-2023-november/10.23649/JAE.2023.39.5> (дата обращения: 21.04.2024). — DOI: 10.23649/JAE.2023.39.5
11. Hyldgaard, M. Essential Oils in Food Preservation: Mode of Action, Synergies, and Interactions with Food Matrix Components / M. Hyldgaard, T. Mygind, R.L. Meyer // *Frontiers in Microbiology*. 2012. V. 3, A. 12. P. 1–24.

© Хачатуров Эдуард Гариевич (sitnikov.edick@yandex.ru); Поливанов Дмитрий Алексеевич (dim4ik.polivanov203@gmail.com);

Уткин Денис Валерьевич (twoduck@yandex.ru); Щербакова Наталья Евгеньевна (hainl@yandex.ru);

Уткин Евгений Денисович (xfunnyduck@yandex.ru); Голубев Дмитрий Михайлович (dimagolubev2018@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ КУРСА ФЬЮЧЕРСА НА ПРИРОДНЫЙ ГАЗ «ТТФ»

ANALYSIS AND FORECASTING OF THE «TTF» NATURAL GAS FUTURES RATE DYNAMICS

**T. Anosov
R. Dzerzhinskiy**

Summary. The paper analyzes patterns in the dynamics natural gas prices changes starting from 2010. Based on data from all stock market days of the period under review, critical turning points in the development of the natural gas market in Europe are determined, and a TTF fund quotes forecast in the near future is given.

The results of a study of fluctuation cycles and the search for hidden periodicities in the dynamics of the TTF futures rate for natural gas using anamorphoses are presented.

It is shown that at the moment the price is near a local minimum, and when it reaches the next critical level (approximately in mid-2025), the price of natural gas will go up, following the path of recovery after a drawdown due to geopolitical features.

Keywords: time series, trends, fluctuations, Gompertz model, near-proportion.

Аносов Тимур Эдуардович

Аспирант, МИРЭА — Российский технологический университет, г. Москва

Дзержинский Роман Игоревич

кандидат технических наук, доцент, МИРЭА — Российский технологический университет, г. Москва

Аннотация. В статье анализируются закономерности в динамике изменений цен на природный газ, начиная с 2010 года. На основе данных всех торговых дней рассматриваемого периода определяются критические, поворотные моменты в развитии рынка природного газа в Европе, дается прогнозная оценка котировок фьючерса фонда ТТФ в ближайшей перспективе. Представлены результаты исследования циклов колебаний и поиск скрытых периодичностей в динамике курса фьючерса «ТТФ» на природный газ с использованием аппарата построения анаморфоз.

Показано, что на данный момент цена находится вблизи локального минимума, и при достижении следующего критического уровня (ориентировочно, в середине 2025 года), цена на природный газ пойдет вверх, идя по пути восстановления после просадки из-за геополитических особенностей.

Ключевые слова: временные ряды, тренды, колебания, модель Гомперца, почти-пропорция.

Введение

На фондовом рынке динамика курса отдельных акций, фондов и фьючерсов тесно связана со специфическими временными рядами. Особенностью данных по конкретному курсу является возможность анализа взаимодействия процессов при использовании различных временных масштабов. Один из методов анализа курса акций включает разбиение первоначальной временной последовательности на составляющие, выделенные как «быстрые» и «медленные» этапы процесса. Изучение быстрых изменений помогает выявить иерархию временных интервалов, близких к периодам и называемых «почти-периодами». Знание этих почти-периодов позволяет использовать их в качестве интервалов сглаживания исходной последовательности для определения иерархии трендов, соответствующих полученным значениям почти-периодов.

Медленные изменения в данном случае рассматриваются как тренды основных характеристик процесса и анализируются вместе с быстрыми изменениями с использованием методов анаморфозы, которые отображают исходные данные в виде кусочно-линейных зависимостей.

Помимо этого, существует проблема почти-пропорций [1–3], которые могут быть выявлены, как при помощи алгоритмов нахождения почти-пропорций, так и способны воспроизводиться через соотношения почти-периодов.

В данной работе рассматривается динамика курса фьючерса «ТТФ». Цена представляет склеенный поставочный фьючерс на природный газ ТТФ, торгующийся на бирже ICE. ТТФ — это нидерландский хаб, которым управляет газотранспортная компания Gasunie Transport Services. Цена на хабе ТТФ является региональным бенчмарком для континентальной Европы. Газ в Европе торгуется в Евро за Мегаватт*ч. 1 МВт*ч эквивалентен 3.6 ГДж. Тысяча кубических метров газа (m^3) равна 37.7 ГДж. Для получения цены европейского газа за тысячу кубических метров необходимо умножить цену европейского газа на 10.36. Далее умножить на валютный курс, если есть необходимость посчитать цену в другой валюте.

Целью исследования является определение основных характеристик процесса, а также прогноз стоимости фьючерса и определение текущей фазы его развития.

1. Анализ курса фьючерса «ТТФ»

Для анализа курса фьючерса ТТФ на природный газ понадобятся исходные данные — Индекс TTF USD 1000,

отражающий цену за 1000 кубических метров природного газа на протяжении всего исследуемого интервала — рассматриваются с января 2010 года по конец апреля 2024. Проанализируем график динамики курса акций

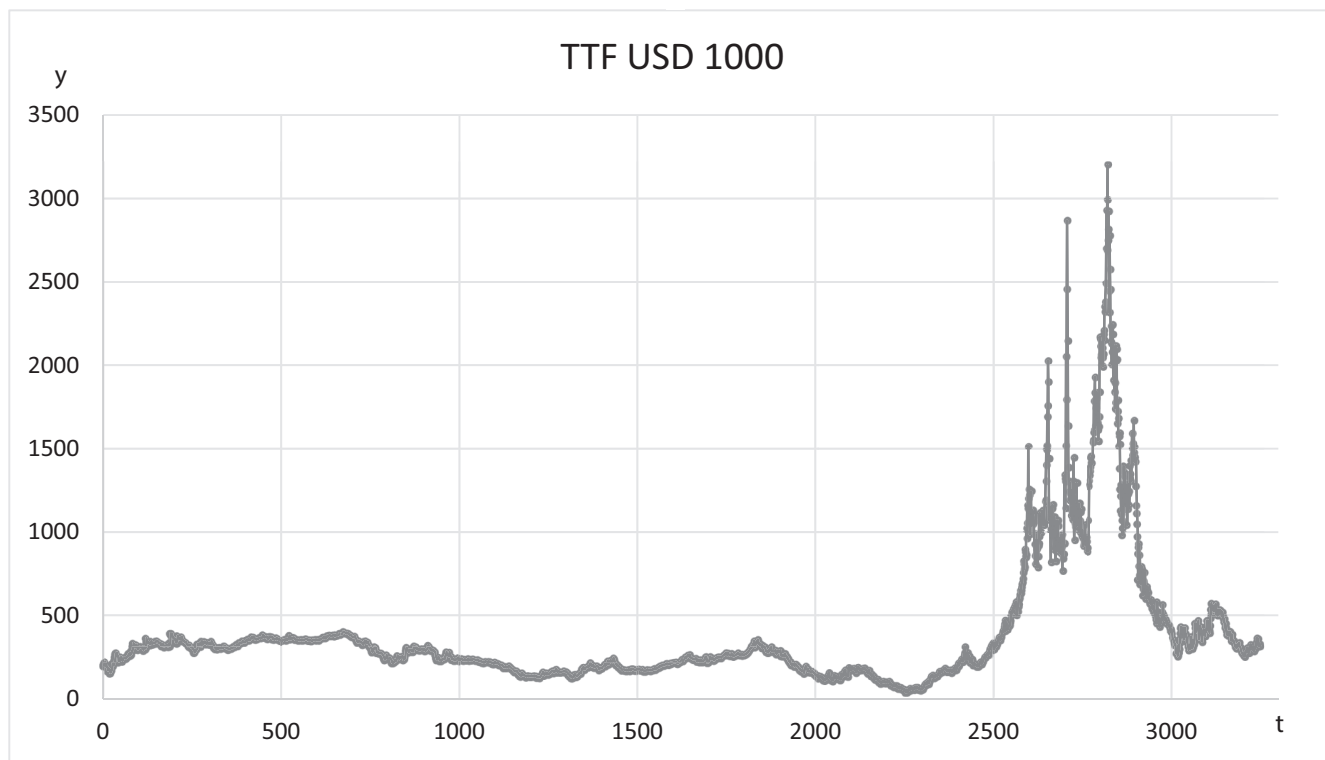


Рис. 1. Акции TTF USD 1000 в течение рассматриваемого интервала



Рис. 2. Выделение критических уровней с шагом $1/e$

в течение рассматриваемого периода. На оси абсцисс отложены торговые дни, начиная с первого (рис. 1).

Если посмотреть на исходные данные, то видно общую тенденцию к снижению котировок вплоть до на-

чала 2020 года, когда снижение усилилось ввиду ограничений, связанных с глобальной пандемией COVID-19. После этого начало 2022 года пришлось на взлет курса фьючерса и дальнейшее падение до предыдущих уров-

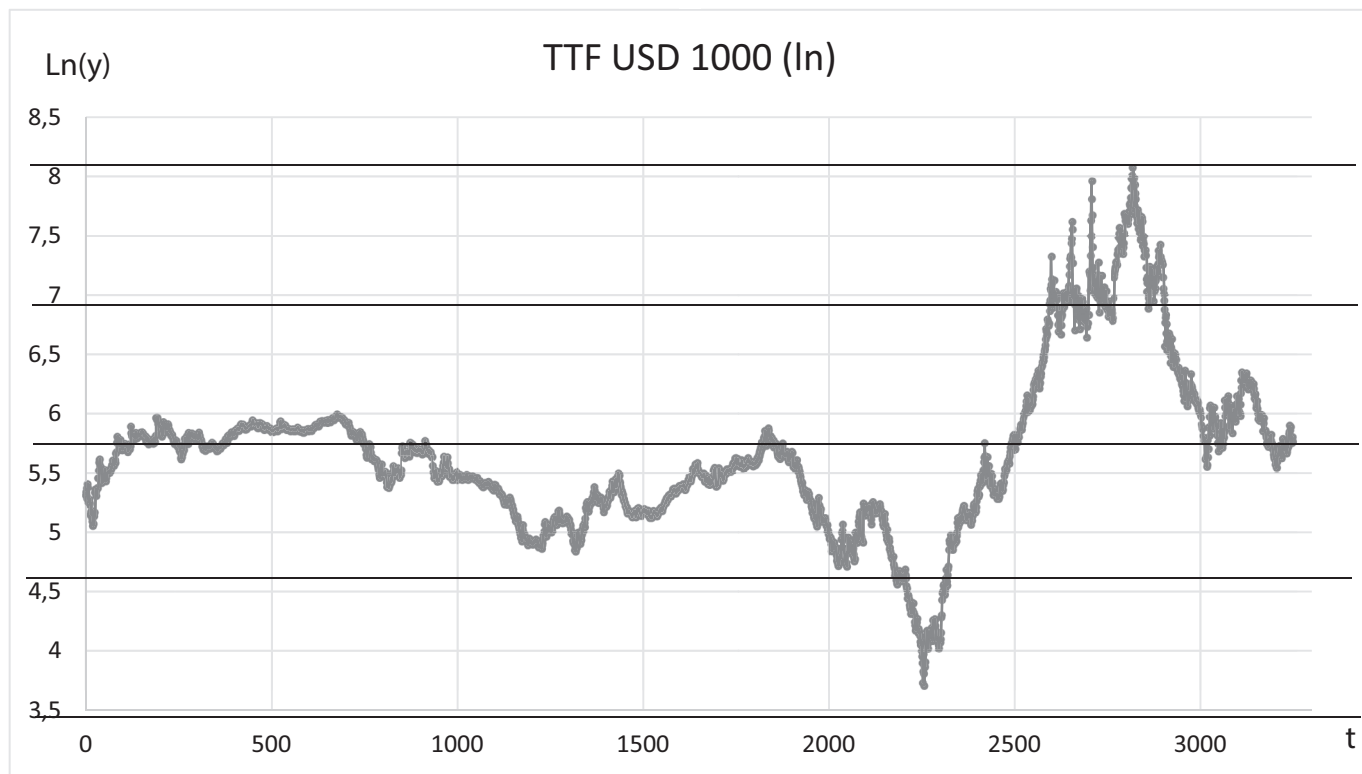


Рис. 3. Выделение критических уровней с шагом 1

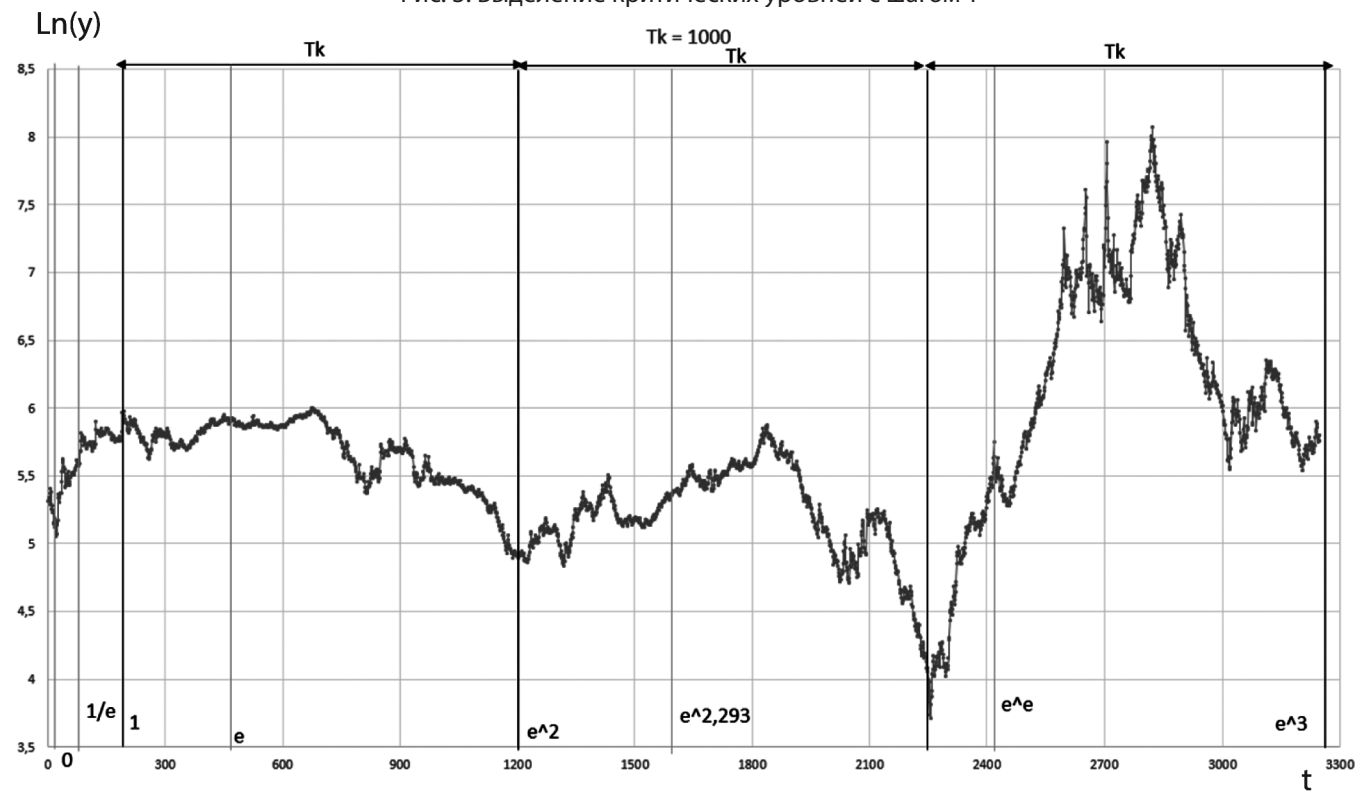


Рис. 4. Выделение критических уровней при $T_k = 1000$

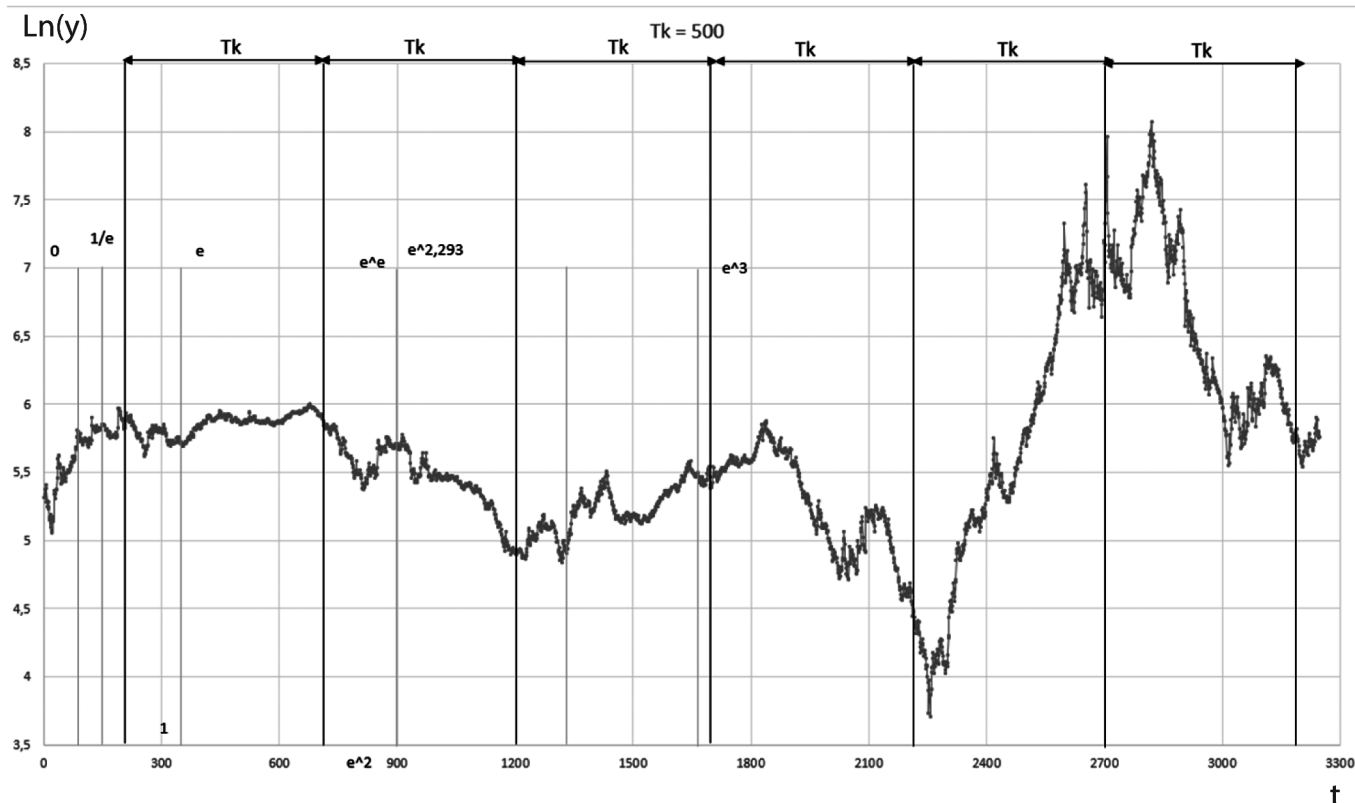


Рис. 5. Выделение критических уровней при $T_k = 500$

ней. Возьмем натуральный логарифм цены акций и построим его зависимость от количества торговых дней с целью более наглядного представления имеющихся данных. Приступим к выделению критических уровней.

Будем выделять критические уровни развития, изменяя шаг, с целью выявления периода становления критического уровня T_k .

Аналитически определим ячейки развития на основе критических уровней. Построим графики зависимости натурального логарифма курса фьючерса от торгового дня с выделением шагов $T_k = 1000$ и $T_k = 500$ соответственно.

Изменение значения логарифма цены на единицу соответствует изменению исходных данных в e раз. Линии, параллельные оси x , соответствующие значениям 1, 2, 3 и 4 натурального логарифма цены акций являются линиями поддержки/сопротивления для соответствующих участков роста/падения курса акций соответственно.

2. Модель интенсивного роста

Приступим к анализу модели интенсивного роста. Для этого определим общий вид структуры данной модели.

$$\frac{dy}{dt} = k(y,t) * y \quad (2.1)$$

Для того, чтобы получить анаморфозу, распрямляющую график в тех местах, где есть интенсивный рост, необходимо построить график $\frac{1}{y} \sim t$ и отметить на нём линию тренда. Обозначим промежутки интенсивного роста в координатах $(t, \ln(y))$.

Стоит отметить, что любой интенсивный рост является ограниченным. На графике с исходными данными это выглядело бы как квадратичная функция, стремящаяся к вертикальной асимптоте. Для того, чтобы найти данную асимптоту, необходимо знать окончание периода интенсивного роста. Для этого нужно провести линии на всех участках, где видно явное распрямление графика.

Значения $1/y$ на графике рисунка 6 стабильно медленно увеличиваются, поэтому целесообразным будет рассмотреть динамику интенсивного роста на отдельных участках графика, где происходит распрямление. Рассмотрим выделенные промежутки 300–1100 и 1500–1850. Найдем в данных промежутках предел роста и обозначим его.

Построим анаморфозу к интенсивному росту для интервала торговых дней с 300 по 1100 и проанализируем данные.

Из графика видно, что тенденция к падению замедляется — для того, чтобы проанализировать динамику

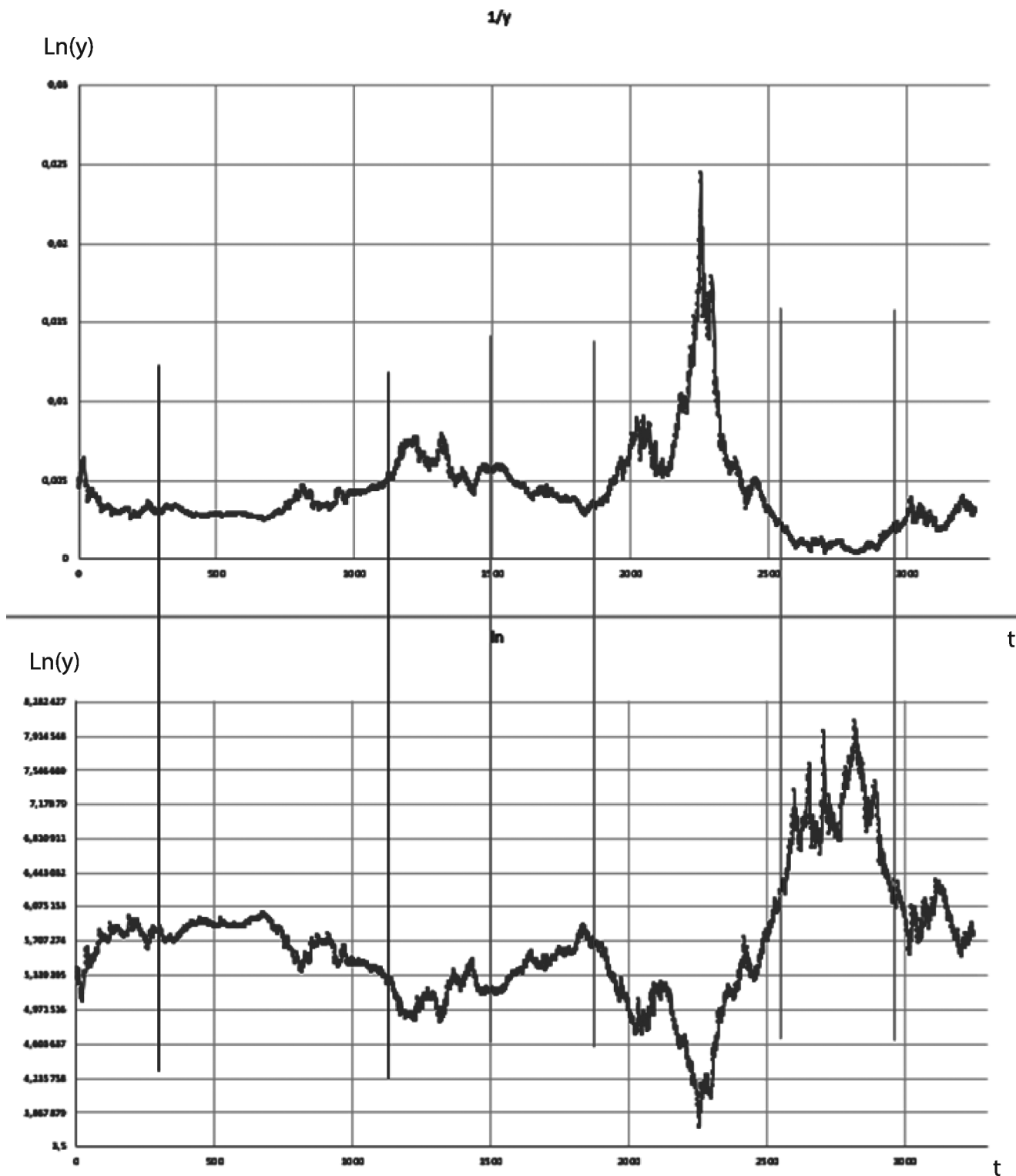


Рис. 6. Анаморфоза к интенсивному росту в координатах $1/y \sim t$ и соответствующая данному периоду динамика курса акций в логарифмическом масштабе

курса акций, построим соответствующий график и исследуем его.

Построим похожий график в зависимости от t^2 .

Для данного участка найдены искомые коэффициенты модели интенсивного роста:

$$k = -3,65903 \cdot 10^{-7}$$

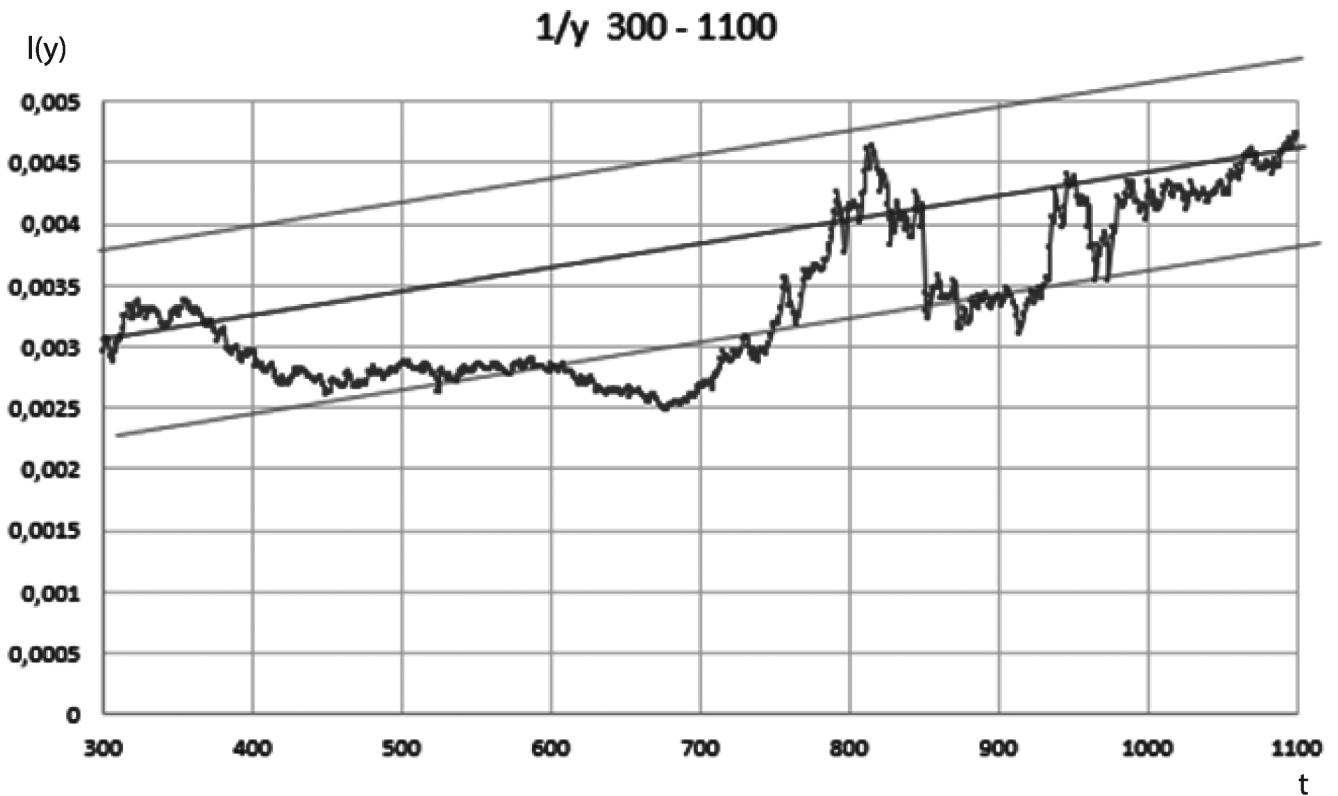


Рис. 7. Анаморфоза к интенсивному росту на интервале 300–1100

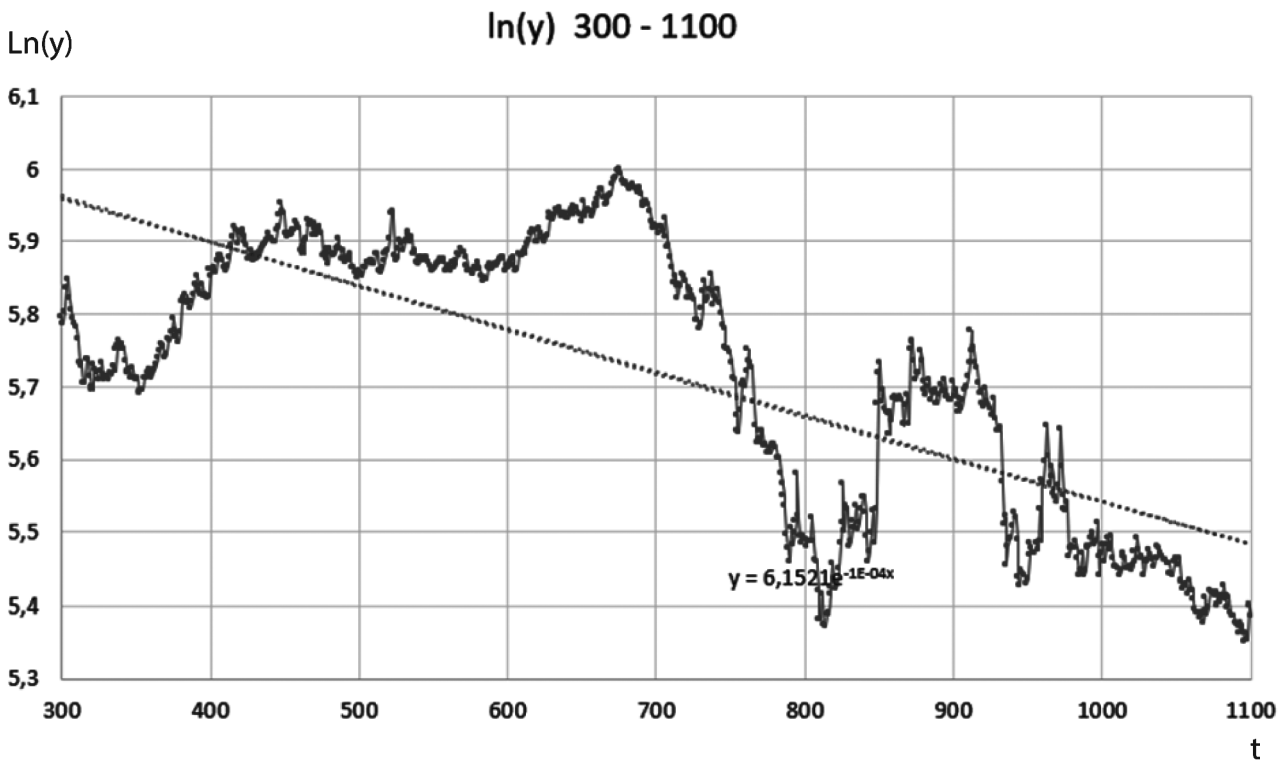


Рис. 8. Динамика курса акций на интервале 300–1100 в логарифмическом масштабе

$$a = 5,827650763$$

$$y^* = 186,5600849$$

$$t^* = -1279,361$$

Прделаем те же операции для интервала 1500–1850:

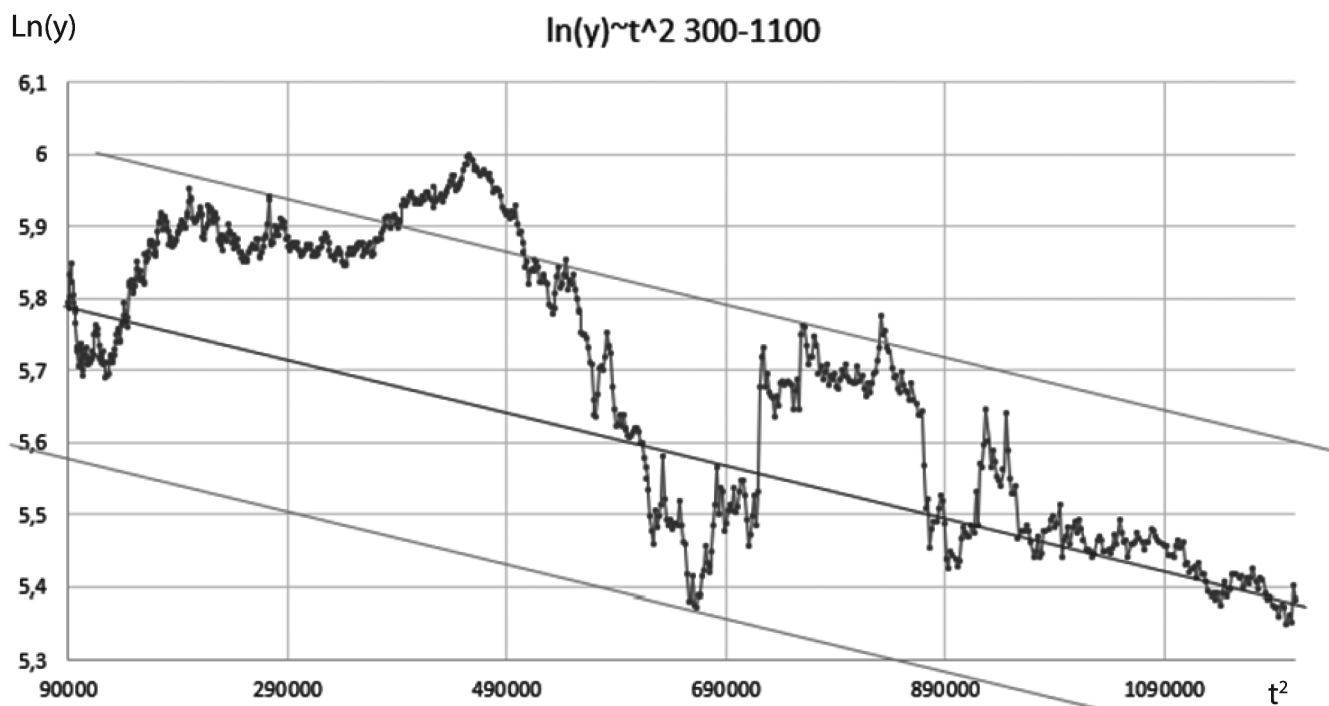


Рис. 9. Динамика курса акций на интервале 300–1100 в логарифмическом масштабе от t^2

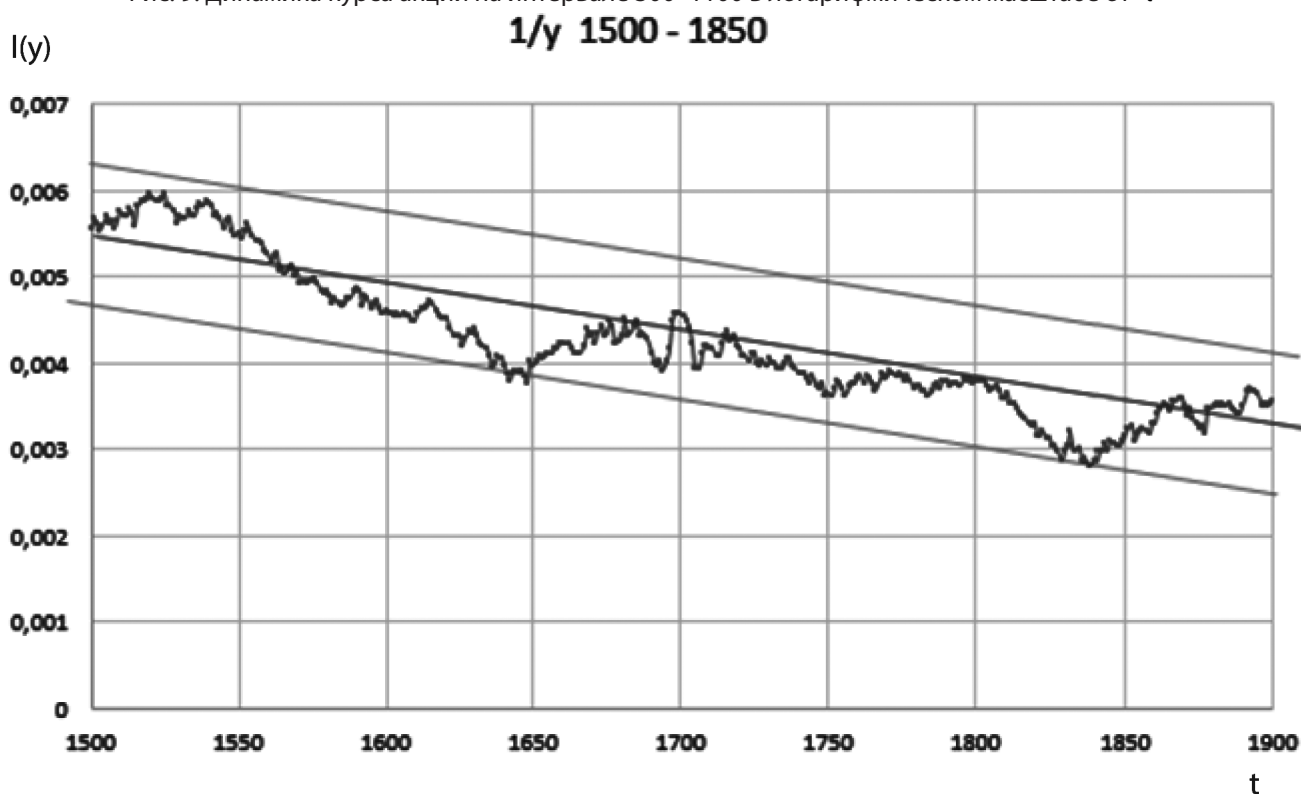


Рис. 10. Анаморфоза к интенсивному росту на интервале 1500–1850

Для данного участка найдены искомые коэффициенты модели интенсивного роста:

$$k = 3,98 \cdot 10^{-7}$$

$$a = 4,2875$$

$$y^* = 639,825$$

$$t^* = 2337,771$$

Построим таблицу, содержащую полученные результаты для интенсивного роста.

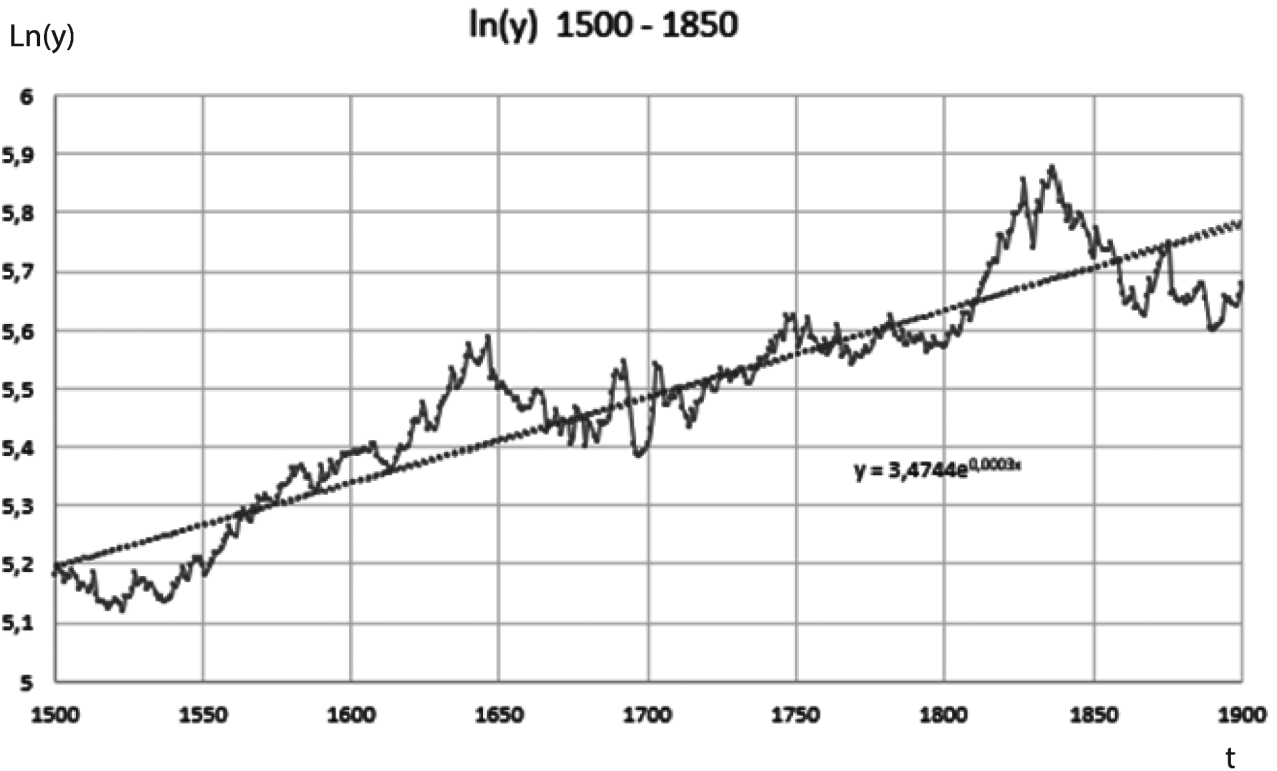


Рис. 11. Динамика курса акций на интервале 1500–1850 в логарифмическом масштабе

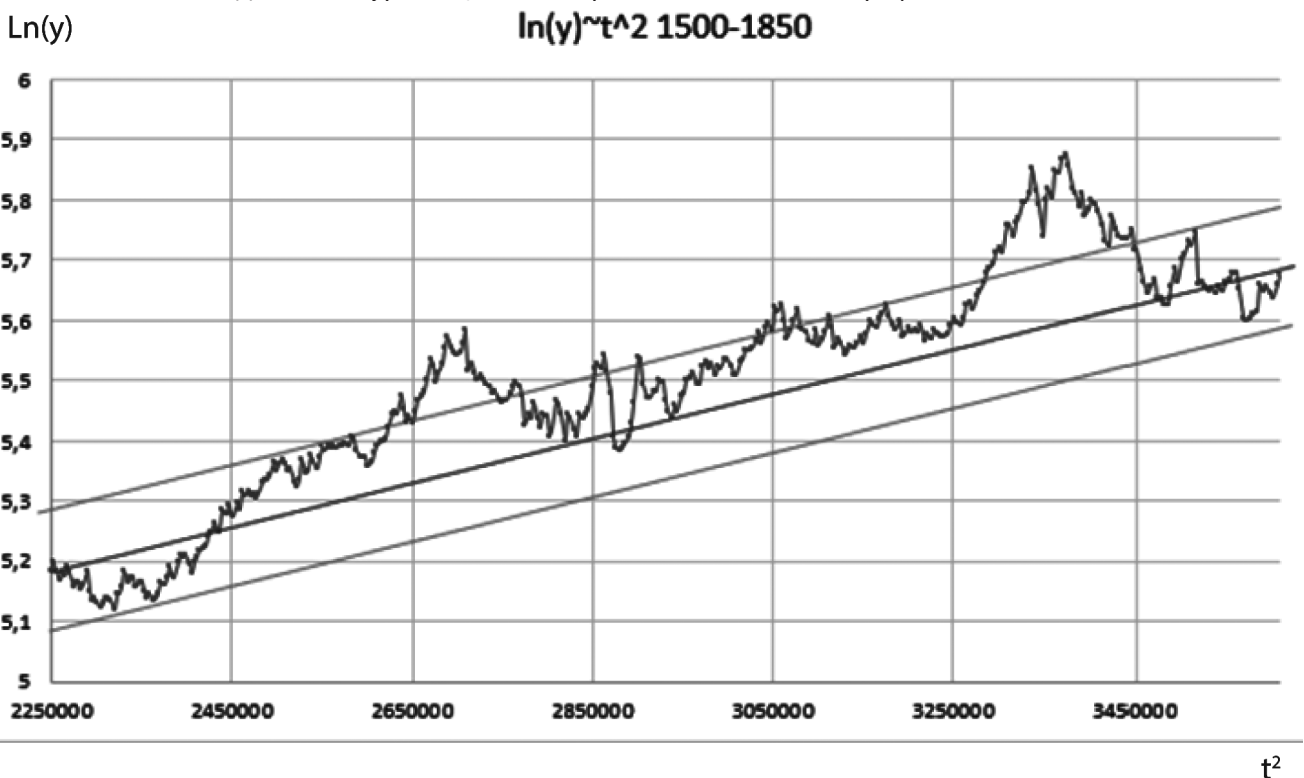


Рис. 12. Динамика курса акций на интервале 1500–1850 в логарифмическом масштабе от t^2

Промежуток	a	k	y^*	t^*
300–1100	5,8276	-3,65E-07	186,56	-1279,361
1500–1850	4,2875	3,98E-07	639,825	2337,771

3. Модель ограниченного роста

Перейдем к анализу ограниченного роста. С развитием процесса ограничивающие факторы начинают

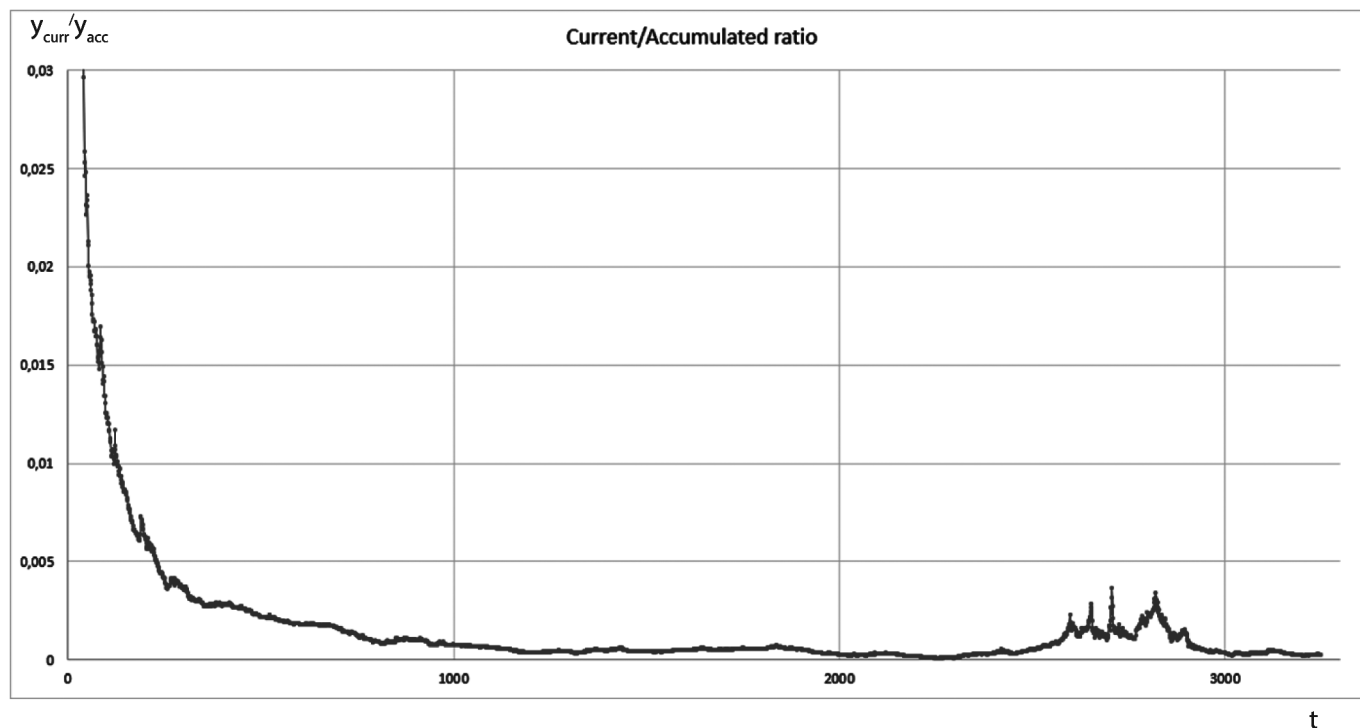


Рис. 13. Зависимость отношения текущих котировок от накопленных от времени t

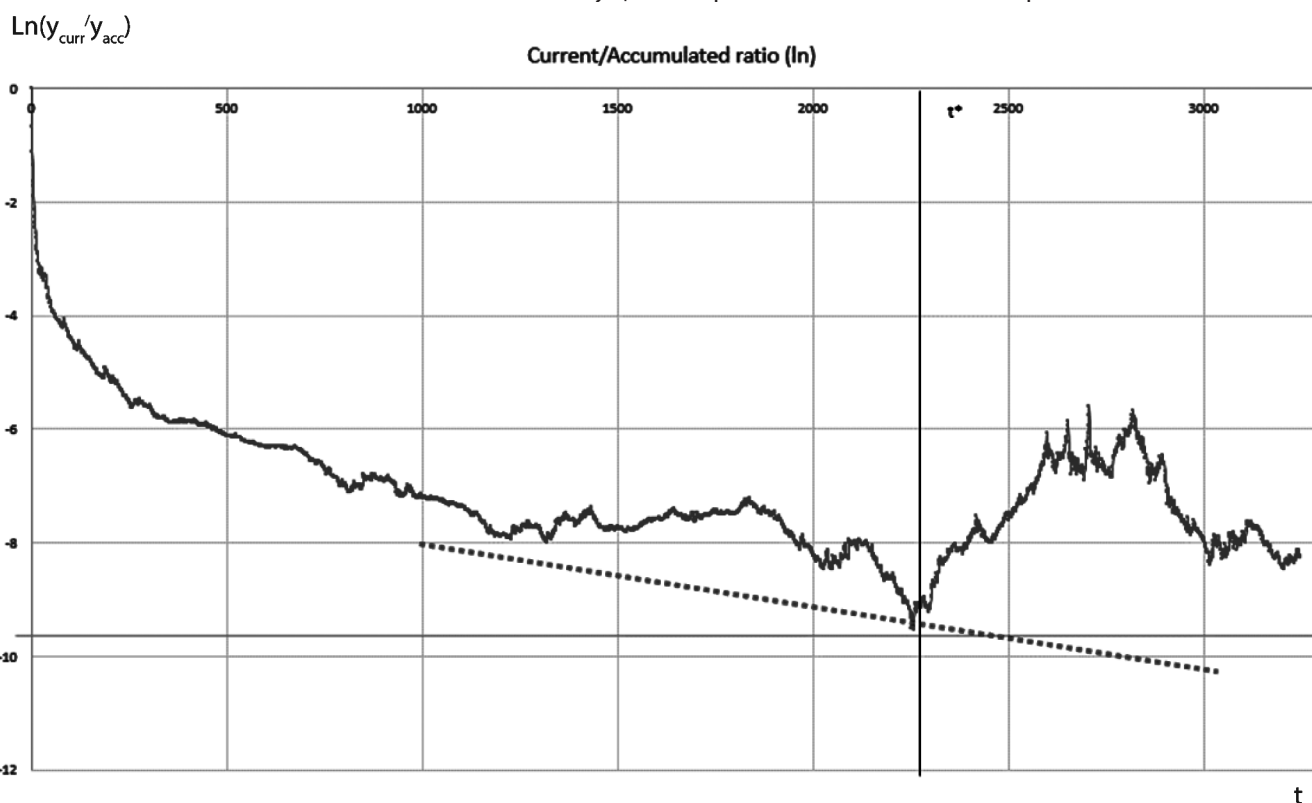


Рис. 14. Зависимость отношения текущих котировок от накопленных от времени t в логарифмическом масштабе

воздействовать всё с большой силой, что приводит к замедлению роста, с последующей его остановкой в будущем. Одна из наиболее распространённых моделей ограниченного роста — это модель Гомперца. Для того, чтобы посмотреть принадлежность какого-либо участка

к одной из этих моделей, нужно построить графики в координатах, соответствующих анаморфозам.

Построим модель Гомперца. Уравнение данной модели имеет следующий вид:

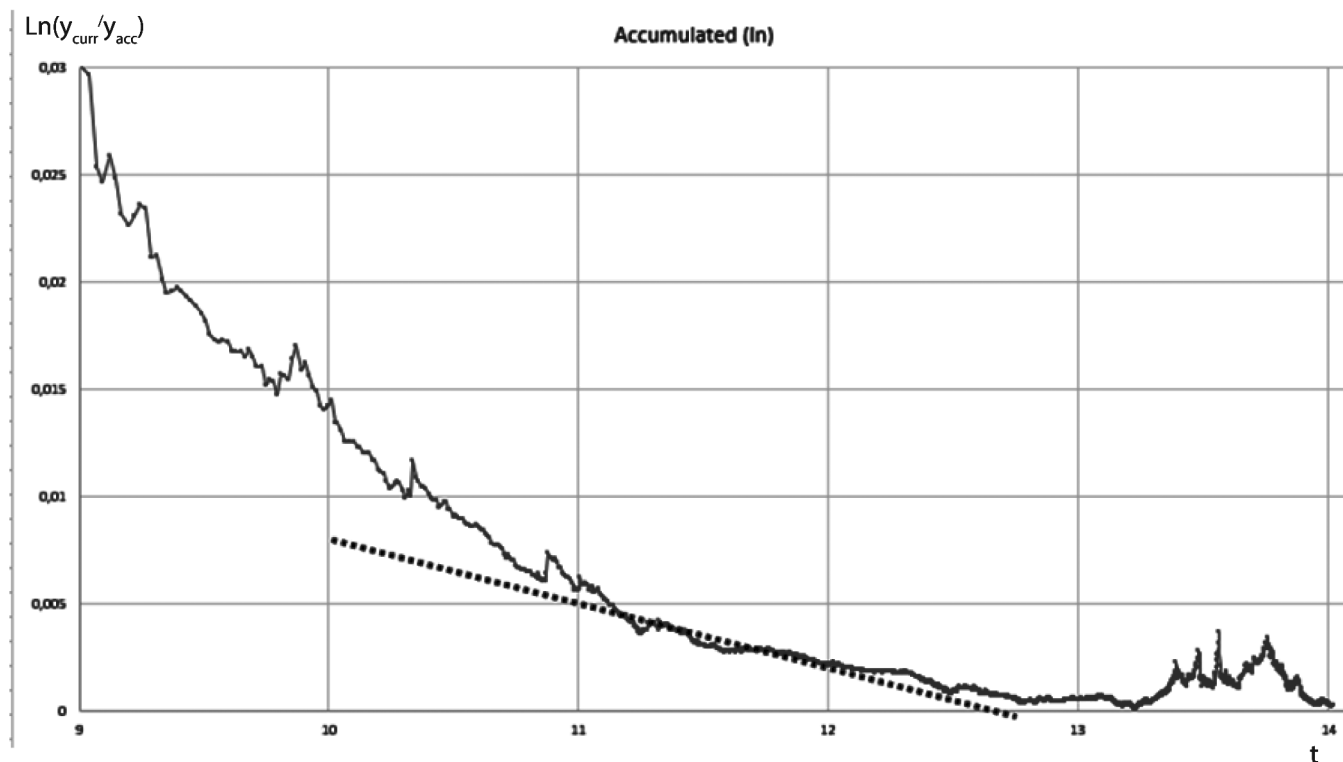


Рис. 15. Зависимость отношения текущих котировок от накопленных от времени t в логарифмическом масштабе

$$\frac{dy}{dt} = A * e^{-k*t} * y$$

При этом анаморфоза имеет вид:

$$\ln\left(\frac{\dot{y}}{y}\right) = \ln(A) - k * t$$

С помощью анализа модели Гомперца, можно выявить точку перегиба. Для этого необходимо найти коэффициент k через уравнение прямой:

$$y = kx + b$$

Находим $k = -0,001446247$; точка перегиба $t^* = 2238$.

Для анализа горизонтального предела, к которому стремится система, необходимо построить логистическую модель. Анаморфоза к логистической модели имеет вид:

$$\frac{\dot{y}}{y} = k * \ln(y^\infty) - k * \ln(y).$$

Найдем коэффициенты k и b через уравнение прямой $y = kx + b$ (рис. 15).

Для дальнейшего анализа ограниченного роста, необходимо обозначить границу роста. Для этого найдем коэффициенты k и b :

$$k = -0,002321025$$

$$b = 0,030213383$$

Из уравнения прямой найдем x , возведем экспоненту в полученную степень и получим соответствующую границу роста.

$$x = 13,01726155$$

$$e^x = 450116,4269$$

Обозначим данную границу роста на графике (рис. 16)

Данный ограниченный рост связан с рассмотренным ранее периодом $T_k = 1000$. Рассмотрим ограниченный рост с периодом $T_k = 500$.

Находим $k = -0,001010529$; точка перегиба $t^* = 677,6215039$.

Для дальнейшего анализа ограниченного роста, необходимо обозначить границу роста. Для этого найдем коэффициенты k и b :

$$k = -0,001130283$$

$$b = 0,015042493$$

Из уравнения прямой найдем x , возведем экспоненту в полученную степень и получим соответствующую границу роста.

$$x = 13,30860758$$

$$e^x = 602358,2121$$

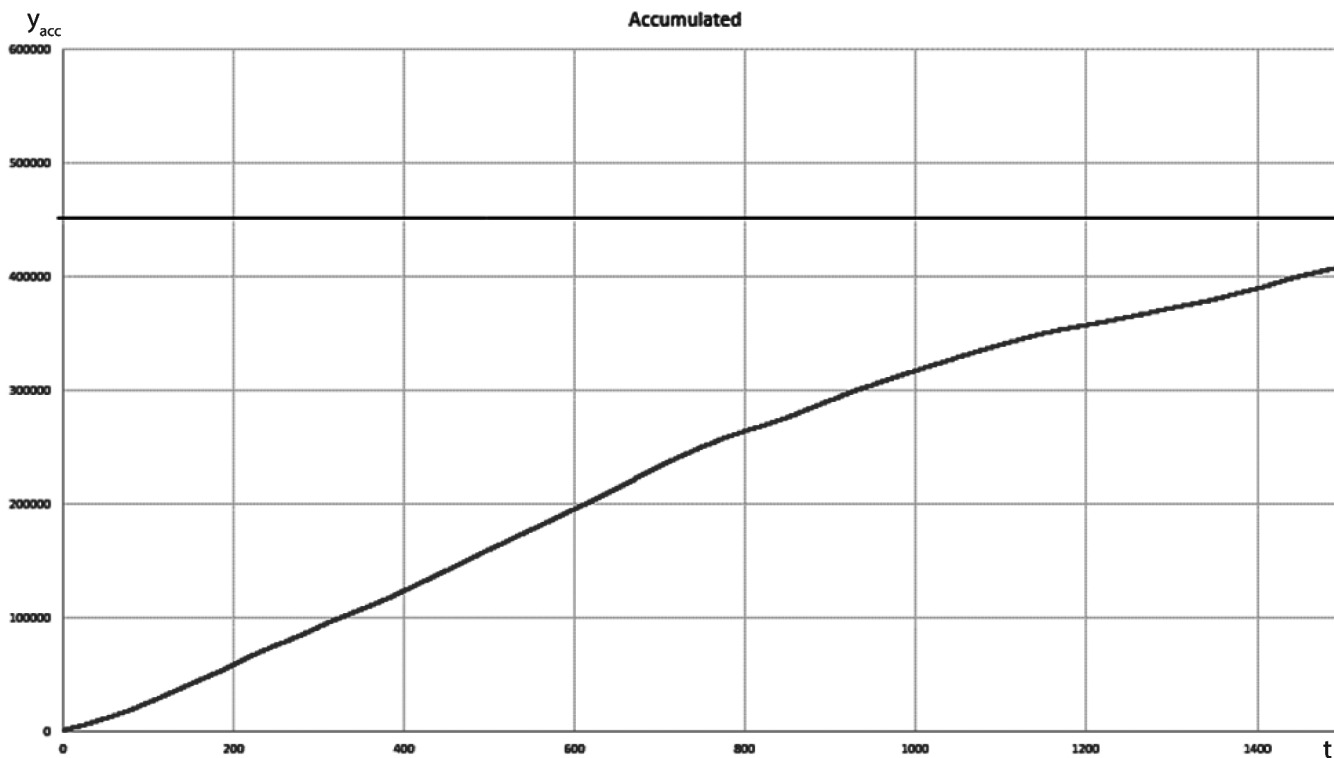


Рис. 16. Ограниченный рост с соответствующим пределом $y = 450116,42$

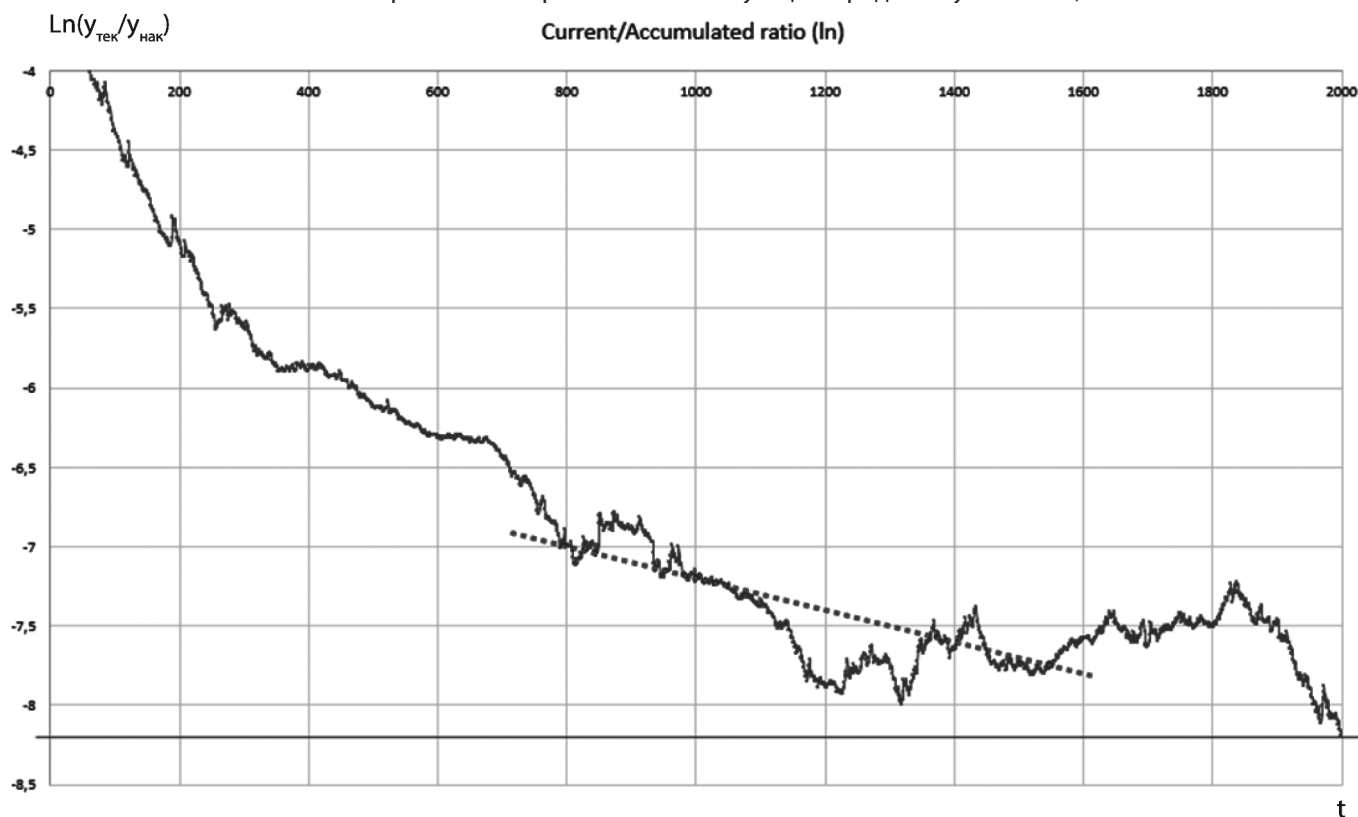


Рис. 17. Зависимость отношения текущих котировок от накопленных от времени t ($T_k = 500$)

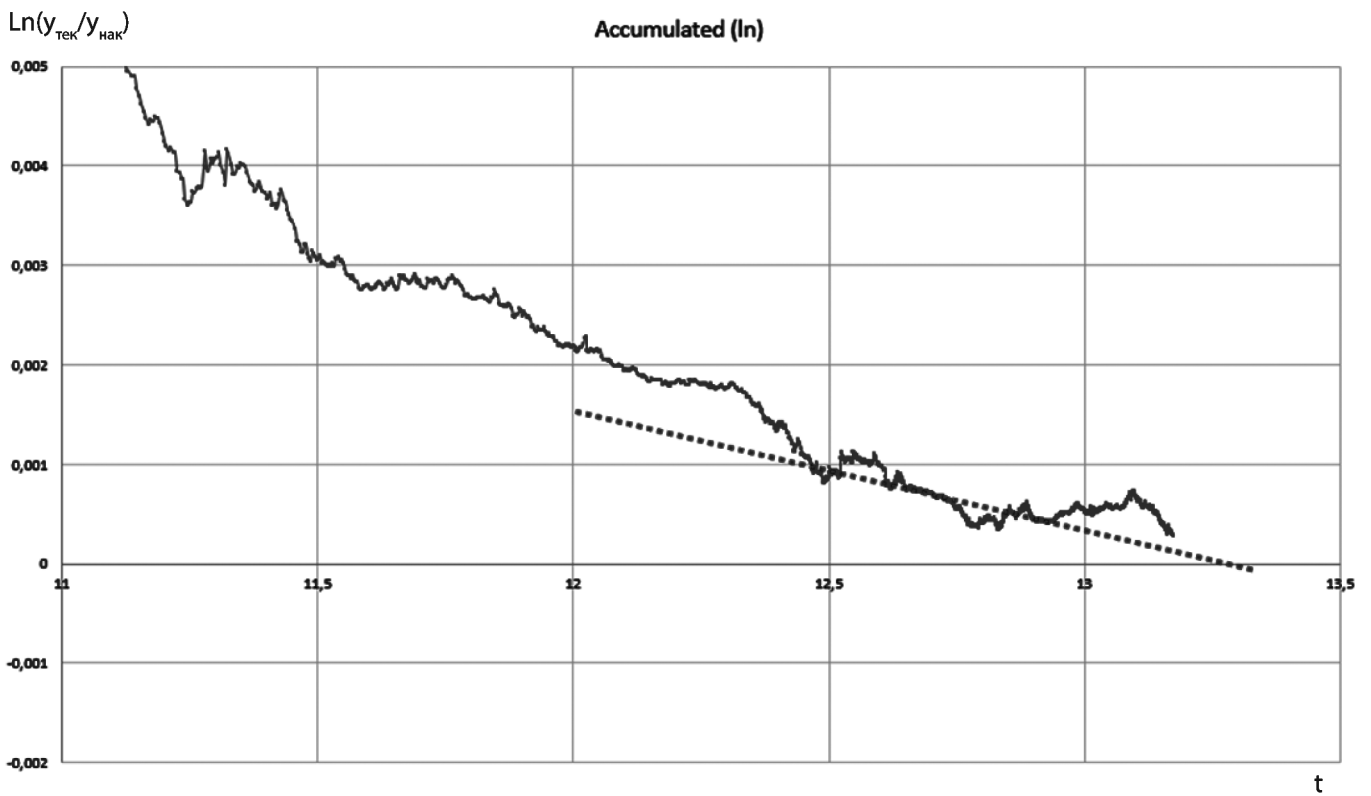


Рис. 18. Зависимость отношения текущих котировок от накопленных от времени t в логарифмическом масштабе ($T_k = 500$)

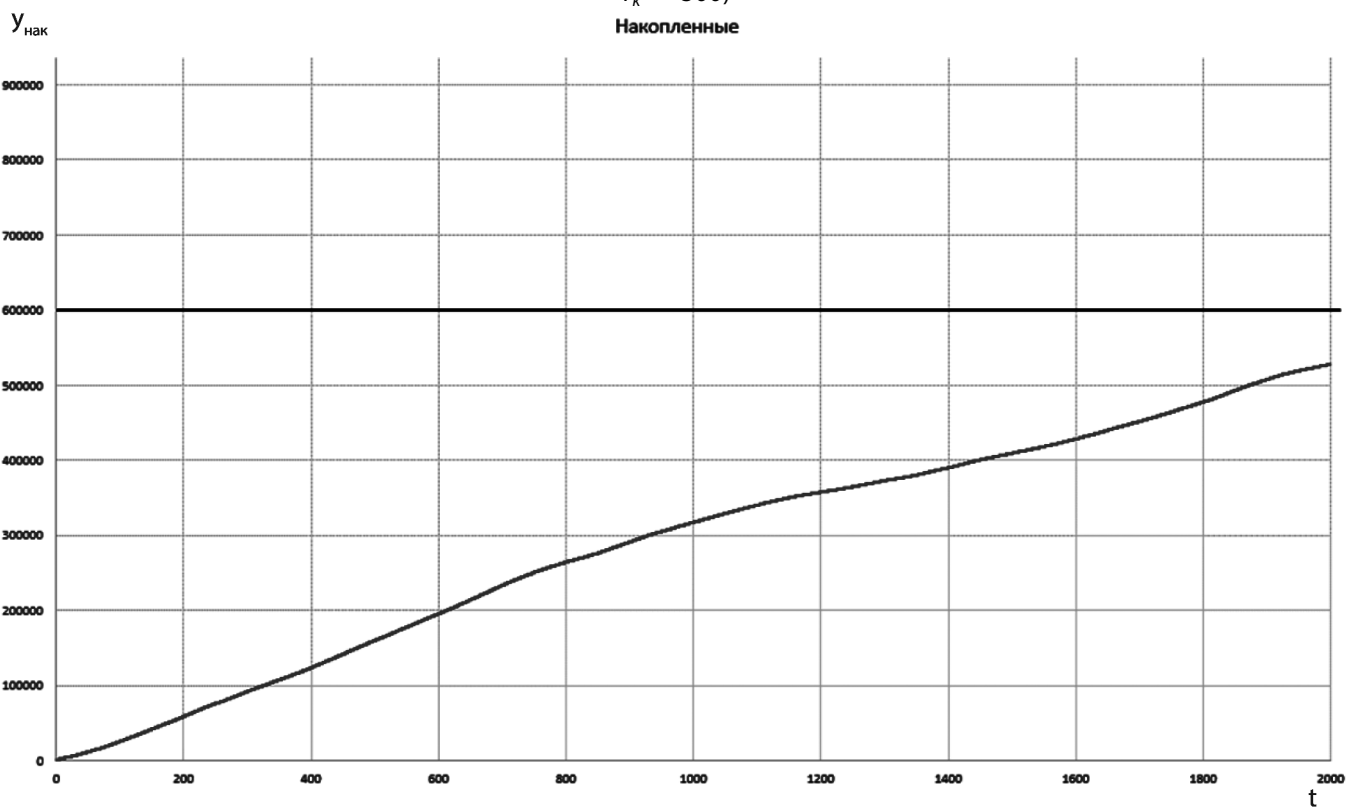


Рис. 19. Ограниченный рост с соответствующим пределом $y = 602358,2$ ($T_k = 500$)

Обозначим данную границу роста на графике (рис. 19).

Данный ограниченный рост связан с рассмотренным ранее периодом $T_k = 500$.

4. Результаты

Исходя из результатов, полученных в рамках описания модели интенсивного и ограниченного роста, можно сказать, что котировки фьючерса находятся в коррекции после взрывного роста в первом квартале 2022 года. Исходя из результатов, можно сказать, что на данный момент цена на данный актив находится между критическими уровнями. Это свидетельствует о том, что при достижении следующего критического уровня цена может снова пойти в стремительный рост. Исходя из проведенного анализа, можно спрогнозировать, что очередной локальный максимум будет достигнут в 2026–2027 гг. в случае отсутствия глобальных геополитических изменений.

В целом голландская биржа газа TTF представляет собой динамичный и инновационный рынок, обеспечивающий высокую ликвидность, прозрачность и геополитическую стабильность. Центральное положение, стандартизированные контракты и интеграция с европейскими рынками делают TTF наиболее перспективной биржей для торговли газом.

В 2020 году TTF была самой активной газовой биржей в Европе с объемом торговли около 17 трлн кубических метров газа. Это составляет около 70 % от всей торговли газом в континентальной Европе. В последние годы TTF стала важным газовым хабом не только для Европы, но и для мирового рынка газа. За последние десятилетия TTF успешно конкурировала с другими газовыми биржами, такими как NBP (National Balancing Point) в Великобритании и Henry Hub в США, при этом значительно превосходя «конкурентов» по темпам роста объемов торгов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dzerjinsky, R.I., Sidorov, S.V., Anosov, T.E. The Problem of Large Local Fluctuations Appearance. // Lecture Notes in Networks and Systems, 2023, 723 LNNS, pp. 573–580.
2. Dzerjinsky, R.I., Krynetsky, B.A., Chernorizova, N.V. The Changes Dynamics Analysis in the Japanese Stock Exchange Nikkei[^]225 Index in the Latest Time. // Lecture Notes in Networks and Systems, 2021, 231 LNNS, pp. 102–126.
3. V. Kuzmin, A. Gadzaov, R. Dzerjinsky. «Methods for data analysis». Moscow, Russia, 2021.
4. M. Kostić, Selected Topics in Almost Periodicity, De Gruyter, Berlin, Germany, 2021.
5. Profinance.ru — сервис для получения данных о котировках акций фонда «ТТФ»: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.profinance.ru>
6. M. Ayachi, J. Blot, and P. Cieutat. Almost periodic solutions of monotone second-order differential equations // Advanced Nonlinear Studies, vol. 11, pp. 541–555, 2011.
7. A. Debbouche and M. M. El-Borai. Weak almost periodic and optimal mild solutions of fractional evolution equations // Electronic Journal of Differential Equations, vol. 46, pp. 1–8, 2009.
8. K.-S. Chiu and M. Pinto, Periodic solutions of differential equations with a general piecewise constant argument and applications // Electronic Journal of Qualitative Theory of Differential Equations, vol. 46, no. 46, pp. 1–19, 2010.

© Аносов Тимур Эдуардович; Дзержинский Роман Игоревич
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ГИБРИДНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ НЕПРЕРЫВНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ¹

HYBRID NEURAL NETWORKS IN CONTINUOUS PRODUCTION CONTROL

**E. Baryshnikova
N. Krylosova**

Summary. The article considers the problem of continuous production control on the example of technological process of sheet glass production. The information about the object is presented in the form of expert evaluations in natural language. To maintain the stability of complex continuous technological processes, a model based on fuzzy neural network is proposed, combining the apparatus of artificial neural networks and fuzzy logic mechanisms. A hybrid algorithm is used to train the network. Since the network training is a continuous process, the proposed model will be adapted to the changing parameters of production, which will allow to use this network on other similar technological lines to maintain the stability of their work.

Keywords: fuzzy neural network, control system, continuous production.

Барышникова Елена Сергеевна

ученый секретарь, старший научный сотрудник,
Институт проблем точной механики и управления
Российской академии наук
baryshnikova@iptmuran.ru

Крылосова Наталия Юрьевна

инженер-исследователь, Институт проблем точной
механики и управления Российской академии наук
nataliya.krylosova@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблема управления непрерывным производством на примере технологического процесса производства листового стекла. Информация об объекте управления представлена в виде экспертных оценок на естественном языке. Для поддержания стабильности сложных непрерывных технологических процессов предлагается модель на основе нечеткой нейронной сети, объединяющая аппарат искусственных нейронных сетей и механизмы нечеткой логики. Для обучения сети используется гибридный алгоритм. Так как обучение сети является непрерывным процессом, то предложенная модель будет адаптироваться под изменяющиеся параметры производства, что позволит использовать данную сеть и на других подобных технологических линиях для поддержания стабильности их работы.

Ключевые слова: нечеткая нейронная сеть, управляющая система, непрерывное производство.

Введение

Непрерывные производства представляют из себя совокупность непрерывных технологических процессов, входящих в состав единого производственного комплекса или человеко-машинной системы. Такие производства характерны для отраслей промышленности, в которых при протекании физико-химических реакций, высокой температуре и/или давлении происходит преобразование исходного сырья в готовую продукцию. Как объект управления непрерывное производство листового стекла относится к классу обобщенных динамических систем, которые представляют совокупность взаимосвязанных объектов и процессов, изменяющихся во времени [1–4]. Для изучения подобного рода сложных объектов применяется системный анализ, основными этапами которого являются [5–7]:

1. Разработка постановки задачи управления для решения проблемы, в рамках которой определяются: объект исследования, цели и критерии для изучения объекта и управления им.

2. Определение структуры и границ изучаемой системы.
3. Разработка математической модели изучаемой системы, в рамках которой определяются элементы системы, элементарные воздействия на систему с помощью параметров и задание области определения каждого параметра.
4. Прогнозирование развития системы и исследование математических моделей.

На современных автоматизированных предприятиях с непрерывным производством одной из важнейших задач является принятие в режиме реального или близкого к реальному времени обоснованных решений по управлению функционированием производства для достижения поставленных целей [8].

В качестве примера непрерывного производства в данной работе выбрано автоматизированное производство высококачественного листового стекла. Технологический процесс производства листового

¹ Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 122030400209-9 Разработка интеллектуальных моделей и методов управления сложными человеко-машинными системами в условиях критических ситуаций)

стекла — это энергоемкое сложное производство с запаздыванием по каналам управления и возмущающих воздействий, которое изменяется в широких пределах: от нескольких минут (для ванны расплава и печи отжига) до нескольких суток (по составу шихты). Поэтому эффективное управление процессом производства невозможно без прогнозирования развития технологических процессов и показателей качества стекла.

Сведения об объекте управления на момент создания системы управления, как правило, неполные, поэтому управляющая система должна обладать механизмом обучения. При этом имеющаяся информация об объекте управления представлена в виде экспертных данных на естественном языке. В связи с этим, возможным решением проблемы является комбинация системы нечеткого вывода с аппаратом искусственных сетей, сочетающая в себе как эффективный аппарат обучения, так и удобный механизм представления знаний и построения рассуждений.

Гибридные модели на основе нечеткого вывода описываются многими авторами. Искусственные нейронные сети применяются в основном для прогнозирования в экономике [9–11], моделирования процессов в промышленности и диагностике неисправностей [12], распознавании дефектов [13].

При этом почти не встречается работ по разработке систем управления непрерывным производством на основе искусственных нейронных сетей с нечетким выводом при возникновении аварийных ситуаций.

Под аварийной ситуацией будем понимать отклонение от нормального режима функционирования объектов управления вследствие неблагоприятных внешних условий, отказа оборудования и техники, ошибок эксплуатации, которое в случае непринятия своевременных управляющих решений может привести к аварии, катастрофе и (или) значительному материальному ущербу.

Знания могут быть представлены с высокой степенью детализации рассмотрения процесса управления, характеризующейся точностью описания конкретных аварийных ситуаций и принятия решения; для хранения подобных знаний создается база знаний прецедентов. Вывод, основанный на прецедентах, позволяет использовать специфические знания об аварийных ситуациях из предыдущего опыта. Решение в новой аварийной ситуации принимается путем нахождения подобного прецедента в прошлом, и это решение многократно используется в последующих аварийных ситуациях [14].

В [15] для прогнозирования и диагностики аварийных ситуаций предлагается использовать бинарные временные ряды. В [16] для идентификации возникшей

ситуации, выбора управления по ликвидации и предотвращения аварий используется метод имитационного моделирования.

Согласно [17] возникновение и развитие крупных аварий, как правило, характеризуется комбинацией случайных локальных событий, возникающих с различной частотой на разных стадиях аварии (отказы оборудования, человеческие ошибки, внешние воздействия, разрушение, выброс, пролив вещества, рассеяние веществ, воспламенение, взрыв, интоксикация и т.д.). Для выявления причинно-следственных связей между этими событиями используют логико-графические методы анализа «деревьев отказов и событий». При анализе деревьев отказов (АДО, Fault Tree Analysis — FTA) определяются комбинации отказов оборудования, ошибок персонала и внешних (техногенных, природных) воздействий, приводящих к основному событию (аварийной ситуации). Метод используется для анализа возможных причин возникновения аварийной ситуации.

Методы деревьев отказов и событий — трудоемки и применяются, как правило, для анализа проектов или модернизации сложных технических систем и производств. Последний метод — это метод количественного анализа. Он характеризуется расчетом показателей риска и может включать один или несколько вышеупомянутых методов (или использовать их результаты). Проведение количественного анализа требует большого объема информации по аварийности, надежности оборудования, учета особенностей окружающей местности, метеоусловий и других факторов. Недостатками количественного анализа риска являются невысокая точность результатов, вследствие чего использование количественных показателей (в частности, вероятности возникновения аварии) в качестве критериев безопасности для сложных производств, как правило, не оправдано.

1. Постановка и подход к решению задачи

Необходимо разработать систему управления непрерывным производством на основе комбинации системы нечеткого вывода и аппарата искусственных нейронных сетей.

Решение задачи. Рассмотрим решение поставленной задачи на примере технологического процесса производства листового стекла. Это сложный энергоемкий процесс с большим количеством нечетких качественных параметров.

Нами была собрана информация о ситуациях, которые могут привести к остановке производства. Данные представлены в нечетком виде на естественном языке.

Затем мы рассмотрели различные модели представления такой информации и соответствующие алгоритмы принятия решений.

Вся собранная информация была систематизирована с использованием аппарата таблиц решений. Но модель на основе таблиц принятия решений оказалась недостаточно адаптируемой. При возникновении новых ситуаций с кардинально иными признаками необходимо полностью пересматривать структуру таблицы. Модель на основе таблиц решений оказалась хорошим аппаратом для систематизации и формализации накопленного экспертного опыта.

Для решения задачи допустимо использование аппарата ситуационного управления. Однако процесс принятия решений при этом является долгой процедурой. Для непрерывного производства время принятия решения — очень важная характеристика.

В результате была выбрана модель нечеткой нейронной сети, которая объединяет методы нечеткой логики и аппарат искусственных нейронных сетей. В статье предложена структура и состав такой сети на основе модели нечеткой системы Такаги–Сугено–Канга.

Сеть состоит из входного, скрытого и выходного слоев. Входными переменными являются данные различных датчиков: температуры, давления защитной атмосферы, расположения лужи стекла, положения растягивающего устройства и пр. Во входном слое они нормализуются.

Скрытый слой представляет собой подсистему на основе нейронных сетей. На этом слое нормализованные данные с датчиков используются для вычисления функций принадлежности лингвистических переменных. Для простоты представления и вычисления, не в ущерб требуемой точности, мы выбрали трапециевидные функции принадлежности для всех лингвистических переменных (рис. 1).

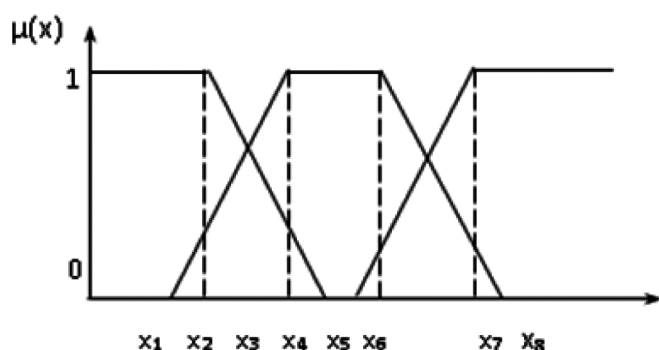


Рис. 1. Вид функций принадлежности входных лингвистических переменных

Полученные лингвистические переменные используются для определения класса возникшей ситуации и разработки необходимого управляющего воздействия.

2. Пример решения задачи

В первую группу лингвистических переменных мы отнесли данные о ленте стекла, которые раскрывают понятия управляемости, положения ленты стекла и др.

Вторая группа лингвистических переменных связана со свойствами выпускаемого стекла — толщина стекла, прозрачность и др., а также наличие дефектов, например, переменная «толщина» и ее возможные значения: «уменьшение», «увеличение» и «неравномерная».

В третью группу мы включили данные от исполнительных устройств — растягивающих устройств, шиберов, лера, холодильников и нагревателей.

К четвертой группе мы отнесли сведения от обеспечивающих служб — давление защитной атмосферы, расход воды и ее температура, расход электроэнергии и температура в ванне расплава.

На вход ИНС поступает цифровая информация от датчиков x_i , где $i=1, \dots, n$, n — количество входных сигналов. С помощью аппарата лингвистических переменных осуществляется переход к описанию текущей ситуации в виде значений функций принадлежности нечетких переменных. Функции принадлежности $\mu_j(x_i)$, где $j=1, \dots, m$, задаются экспертами на этапе разработки ИНС.

Полученные значения функций принадлежности поступают на следующий слой сети, где определяется наличие или отсутствие того или иного признака аварийной ситуации. Агрегирование лингвистических переменных проводится с использованием операций нечеткой логики (конъюнкции или дизъюнкции) и вычисляется как минимальное для конъюнкции и максимальное для дизъюнкции значения функций принадлежности

$$z_l = \{\mu_1(x_1) \wedge \mu_2(x_2)\} \vee \{\mu_3(x_3) \wedge \mu_4(x_4)\} \vee \dots \vee \{\mu_{n-1}(x_{n-1}) \wedge \mu_n(x_n)\}, \quad (1)$$

где $l=1, \dots, k$, k — общее количество признаков аварийных ситуаций.

При этом количество участвующих в агрегировании переменных, как правило, различно. Например, признак «Болтание лужи» описывается группой переменных: «положение лужи в текущий момент», «положение лужи в момент времени $t-1$ », «положение лужи в момент времени $t-2$ ».

Полученные значения степени истинности признаков ситуаций агрегируются в третьем слое ИНС. При этом агрегирование реализуется с помощью формулы

$$y_i(x) = \frac{\sum_{j=1}^J w_j z_j}{\sum_{j=1}^J w_j} \quad (2)$$

где y_i — степень истинности i -й аварийной ситуации, а w_j — вес значимости j -го признака ситуации, $i=1, \dots, I$, $j=1, \dots, J$.

Выход ИНС образует вектор истинности аварийных ситуаций, по которому определяется наличие или отсутствие конкретной аварии на объекте.

Таким образом, нами получена модель, на вход которой подаются данные с датчиков, а на выходе получаем решение о необходимости реализации того или иного управляющего воздействия и информацию о том, может ли текущая ситуация привести к остановке производства.

Обучение гибридной сети проводится одновременно с ее созданием.

Этап 1. Выбираем первую ситуацию. Для этой ситуации формируем набор входных переменных и создаем первый слой сети.

Формируем функции принадлежности для лингвистических переменных, описывающих данную ситуацию. В вычислении функции принадлежности могут участвовать данные с нескольких датчиков.

Создаем нейроны, определяющие наличие признаков выбранной ситуации.

Устанавливаем веса значимости для полученных признаков равными 1.

Этап 2. Выбираем следующую ситуацию и формируем набор входных переменных для нее. Добавляем необходимые входные данные в первый слой сети.

Формируем функции принадлежности для лингвистических переменных, описывающих эту ситуацию с учетом уже имеющихся в сети.

Создаем нейроны, определяющие наличие признаков выбранной ситуации.

Корректируем веса значимости для признаков ситуации.

Этап 3. Подаем в вход нейронной сети информацию о предыдущей ситуации и обратным проходом корректируем веса и коэффициенты функций принадлежности с помощью метода градиентного спуска.

В данном методе минимизируется среднеквадратичная ошибка по формуле

$$E_p = 0,5 \sum_{k=1}^{NK} (y_k - d_k)^2$$

для каждой выборки (d_k и y_k — соответственно желаемое и расчетное значения на выходе сети).

Этап 4. Возвращаемся к этапу 2.

Этап 5. Повторяем этап 3 для всех уже имеющихся ситуаций.

Алгоритм обучения представлен на рис. 2.

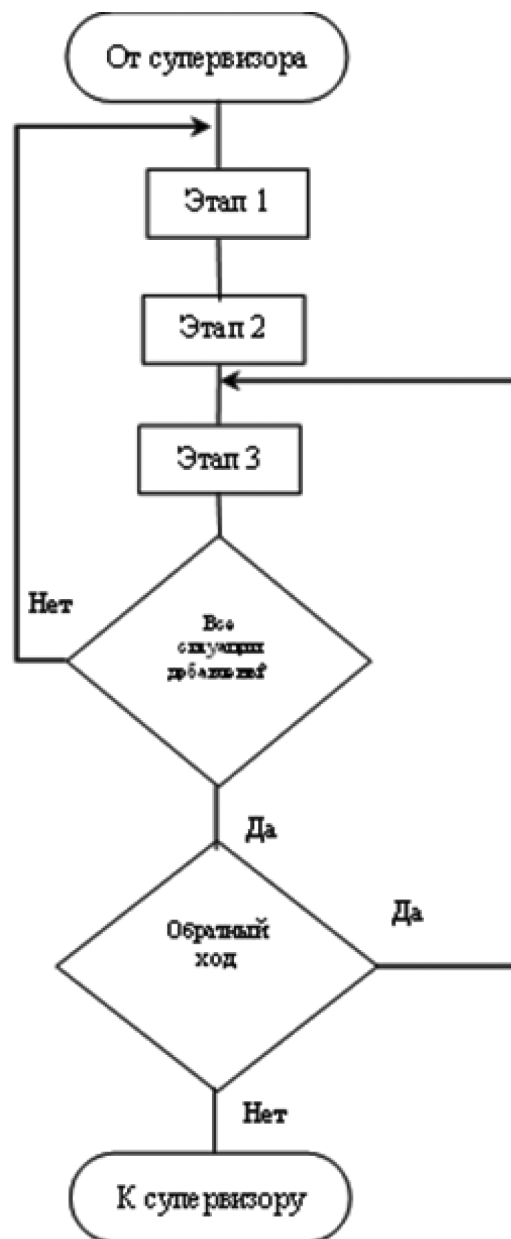


Рис. 2. Алгоритм обучения ИНС

Заключение

В статье предлагается алгоритм создания и обучения искусственной нейронной сети на основе системы нечеткого вывода для управления непрерывным производством.

Для обучения нечеткой сети используется гибридный алгоритм. При этом уточнение параметров осуществляется в два этапа. На первом этапе фиксируются параметры первого слоя и рассчитываются линейные параметры полиномов третьего слоя TSK. На втором этапе фиксируются линейные параметры полиномов третьего слоя и уточняются нелинейные параметры первого слоя.

В настоящее время осуществляется тестирование предложенной сети на данных с ОАО «Саратовстрой-

стекло». Результаты тестирования показывают целесообразность использования полученных результатов в системе управления производством.

Так как обучение искусственной нейронной сети с нечетким выводом — непрерывный процесс, то предложенная модель будет адаптироваться под изменяющиеся параметры производства. Это позволит использовать данную сеть не только на рассмотренной технологической линии, но и на других, подобных ей.

Внедрение данной системы позволит уменьшить количество аварий, улучшить стабильность производственного процесса, а также осуществлять сбор информации о текущем состоянии объекта управления и обучение системы. Предлагаемая система существенно расширяет функциональные возможности действующих систем управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Meshalkin V.P. et al. State of the art and research development prospects of energy and resource-efficient environmentally safe chemical process systems engineering // *Mendelev communications*. — 2021. — V. 31. — №5. — pp. 593–604.
2. Makarov R.I. et al. Information Analysis of the Sheet-Glass Utilization Factor in Production // *Glass Ceram.* — 2020. — V. 77. — pp. 295–297.
3. Makarov, R.I. et al. Salient Aspects of the Implementation of Digital Economics in Glass Plants in Russia // *Glass Ceram.* — 2019. — V.75. — pp. 438–440.
4. Петров Д.Ю. Архитектура информационной системы управления жизненным циклом цифрового двойника для непрерывного производства // *Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета)*. — 2021. — № 57. — С. 98–104.
5. Глушков В.М. Введение в АСУ. Изд. 2-е. К.:Техника. — 1974. — 320 с.
6. Вешнева И.В. и др. Проектирование интеллектуальной информационной системы для анализа и прогнозирования динамики рисков конкурентоспособности регионов РФ // *Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета)*. — 2021. — № 56. — С. 81–88.
7. Polyakova M. et al. Application of system analysis for technological processes investigation // *Key Engineering Materials*. — 2020. — V.834. — pp. 24–31.
8. Lim, K.Y.H. et al. A state-of-the-art survey of Digital Twin: Techniques, engineering product lifecycle management and business innovation perspectives. // *J. Intell. Manuf.* — 2020. — V.31. — pp.1313–1337.
9. Vince Vella, Wing Lon Ng (2016) Improving risk-adjusted performance in high frequency trading using interval type-2 fuzzy logic. *Expert Systems with Applications*, volume 55, pages 70–86.
10. Youngmin Kim, Wonbin Ahn, Kyong Joo Oh, David Enke (2017) An intelligent hybrid trading system for discovering trading rules for the futures market using rough sets and genetic algorithms. *Applied Soft Computing*. Volume 55, Pages 127–140.
11. Dehghani, M.; Riahi-Madvar, H.; Hooshyaripor, F.; Mosavi, A.; Shamshirband, S.; Zavadskas, E.K.; Chau, K.-w. (2019) Prediction of Hydropower Generation Using Grey Wolf Optimization Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System. *Energies*. 12, 289.
12. Efimov I.V., Petrov D.Yu., Ivashchenko V.A., Meshalkin V.P. (2014) Avtomatizirovannaya nejronno-evristicheskaya procedura raspoznavaniya tochechnyh defektov v listovom stekle [Automated neuron-heuristic procedure for recognizing point defects in float glass] *Himicheskaya tekhnologiya* volume 8, pages 500–504.

© Барышникова Елена Сергеевна (baryshnikova@iptmuran.ru); Крылосова Наталия Юрьевна (nataliya.krylosova@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ ПОДБОРА ПЕРСОНАЛА СРЕДИ ВЫПУСКНИКОВ ВУЗА

FORMATION OF REQUIREMENTS FOR AN AUTOMATED RECRUITMENT SYSTEM AMONG UNIVERSITY GRADUATES

**B. Bondarenko
K. Kulyukin
G. Yakimov**

Summary. The recruitment process presents difficulties for both employers and applicants, in particular, university graduates. Only 9 % of graduates consider the job placement process to be easy. In this paper, an approach is proposed to automate the employer's search for suitable employees from among graduates and, conversely, the graduate's search for suitable vacancies. The existing approaches to automating the interaction between employers and graduates, as well as approaches to formalizing professional skills acquired by graduates during their studies at the university, were considered. At the moment, many universities use distance learning systems, which are used mainly as a platform for uploading student papers. To formalize the skills acquired by the student, an approach is used — building a graph plan of the educational system for further dividing it into modules and finding the shortest way for the student to master the necessary competencies. In this paper, the requirements for a system that will collect data on student academic achievements from the LMS for future evaluation by the employer are formed.

Keywords: recruitment, personnel selection, automation of educational processes, distance learning system, optimization of the educational program, educational program model, labor market, graduate employment, interaction of the university with the labor market, recommendation system.

Бондаренко Богдан Павлович
Волгоградский Государственный
Технический Университет
bogdanbondarenko19@yandex.ru

Кулюкин Кирилл Сергеевич
Аспирант, Волгоградский Государственный
Технический Университет
kirill.kuliuckin2016@yandex.ru

Якимов Григорий Алексеевич
Волгоградский Государственный
Технический Университет
greg.yakimov@gmail.com

Аннотация. Процесс подбора персонала представляет трудности, как для работодателей, так и для соискателей, в частности, выпускников вузов. Только 9 % выпускников считают процесс трудоустройства легким. В данной работе предложен подход автоматизации поиска работодателем подходящих сотрудников из числа выпускников и, наоборот, поиска подходящих вакансий выпускником. Были рассмотрены существующие подходы к автоматизации взаимодействия работодателей и выпускников, а также, подходы к формализации профессиональных навыков, полученных выпускником в процессе обучения в вузе. Нами предложена разработка системы подбора персонала, которая позволит собирать сведения о приобретенных студентом навыках для их дальнейшего получения работодателем. В данной работе сформулированы требования к системе, которая будет использовать план-граф образовательной программы для оценки схожести модели выпускника вуза с моделью требований работодателя.

Ключевые слова: рекрутмент, подбор персонала, автоматизация образовательных процессов, система дистанционного обучения, оптимизация образовательной программы, модель образовательной программы, рынок труда, трудоустройство выпускников, взаимодействие вуза с рынком труда, рекомендательная система.

Введение

Выпускники вузов часто испытывают трудности при трудоустройстве [1]: работодатели часто отказывают выпускникам вузов, не имеющим опыта работы. Согласно опросу всероссийского центра изучения общественного мнения (ВЦИОМ), проведенному 24 января 2024 года [2], только 9 % выпускников считают процесс трудоустройства легким и 32 % выпускников считают, что найти работу можно, приложив лишь небольшие усилия.

С другой стороны, сами работодатели также испытывают трудности при поиске сотрудников [3]. Работодателям приходится затрачивать немало временных и фи-

нансовых ресурсов на поиск подходящих сотрудников. Причиной данному явлению может служить отсутствие взаимодействия между вузами и работодателями [1,3].

В это же время, данные о соискателях, собираемые работодателями во время собеседований, могут быть получены из вуза, в котором обучался соискатель. Для решения данной проблемы необходимо разработать систему, которая будет хранить данные выпускников и автоматически подбирать выпускников, наиболее соответствующих требованиям работодателя, а выпускникам — подбирать вакансии, наиболее соответствующие особенностям их уровня подготовки и профессиональным интересам. В данной работе мы сфокусировались на процессе подбора персонала и формализации зна-

ний, навыков и умений, приобретенных студентом в вузе.

Анализ процесса подбора персонала

Существует два вида подбора персонала: внутренний и внешний [4]. Внутренний процесс подбора персонала представляет собой перемещение сотрудника в пределах своей организации: например, повышение в должности или перевод в другой отдел. Внешний процесс подбора персонала представляет собой поиск сотрудников из внешних источников. Этапы процесса внешнего подбора персонала [4,5] и затраты работодателя, необходимые для осуществления каждого этапа, приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Этапы процесса внешнего подбора персонала

№ п/п	Этап	Результат этапа	Затраты времени и ресурсов на данном этапе
1	Анализ требований к сотруднику	Требования к профессиональным навыкам и личностным особенностям кандидатов	Временные затраты на анализ функций, которые должен выполнять будущий сотрудник
2	Кампания по набору персонала	Кандидаты, т.е. люди, которые узнали об этой кампании и откликнулись на эту вакансию	Временные затраты на отклик кандидатов и финансовые затраты на рекламную кампанию
3	Отбор кандидатов	Кандидаты, допущенные к работе	Временные затраты на оценку каждого кандидата и отсеивание неподходящих

Для этапа № 2 работодателями используется реклама в СМИ, в частности, в Интернете [6]. Реклама необходима для того, чтобы сообщить о вакансии огромному количеству людей, но при этом она требует значительных финансовых затрат. К тому же, большинство людей, узнавших об этой вакансии, не обладают нужными профессиональными навыками и не заинтересованы в данной работе.

Для этапа № 3 проводится интервьюирование кандидатов [4,5]. Для этого работодателям необходимо затрачивать время на проведение интервью, а кандидатам — на его прохождение. Значительная часть времени кандидатов отсеивается на данном этапе, в результате чего, работодатели тратят время на оценивание неподходящих кандидатов, а соискатели — на прохождения собеседований на те вакансии, которым они не соответствуют.

Существующие решения

Сведения, собираемые работодателями на этапах №2 и №3 могут быть частично собраны в вузе с помощью

систем дистанционного обучения [7] (далее, СДО). СДО применяются для взаимодействия студентов и преподавателей. Студенты с помощью СДО проходят контрольное тестирование по изучаемым дисциплинам и загружают ответы к практическим заданиям для их проверки преподавателем. В вузах СДО, как правило, используются только для хранения ответов студентов без их дальнейшего анализа.

В работе [8] предложен подход к построению план-графа образовательной программы для поиска минимальных путей для достижения определенных результатов образования, что позволяет разработать набор образовательных модулей, который позволит в кратчайшие сроки подготовить специалиста с нужным набором профессиональных навыков.

В работе [9] предложен подход к семантическому анализу требований работодателей для автоматизированного сравнения их с учебным планом вуза по определенному направлению. Данный подход предназначен для помощи абитуриентам в выборе направления подготовки в вузе и прогнозирования своей конкурентоспособности.

В кандидатской диссертации Болдыревой Е.А. [10] предложен подход к сопоставлению заданий лабораторного практикума потребностям работодателей. Было проанализировано более 100 тыс. требований работодателей из 11 тыс. описаний вакансий с сайта hh.ru. Затем требования работодателей с помощью методов обработки естественного языка были сопоставлены с заданиями из лабораторного практикума [10,11], и рекомендательная система, разработанная в рамках диссертации, предложила рекомендации по изменению заданий лабораторного практикума с учетом актуальных потребностей работодателей.

Требования к системе подбора персонала

Процесс подбора персонала сводится к оценке схожести модели соискателя [4,5] (выпускника вуза) с моделью требований работодателя. Сбор сведений о выпускниках можно осуществить, используя системы дистанционного обучения, уже применяемые в вузах. В таблице 2 приведен пример оценки схожестей данных моделей.

Для возможности оценки соответствия знаний, умений и навыков (ЗУН) необходимо для каждого задания в системах дистанционного обучения внести сведения о вырабатываемых при его выполнении ЗУН. Для того, чтобы автоматизировать оценку схожести ЗУН выпускника с ЗУН, требуемыми работодателями, необходимо поострить план-граф [8,10] взаимосвязи ЗУН. Пример план-графа приведен на рисунке 1. Также необходимо

Таблица 2.

Пример оценки схожести модели соискателя с моделью требований работодателя (условные обозначения: С — значение критерия у соискателя, Р — значения критерия в требованиях работодателя)

№	Критерий	Значения		Оценка схожести
1	Диплом об образовании	С	Магистр, 09.03.04 «Программная инженерия»	Диплом соискателя удовлетворяет требованиям работодателя
		Р	Бакалавр, 09.03.04 «Программная инженерия»	
2	Знания, навыки и умения	С	«Разработка серверных приложений Java Spring Boot», «Анализ данных с помощью Python»	Соискатель не владеет Python Django. Но опыт разработки серверных приложений на других языках и владение языком Python позволят обучиться разработке на Python Django
		Р	«Разработка серверных приложений Python Django»	
3	Личностные качества	С	«Опыт организации студенческих мероприятий»	Данный опыт может положительно описать требуемые качества
		Р	«Коммуникабельность», «Инициативность»	
4	Состояние здоровья	Не рассматривается в данной работе. Требуется дополнительные исследования.		

выбрать шкалу для измерения схожести критериев соискателя с критериями требований работодателя.

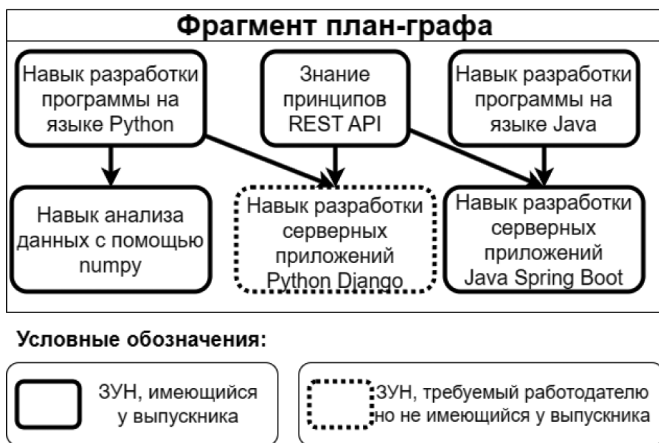


Рис. 1. Пример фрагмента план-графа

Требования к разрабатываемой системе:

- Требования к интерфейсу работодателя:
 - Добавление вакансии;
 - Добавление и редактирования сведений об образовании, необходимых ЗУН и личностных качеств, требуемых для вакансии;
 - Поиск выпускников, соответствующих требованиям вакансии;
 - Получение детальной информации о соответствии выпускника заданной вакансии и необходимости его дополнительного обучения;
 - Связь с выпускником.
- Требования к интерфейсу студента (выпускника):
 - Просмотр вакансий, которым он соответствует;
 - Связь с работодателем;
 - Просмотр имеющихся у него ЗУН на план-графе образовательной программы;
 - Просмотр ЗУН, которые ему необходимо дополнительно освоить для того, чтобы соответствовать требованиям работодателя.

3. Требования к интерфейсу преподавателя:

- Построение план-графа образовательной программы;
 - Добавление ЗУН;
 - Добавление связей между ЗУН;
 - Редактирование и удаление ЗУН и связей между ними;
- Выбор ЗУН, соответствующих заданию;
- Редактирование ЗУН, соответствующих заданию для отдельно взятого студента, в зависимости от особенностей решения конкретного студента;
- Оценка каждого ЗУН по отдельности при оценке выполнения задания студентом;
- Добавление сведений об участии студента в дополнительной активности, такой как участие в олимпиадах и хакатонах, художественная самодетельность, волонтерские движения и т.д.

Заключение

В данной работе сформулированы требования к системе автоматизированного подбора персонала среди выпускников вуза. Система будет полезна, как работодателям для поиска подходящего сотрудника, так и выпускникам вуза для поиска подходящей вакансии. Для автоматизации данных процессов необходимо представить требования работодателей и данные выпускников в виде графа знаний, навыков и умений.

В дальнейшем планируется выполнение следующих задач: а) выбор шкалы оценки схожести модели выпускника вуза с моделью требований работодателя; б) планирование архитектуры системы; в) разработка системы; г) внедрение данной системы в учебный процесс; д) оценка данной системы выпускниками, преподавателями и работодателями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Носов А.Л. Проблемы и перспективы трудоустройства выпускников в условиях уровневой подготовки кадров // Концепт. — 2014. — №12.
2. Учеба в вузе и перспективы трудоустройства: мониторинг // ВЦИОМ URL: wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/ucheba-v-vuze-i-perspektivy-trudoustroistva-monitoring (дата обращения: 10.04.2024).
3. Кузяшев А.Н, Утяшев А.Т. методы подбора персонала в организации: проблемы и пути их решения // Экономика и бизнес: теория и практика. — 2019. — №57.
4. Hessa, A.A., 2011. An evaluation of recruitment and selection processes in three organizations in the UAE, PhD thesis, BUiD, Dubai
5. Muhammed, Yashar. (2018). The Significance of Recruitment and Selection on Organizational Performance: The Case of Private owned Organizations in Erbil, North of Iraq. International Journal of Contemporary Research and Review.
6. Назаров Д.Н., Чабанова А.С. Подбор персонала при помощи социальных сетей // Гуманитарный научный журнал. — 2018. — №1.
7. Назаров А.И. Совершенствование электронного документооборота кафедры биомедицинского профиля на базе LMS Moodle// Инженерный вестник Дона, 2012, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1223.
8. Васильев В.Н., Лисицына Л.С., Шехонин А.А. концептуальная модель для извлечения результатов обучения из избыточного содержания образования // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. — 2010. — №4.
9. Диков М.Е., Широкова С.Н. О варианте формализации задачи определения востребованности направлений подготовки и возможных сфер трудоустройства выпускников на основе семантического анализа описаний вакансий // Инженерный вестник Дона. — 2022. — №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2022/7631
10. Болдырева Е.А. Управление образовательными траекториями в вузе на основе интеллектуального анализа потребностей рынка труда: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10. — СПб., 2020.
11. Elena Boldyreva, & Vadim Kholoshnia (2019). Ontological Approach to Modeling the Current Labor Market Needs for Automated Workshop Control in Higher Education. In Majorov International Conference on Software Engineering and Computer Systems.

© Бондаренко Богдан Павлович (bogdanbondarenko19@yandex.ru); Кулюкин Кирилл Сергеевич (kirill.kuliuckin2016@yandex.ru);
Якимов Григорий Алексеевич (greg.yakimov@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В КОНТЕКСТЕ СОВРЕМЕННЫХ ВЫЗОВОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Бондарь Денис Евгеньевич

Ведущий инженер DevOps,

Публичное акционерное общество «МТС-Банк»

exrabee@gmail.com

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE CONTEXT OF MODERN INFORMATION SECURITY CHALLENGES

D. Bondar

Summary. The widespread development and integration of information technologies is a key trend in 2024. Through these solutions, activities in various household and professional spheres of life of a modern person are optimized and automated. However, along with the advantages, the integration of information technologies carries a number of threats and challenges related to information security. At the same time, classical methods of protection lose their effectiveness in front of continuously developing technologies of intruders. Based on this, there is a need to create innovative technological solutions that can effectively prevent illegal actions. The presented article is devoted to a comprehensive analysis of the issue related to the use of intelligent technologies in information security issues. Because of the article, work been done to systematize the most relevant issues of using smart technologies in the context of information security problems. The materials may be of value to modern representatives in the field of information security, revealing and identifying the most significant areas of development on the issue of information security.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, information security, data protection, information.

Аннотация. Повсеместное развитие и интеграция информационных технологий является ключевым трендом в 2024 году. Посредством данных решений оптимизируется и автоматизируется деятельность в различных бытовых и профессиональных сферах жизнедеятельности современного человека. Однако вместе с преимуществами интеграция информационных технологий несет ряд угроз и вызовов, связанных с информационной безопасностью. При этом классические методы защиты теряют свою эффективность перед непрерывно развивающимися технологиями злоумышленников. Исходя из этого, складывается необходимость создания инновационных технологических решений, способных эффективно препятствовать неправомерным действиям. Представленная статья посвящена комплексному анализу вопроса, связанного с использованием интеллектуальных технологий в вопросах защиты информации. В результате статьи выполнена работа по систематизации наиболее актуальных вопросов использования умных технологий в контексте проблем информационной безопасности. Материалы могут иметь ценность для современных представителей в сфере информационной безопасности, раскрывая и обозначая наиболее значимые направления развития по вопросу обеспечения информационной безопасности.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, информационная безопасность, защита данных, информация.

Введение

В современном мире значительная роль и актуальность принадлежит использованию различных информационных систем (далее — ИС), информационных технологий (далее — ИТ), а также иных цифровых и автоматизированных решений [1]. Именно посредством данных технологических инноваций решаются одни из самых сложных и требующих особого внимания задачи. Основным преимуществом их использования является возможность значительного повышения качества и эффективности выполняемых процессов, что достигается посредством автоматизации рутинных и сложно-вычислительных задач. На начало 2024 практически каждое предприятие проводит активную политику по цифровой трансформации, внедряя на своем производстве передовые информационные технологии. Можно с уверенностью заявить, что интеграция ИТ-решений является неотъемлемой частью функционирования современных предприятий и организаций.

Так, наблюдается перевод бумажных документов в электронную форму, использование различных баз данных, информационных систем, автоматизированных технологий, роботизированных комплексов и иных решений [2]. Основной особенностью использования данных технологий является цифровизация и уменьшение физических носителей информации. В век цифровых технологий значительную актуальность приобретает именно электронный формат данных, что, в свою очередь, значительно повышает риски информационной безопасности (далее — ИБ) предприятий [3]. Так, одной из ключевых проблем на текущий момент времени является обеспечение комплексной системы ИБ, позволяющей предотвратить доступ к информации ограниченного доступа и иных противозаконных действий.

Примерами угроз информационной безопасности, наиболее распространенных на текущий момент времени, является хищение информации, проникновение на объект ограниченного доступа, кража оборудования

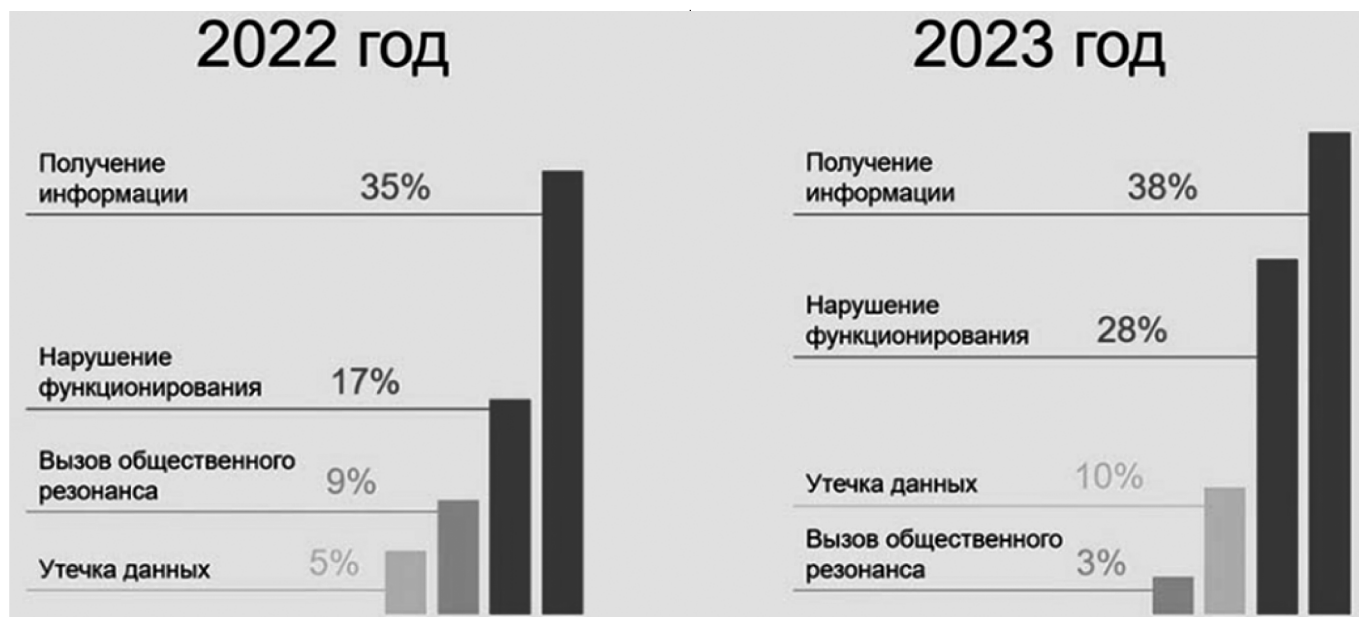


Рис. 1. Распределение целей при реализации угроз ИБ

и иное. Среди основных целей атак по анализу последних лет следует выделить получение информации, нарушение функционирования информационных систем и промышленного оборудования и утечку данных [4]. На рис. 1 представлено распределение наиболее актуальных угроз информационной безопасности за период 2022–2023 годов.

Обеспечение комплексной системы ИБ сталкивается с рядом трудностей, связанных с необходимостью анализа большого объема данных в режиме реального времени. Следует отметить, что классические средства на момент 2024 года не соответствуют требованиям, предъявляемым к современным системам ИБ. В связи с этим актуализируется необходимость совершенствования подходов к обеспечению ИБ, в частности, на основе технологий искусственного интеллекта (далее — ИИ). В рамках пред-

ставленной статьи более подробно рассматриваются значимые вопросы, связанные с обеспечением ИБ на основе интеграции интеллектуальных решений.

Результаты и обсуждение

В 2024 актуализируется развитие и повсеместная интеграция технологий искусственного интеллекта, которые оптимизируют и рационализируют деятельность человека как в бытовых, так и профессиональных сферах. Актуальность подтверждается результатами открытых статистических исследований, которые свидетельствуют о совокупном приросте мирового рынка ИИ-решений на 45 % в период до 2023 года (рис. 2). Особая актуальность применения данных решений относится к вопросу информационной безопасности, который требует возможности обработки большого количества данных в режиме реального времени.

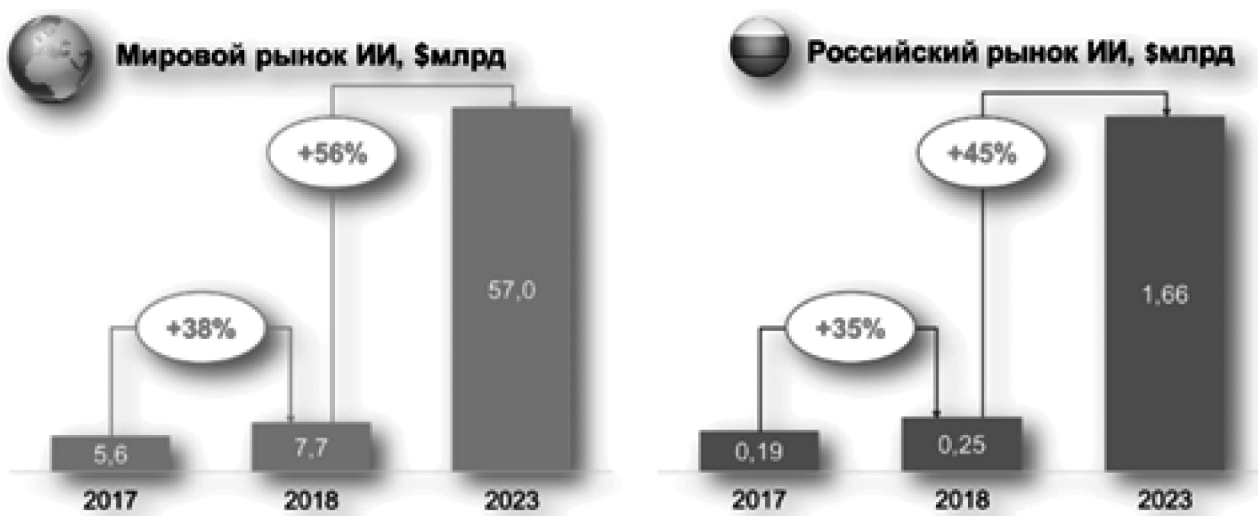


Рис. 2. Динамика роста рынка ИИ 2017–2023 гг.

Технологии искусственного интеллекта представляют собой комплекс методов и алгоритмов, которые позволяют компьютерам симулировать интеллектуальные функции человека [5]. При этом наиболее актуальной сферой, в которой в период 2024 года наблюдается активное развитие интеллектуальных инструментов является информационная безопасность. С ростом объема данных и сложности киберугроз возникает потребность в эффективных инструментах для обнаружения, предотвращения и реагирования на потенциальные угрозы. Технологии ИИ предоставляют возможности для создания автоматизированных систем мониторинга и защиты, способных адаптироваться к постоянно меняющейся среде угроз.

Одним из ключевых преимуществ использования ИИ в ИБ является способность анализировать большие объемы данных в реальном времени, а также выявлять аномалии или подозрительное поведение, которое может свидетельствовать о наличии угрозы [6]. Модели машинного обучения и алгоритмы глубокого обучения позволяют создавать системы, способные обнаруживать новые, ранее неизвестные угрозы, а также адаптироваться к изменяющимся методам атак. Более того, технологии ИИ могут повысить эффективность работы аналитиков информационной безопасности, предоставляя инструменты для автоматизации детектирования угроз, принятия оперативных мер противодействия и ряда других задач [7]. Это позволяет сократить время, необходимое для обнаружения и реагирования на угрозы, что в свою очередь уменьшает риск нанесения ущерба бизнесу и организациям. В табл. 1 представлены результаты анализа наиболее распространенных технологий ИИ на текущий момент времени, используемые при решении отдельных задач ИБ. Важно отметить, что при исполь-

зовании комплекса из данных технологий предприятие сможет обеспечить высокий уровень информационной безопасности, сводя к минимуму потенциальные риски и угрозы ИБ. В связи с этим, в 2024 году также наблюдается рост рынка ИИ-решений, используемых в системах и информационной безопасности.

Как видно из табл. 1, технологии ИИ играют ключевую роль в решении этих задач, обеспечивая более точное и быстрое обнаружение угроз, автоматизацию процессов безопасности и улучшение общей защиты ИС.

Необходимо отметить, что использование искусственного интеллекта в вызовах ИБ на момент 2024 года играет ключевую роль в обеспечении защиты от разнообразных угроз. Одним из основных вызовов является увеличение объема и сложности данных, что требует более эффективных методов обнаружения и анализа угроз. ИИ позволяет автоматизировать этот процесс и обрабатывать большие массивы данных быстрее и точнее, чем традиционные методы [8]. Примеры использования ИИ в сфере информационной безопасности включают анализ сетевого трафика с использованием алгоритмов машинного обучения для выявления аномалий, которые могут указывать на атаки или несанкционированный доступ. Другой вызов — это необходимость более точной и быстрой реакции на инциденты [9]. Использование искусственного интеллекта позволяет создавать системы автоматизированного реагирования, способные оперативно анализировать и классифицировать инциденты без участия человека, что существенно сокращает время реакции и минимизирует ущерб от атак. В табл. 2 представлены результаты анализа наиболее значимых преимуществ использования ИИ в контексте рассматриваемого вопроса.

Таблица 1.

Применение ИИ в задачах ИБ

№	Задача	Инструменты ИИ
1	Обнаружение угроз и аномалий	Использование алгоритмов машинного обучения для анализа сетевого трафика и выявления аномального поведения, указывающего на возможные атаки. Применение методов обучения без учителя для выявления необычных паттернов в данных, которые могут свидетельствовать о наличии угрозы без необходимости предварительной разметки данных
2	Автоматизированное реагирование на инциденты	Создание систем автоматизированного реагирования с помощью алгоритмов машинного обучения, которые могут быстро анализировать и классифицировать инциденты без участия человека. Разработка ботов и роботов для выполнения задач по смягчению последствий инцидентов, например, для автоматической блокировки доступа или восстановления систем
3	Идентификация и аутентификация	Применение биометрических методов, таких как распознавание лиц или голоса, с использованием алгоритмов глубокого обучения для идентификации пользователей. Использование алгоритмов ИИ для анализа поведения пользователей и выявления подозрительных действий, связанных с несанкционированным доступом
4	Мониторинг и анализ уязвимостей	Применение алгоритмов машинного обучения для анализа и классификации уязвимостей в программном обеспечении или сетевых устройствах. Разработка систем, способных автоматически обнаруживать и анализировать новые уязвимости на основе данных о предыдущих атаках и обновлениях ПО

Таблица 2.
Преимущества ИИ в обеспечении ИБ

№	Преимущество	Значение
1	Автоматизация	ИИ позволяет автоматизировать процессы обнаружения угроз и оперативного принятия соответствующих мер по противодействию
2	Обнаружение аномалий	Интеллектуальные алгоритмы предоставляют возможность анализа большого объема данных в режиме реального времени и выделяют собственные шаблоны для ускорения времени на реакцию
3	Эффективный анализ данных	Использование ИИ позволяет проводить более глубокий и точный анализ больших массивов данных, что помогает выявлять скрытые угрозы и тренды, не обнаружимые традиционными методами
4	Быстрая реакция на инциденты ИБ	ИИ позволяет создавать системы моментального реагирования на инциденты, что сокращает время реакции на угрозы и минимизирует ущерб от атак
5	Эффективная защита от атак	Использование ИИ позволяет более эффективно обнаруживать и предотвращать атаки, включая новые и продвинутые виды угроз, что повышает общий уровень безопасности информационных систем

Как видно, использование ИИ в системах ИБ представляет современным предприятиям ряд технических и экономических преимуществ. Использование ИИ-решений позволяет предприятиям быстрее и эффективнее обнаруживать и реагировать на инциденты ИБ, сводя к минимуму риск ущерба и потерь данных [10]. Благодаря использованию ИИ, системы информационной безопасности становятся более адаптивными. Алгоритмы машинного обучения и нейронные сети позволяют создавать системы, способные самостоятельно обучаться на основе новых данных и опыта, что повышает их эффективность и точность обнаружения угроз.

Экономические преимущества использования ИИ в системах ИБ также имеют высокое значение. Внедрение ИИ позволяет сократить человеческие ресурсы, необходимые для мониторинга и обнаружения угроз, что снижает операционные расходы предприятия. Кроме того, быстрая реакция на угрозы и предотвращение инцидентов позволяют исключить потенциальные потери от реализации атак. Ввиду этого следует утверждать, что использование современных ИИ-решений в системах информационной безопасности на момент 2024 года обеспечивает предприятия надежной защитой от угроз, а также повышает их операционную и экономическую эффективность.

Заключение

В рамках представленной статьи были более подробно освещены текущие тенденции относительно использования интеллектуальных средств в задачах по обеспечению ИБ. В рамках работы показано, что ИИ в системах ИБ представляет значимый шаг в развитии современных предприятий и организаций. Проведенный анализ также выявил, что использование ИИ в ИБ обеспечивает ряд значительных преимуществ при реагировании на угрозы, а также позволяет повысить экономическую эффективность предприятий на основе автоматизации рутинных действий. Использование ИИ-решений в системе ИБ становится все более востребованным на момент 2024 года среди предприятий, стремящихся обеспечить надежную защиту своих данных и репутации. Продолжающееся развитие технологий ИИ позволит создавать еще более эффективные и инновационные системы ИБ, способные противостоять все более сложным угрозам. Материалы работы могут быть полезны для актуализации необходимости интеграции интеллектуальных решений в системе ИБ предприятия, а также непосредственно при выборе средств и технологий в задачах по обеспечению информационной безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

- Самолкаева А.М., Шведова С.М. Искусственный интеллект в сфере информационной безопасности: преимущества, ограничения и перспективы // Вестник науки. 2024. №3 (72). С. 534–539.
- Хахимов А.А. Роль искусственного интеллекта в кибербезопасности // Universum: технические науки. 2023. №11-1 (116). С. 58–59.
- Hourani H., Hammad A., Lafi M. The Impact of Artificial Intelligence on Software Testing // IEEE Jordan International Joint Conference on Electrical Engineering and Information Technology (JEEIT). 2019. pp. 565–570.
- Афанасьева Д.В. Применение искусственного интеллекта в обеспечении безопасности данных // Известия ТулГУ. Технические науки. 2020. №2. С. 151–154.
- Ангаров В.Д., Бобров А.В., Тимонин В.А., Вишняков А.С. Использование технологий машинного обучения в защите информационных систем // Наука, техника и образование. 2023. №4 (92). С. 20–26.
- Козлова Н.Ш., Довгаль В.А. Анализ применения искусственного интеллекта и машинного обучения в кибербезопасности // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2023. №3 (326). С. 65–72.
- Бевзенко С.А. Применение искусственного интеллекта и машинного обучения в разработке программного обеспечения // Инновации и инвестиции. 2023. №8. С. 187–191.
- Singhal P., Kundu S., Gupta H., Jain H. Application of Artificial Intelligence in Software Testing // 10th International Conference on System Modeling & Advancement in Research Trends (SMART), MORADABAD. 2021. pp. 489–492.
- Иламанов Б.Б. Интеграция искусственного интеллекта в разработке программного обеспечения // Вестник науки. 2023. №12 (69). С. 1207–1211.
- Xiaomei S., Lijin W., Kuangyu J., Xinyu H., Longli T. Research on Trustworthiness Analysis Technology of Artificial Intelligence Software // IEEE International Conference on Control, Electronics and Computer Technology (ICCECT). 2023. pp. 802–806.

© Бондарь Денис Евгеньевич (expasee@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2024.7.09

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO AUTOMATE PRODUCTION PROCESSES

**P. Braginsky
D. Karyugin
A. Bashkeev**

Summary. Artificial intelligence continues to transform various sectors of the Russian economy, and the industrial sector is no exception in this case. The introduction of artificial intelligence into the production processes of industrial enterprises in Russia makes it possible to significantly increase the efficiency of production processes, reduce costs and improve the quality of enterprise products. The article discusses the main directions of using artificial intelligence to automate the production processes of industrial enterprises. The experience of the Russian largest industrial enterprises in the application of artificial intelligence in production to solve various tasks of increasing efficiency is considered. The examples shown show that the largest Russian enterprises are actively implementing artificial intelligence technologies to automate production processes. These companies continue to invest in the development and implementation of new technologies, which allows them to remain competitive in the global market. The use of artificial intelligence in the automation of production processes of industrial enterprises in Russia opens up new opportunities to improve production efficiency and product quality. The introduction of artificial intelligence into production is becoming not only a competitive advantage, but also a prerequisite for the successful development of companies in the modern economy.

Keywords: AI, artificial intelligence, digitalization, production automation, production efficiency.

Брагинский Павел Борисович

Аспирант, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского
p.braginsky@mgutm.ru

Карюгин Дмитрий Андреевич

Аспирант, Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского
a.karyugin@mgutm.ru

Башкеев Александр Анатольевич

Аспирант, Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского
a.bashkeev@mgutm.ru

Аннотация. Искусственный интеллект продолжает трансформировать различные отрасли российской экономики, и промышленный сектор в этой случае не является исключением. Внедрение искусственного интеллекта в производственные процессы промышленных предприятий в России позволяет значительно повысить эффективность производственных процессов, уменьшить затраты и повысить качество продукции предприятия. В статье рассмотрены основные направления использования искусственного интеллекта для автоматизации производственных процессов промышленных предприятий. Рассмотрен опыт российских крупнейших промышленных предприятий в применении искусственного интеллекта в производстве для решения разных задач повышения эффективности деятельности. Показанные примеры свидетельствуют, что крупнейшие российские предприятия активно внедряют технологии искусственного интеллекта для автоматизации производственных процессов. Эти компании продолжают инвестировать в развитие и внедрение новых технологий, что позволяет им оставаться конкурентоспособными на мировом рынке. Применение искусственного интеллекта в автоматизации производственных процессов промышленных предприятий в России открывает новые возможности для повышения эффективности производства и качества продукции. Внедрение искусственного интеллекта в производство становится не просто конкурентным преимуществом, но и необходимым условием для успешного развития компаний в условиях современной экономики.

Ключевые слова: ИИ, искусственный интеллект, цифровизация, автоматизация производства, эффективность производства.

Применение искусственного интеллекта в автоматизации производственных процессов промышленных предприятий открывает новые возможности для повышения эффективности производства и качества продукции. Внедрение искусственного интеллекта в производство становится не просто конкурентным преимуществом, но и необходимым условием для успешного развития компаний в условиях современной экономики.

С 2019 года в России началось активное развитие технологий искусственного интеллекта, что подтверждает-

ся принятием Национальной стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 года [1], а далее и Концепции развития регулирования отношений в сфере технологий искусственного интеллекта и робототехники на период до 2024 г. [2].

Искусственный интеллект представляет собой, согласно Указу Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490, комплекс технологических решений, который позволяет имитировать когнитивные функции человека и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной

деятельности человека. При этом Указом также определены компоненты искусственного интеллекта, такие как информационно-коммуникационная инфраструктура, программное обеспечение, процессы и сервисы по обработке данных и поиску решений [1].

Основные направления использования искусственного интеллекта в данной сфере представлены на рисунке.



Рис. 1. Основные направления применения искусственного интеллекта в автоматизации производственных процессов промышленных предприятий

В современных условиях одним из основных направлений применения искусственного интеллекта является оптимизация производственных процессов. С помощью алгоритмов машинного обучения можно анализировать большие объемы данных, собранных с датчиков и приборов, для выявления узких мест и оптимизации рабочих потоков. Например, компания General Electric использует искусственный интеллект для анализа данных о работе газовых турбин, что позволяет сократить время простоя и повысить эффективность оборудования [11].

Предиктивное обслуживание (predictive maintenance) — это подход, при котором с помощью ИИ и машинного обучения можно предсказать поломки оборудования до их возникновения. Это позволяет снизить затраты на ремонт и предотвратить простои. Компания IBM разработала систему Watson IoT, которая анализирует данные с датчиков и предсказывает необходимость обслуживания оборудования [5].

Искусственный интеллект также активно используется для контроля качества продукции. Системы компьютерного зрения, основанные на глубоких нейронных сетях, способны анализировать изображения продукции и выявлять дефекты с высокой точностью. Например, компания Siemens внедрила искусственный интеллект

для контроля качества сварных швов, что позволило значительно сократить количество дефектов [6].

Применение искусственного интеллекта в сфере контроля качества продукции значительно улучшает точность, скорость и эффективность процессов, связанных с проверкой и оценкой продукции. Ниже представлены основные области применения искусственного интеллекта в контроле качества [4, 6, 7]:

1. Компьютерное зрение. Прежде всего, это обнаружение дефектов. Искусственный интеллект может анализировать изображения и видео продукции для обнаружения различных дефектов, таких как трещины, царапины, неправильные формы, несоответствие цветов и т.д. Кроме того, системы компьютерного зрения могут классифицировать продукцию на основе её визуальных характеристик, что позволяет автоматически сортировать изделия по качеству.
2. Предиктивный анализ и предсказание дефектов. Это может быть анализ данных. Искусственный интеллект может анализировать данные, собранные с производственных линий, для выявления паттернов, которые могут указывать на потенциальные дефекты. Также это может быть предсказание качества. Так, модели машинного обучения могут предсказывать вероятность возникновения дефектов в продукции на основе исторических данных и текущих условий производства.
3. Автоматизация тестирования и измерений. Роботизированные системы, управляемые ИИ, могут проводить сложные тесты и измерения продукции с высокой точностью и повторяемостью. Также искусственный интеллект может обрабатывать данные, поступающие с различных сенсоров, для контроля параметров продукции, таких как размер, вес, температура и т.д.
4. Анализ аудио и вибраций. Анализ звуковых и вибрационных сигналов с использованием ИИ позволяет выявлять аномалии, которые могут указывать на дефекты или неисправности в продукции. Искусственный интеллект может классифицировать звуковые сигналы, чтобы определить, соответствует ли продукт стандартам качества.
5. Оптимизация процессов контроля качества. Искусственный интеллект может объединять данные из разных источников (например, сенсоров, камер, систем управления производством) для создания единой картины качества продукции. Системы искусственного интеллекта могут работать в реальном времени, обеспечивая мгновенную обратную связь и позволяя быстро реагировать на обнаруженные дефекты.

Плюсом является то, что системы искусственного интеллекта могут взаимодействовать с системами управле-

ния производством для автоматической корректировки параметров производственного процесса на основе данных контроля качества. Генерация подробных отчетов и аналитики по качеству продукции помогает в принятии управленческих решений. Искусственный интеллект может настроить параметры контроля качества под конкретные требования отдельных продуктов или партий продукции. Вместе с тем системы искусственного интеллекта могут автоматически адаптироваться к новым требованиям и стандартам качества [4].

Таким образом, применение искусственного интеллекта в контроле качества продукции не только повышает точность и эффективность этого процесса, но и позволяет значительно сократить затраты на проверку и снизить количество брака, что в итоге улучшает общую производительность и конкурентоспособность предприятия.

Кроме того, искусственный интеллект может помочь в управлении запасами сырья и готовой продукции. С помощью алгоритмов машинного обучения можно прогнозировать спрос и оптимизировать запасы, что позволяет снизить затраты на хранение и избежать дефицита. Компания Amazon активно использует искусственный интеллект для управления своими складами и оптимизации логистики [7].

Роботы с элементами искусственного интеллекта способны выполнять сложные производственные задачи, такие как сборка, сварка, упаковка и тестирование продукции. Такие роботы могут работать круглосуточно и без перерывов, что значительно повышает производительность. Компания FANUC разработала роботов с искусственным интеллектом, которые способны обучаться новым задачам и адаптироваться к изменениям производственного процесса.

Роботы могут обучаться новым задачам путем наблюдения за действиями человека или других роботов, что делает производство более гибким и адаптируемым к изменяющимся условиям. Искусственный интеллект позволяет роботам адаптироваться к изменениям в производственной среде и оптимизировать свои действия в реальном времени. Искусственный интеллект помогает создавать роботов, которые могут безопасно работать рядом с людьми, эффективно взаимодействовать с ними и выполнять совместные задачи.

Применение искусственного интеллекта в роботизации производства является динамично развивающейся областью, и с каждым годом появляются новые технологии и методы, которые делают производство более интеллектуальным, эффективным и адаптивным.

Рассмотрим российский опыт применения искусственного интеллекта для автоматизации производ-

ственных процессов на промышленных предприятиях разных отраслей.

Компания Северсталь — один из крупнейших производителей стали в России, активно внедряющий технологии искусственного интеллекта для повышения эффективности производственных процессов. Компания использует искусственный интеллект для предиктивного обслуживания оборудования, что позволяет прогнозировать и предотвращать поломки. Так, на Череповецком металлургическом комбинате внедрены системы мониторинга состояния оборудования на основе машинного обучения и анализа данных [3].

Компания Сибур — ведущая нефтехимическая компания России, которая внедряет искусственный интеллект для оптимизации производственных процессов и улучшения качества продукции. В рамках проекта «СИБУР Диджитал» компания использует алгоритмы машинного обучения для прогнозирования спроса и оптимизации производственных мощностей. Кроме того, технологии искусственного интеллекта помогают в анализе данных с датчиков и контроле качества продукции [10].

Компания КАМАЗ, крупнейший производитель грузовых автомобилей в России, активно внедряет искусственный интеллект в свои производственные процессы. Компания использует системы компьютерного зрения для контроля качества сварных швов и сборки автомобилей. Также применяются решения на основе машинного обучения для оптимизации логистики и управления запасами [7].

Компания Ростсельмаш — один из ведущих производителей сельскохозяйственной техники в России, также активно использует искусственный интеллект для автоматизации производства. Компания внедрила системы предиктивного обслуживания, которые позволяют прогнозировать состояние оборудования и предотвращать поломки. Кроме того, искусственный интеллект используется для анализа данных и управления производственными процессами [9].

Компания Новатэк, крупнейший производитель природного газа в России, использует искусственный интеллект для повышения эффективности своих производственных процессов. Компания внедрила системы анализа данных и машинного обучения для оптимизации работы газовых установок и предсказания поломок оборудования. Это позволяет снизить затраты на обслуживание и увеличить производительность [8].

Показанные примеры свидетельствуют, что крупнейшие российские предприятия активно внедряют технологии искусственного интеллекта для автоматизации производственных процессов. Эти компании продолжа-

ют инвестировать в развитие и внедрение новых технологий, что позволяет им оставаться конкурентоспособными на мировом рынке.

Таким образом, внедрение искусственного интеллекта в производственные процессы промышленных предприятий позволяет значительно повысить эффективность,

уменьшить затраты и повысить качество продукции. В статье рассмотрены основные направления использования искусственного интеллекта для автоматизации производственных процессов промышленных предприятий. Рассмотрен опыт российских крупнейших промышленных предприятий в применении искусственного интеллекта в производстве для решения разных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации: Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490.
2. Об утверждении Концепции развития регулирования отношений в сфере технологий искусственного интеллекта и робототехники на период до 2024 г.: Распоряжение Правительства РФ от 19 августа 2020 г. № 2129-р.
3. Информационные технологии в Северстали // https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Информационные_технологии_в_Северстали?ysclid=lwbkqr3nz5503821574 (дата обращения: 15.05.2024).
4. Ковач, Дж, Юсупова Н.И. Модели и методы управления качеством на основе приложений искусственного интеллекта // Венгерская академия наук. Acta Polytechnica Hungarica. — 2021. — №13(3). — С. 45–60.
5. Комаров, Н.М. Применение технологий искусственного интеллекта в инновационной деятельности промышленных предприятий / Н.М. Комаров, Д.С. Пашенко // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15. — № 6. — URL: <https://esj.today/PDF/101ECVN623.pdf> (date of application: 15.05.2024).
6. Осадчук, Е.В. Цифровизация промышленности: барьеры на пути внедрения искусственного интеллекта и предложения по их преодолению // Управление наукой: теория и практика. — 2022. — Т. 4, — № 2. — С. 201–209.
7. От машиностроения до металлургии. Как применяется ИИ в промышленности // Сбер.про. — URL: <https://sber.pro/digital/publication/ot-mashinostroeniya-do-metallurgii-kak-primenyaetsya-ii-v-promyshlennosti/?ysclid=lwbkxjg6bv173439291> (дата обращения: 15.05.2024).
8. Платформа инноваций // Новатэк. — URL: <https://www.novatek.ru/technova/?ysclid=lwbkmgoo14881021238> (дата обращения: 15.05.2024).
9. Победа передовой технологии // Ростсельмаш. — URL: <https://rostselmash.com/media/news/pobeda-peredovoy-tekhnologii/?ysclid=lwbknval8v432422988> (дата обращения: 15.05.2024).
10. Сибур Диджитал // Сибур. — URL ^ <https://www.sibur.digital/?ysclid=lwbkpgg5ij579720425> (дата обращения: 15.05.2024).
11. Brynjolfsson, E., Mitchell T. What can Machine Learning Do? Workforce Implications // Science. — 2017. — Vol. 358. — №. 6370. — P. 1530–1534.

© Брагинский Павел Борисович (p.braginsky@mgutm.ru); Карюгин Дмитрий Андреевич (a.karyugin@mgutm.ru);
Башкеев Александр Анатольевич (a.bashkeev@mgutm.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОБ ОДНОМ ОБОБЩЕНИИ СИСТЕМЫ ЛОРЕНЦА И ОЦЕНКАХ ЕЕ ОБЛАСТИ ДИССИПАТИВНОСТИ

ON THE GENERALIZATION OF THE LORENTZ SYSTEM AND ESTIMATES OF THE AREA OF ITS DISSIPATIVITY

**D. Bulekbayev
A. Morozov**

Summary. A finite-dimensional (discrete) model is considered — a system of differential equations describing the generation of radiation in a quantum generator. It is assumed that two lines of the active substance radiate within the same resonator mode. Estimates of the dissipation range of the system are obtained. At the same time, the second Lyapunov method, the techniques of N.G. Chetaev and G.A. Leonov were used.

Keywords: generalized Lorentz system, four-dimensional phase space, dissipativity domain.

Булукбаев Дастанбек Абдыкалыкович

докт. технических наук, доцент,

ФГБОУ ВПО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского», г. Санкт-Петербург

Морозов Алексей Валентинович

канд. физ.-мат. наук, профессор,

ФГБОУ ВПО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского», г. Санкт-Петербург

vka@mil.ru

Аннотация. Рассматривается конечномерная (дискретная) модель — система дифференциальных уравнений, описывающая генерацию излучения в квантовом генераторе. Предполагается, что в пределах одной моды резонатора излучают две линии активного вещества. Получены оценки области диссипативности системы. При этом были использованы второй метод Ляпунова, приемы Н.Г. Четаева и Г.А. Леонова.

Ключевые слова: обобщенная система Лоренца, четырехмерное фазовое пространство, область диссипативности.

Введение

Детерминированный хаос — одно из открытий второй половины XX века. Пионерской работой в этом направлении была статья американского метеоролога Э. Лоренца [1], в которой была рассмотрена нелинейная трехмерная математическая модель конвективного течения жидкости в плоском слое весьма простого вида, но демонстрирующая в численных расчетах сложное поведение траекторий. Статья, по началу, была воспринята в научном сообществе с осторожностью, ибо, если и не противоречила качественной теории дифференциальных уравнений, то, по крайней мере, моделей с таким сложным поведением было мало. Кроме того, приведенные в статье результаты обратили на себя внимание тем, что достаточно адекватно отражали физические эксперименты по конвективному течению жидкости и связывались с явлениями турбулентности. К настоящему времени, исследований, посвященных этой модели сотни, и она заняла почетное место в ряду классических. Изучению подверглись и многочисленные обобщения системы Лоренца, связанные с другими физическими явлениями, а также в целом многочисленные конечномерные модели, систем с распределенными параметрами.

Обобщенная модель Лоренца

В настоящей статье рассматривается одно из обобщений системы Лоренца. Это — система укороченных уравнений в безразмерных переменных, описывающая

одномодовую генерацию излучения в квантовом генераторе. Предполагается, что в пределах одной моды резонатора излучают две линии активного вещества

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = -dx + dy, \\ \frac{dy}{dt} = -y + (1 + \xi^2)x\tilde{z}_1 + \xi\tilde{z}_2, \\ \frac{d\tilde{z}_1}{dt} = -b(\tilde{z}_1 - r) - (r - 1)xy, \\ \frac{d\tilde{z}_2}{dt} = -\tilde{z}_2 - \xi y. \end{cases} \quad (1)$$

Здесь x — амплитуда электрических колебаний поля, y — мнимая часть поляризации, \tilde{z}_2 — вещественная часть поляризации, \tilde{z}_1 — полусумма числа активных частиц. Параметры $d = \frac{\omega_0 \tau_2}{2Q}$ — безразмерная постоянная затухания поля в резонаторе, $r = 4\pi l \tau_1 \tau_2 Q |\mu_0|^2 h$ — параметр накачки, $b = \frac{\tau_2}{\tau_1}$; ω_0 — частота излучения, l — интенсивность накачки активной среды, τ_2 — время релаксации поляризации, определяющее ширину спектральной линии, τ_1 — время релаксации населенности уровней; μ_0 — матричный элемент дипольного момента частиц среды, взаимодействующих с излучением; Q — добротность резонатора; ξ — отстройка линий собственных частот атомов от центральной частоты.

Модель (1) впервые была анонсирована в работе А.Н. Ораевского [2]. В статье [3] проведено численное исследование различных режимов генерации.

Отметим два простейших свойства модели (1).

1. Она симметрична по отношению к замене:

$$x \rightarrow -x, y \rightarrow -y, \bar{z}_2 \rightarrow -\bar{z}_2, \bar{z}_1 \rightarrow \bar{z}_1.$$

2. Ее фазовый объём равномерно сжимается, так как дивергенция векторного поля F , задаваемого правыми частями уравнений (1) отрицательна [4]:

$$\operatorname{div} F = \frac{\partial \dot{x}}{\partial x} + \frac{\partial \dot{y}}{\partial y} + \frac{\partial \dot{\bar{z}}_1}{\partial \bar{z}_1} + \frac{\partial \dot{\bar{z}}_2}{\partial \bar{z}_2} = -d - 3 < 0.$$

Отсюда заключаем, что объём притягивающего множества нулевой.

Систему (1) перепишем в других переменных. Для этого положим

$$x_1 = \sqrt{r-1}x, y_1 = \sqrt{r-1}y, \bar{z}_1 = r - \bar{z}_1, \bar{z}_2 = \sqrt{r-1}\bar{z}_2$$

Тогда

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -d(x_1 - y_1), \\ \frac{dy_1}{dt} = -y_1 + r(1 + \xi^2)x_1 - (1 + \xi^2)x_1\bar{z}_1 + \xi\bar{z}_2, \\ \frac{d\bar{z}_1}{dt} = -b\bar{z}_1 + x_1y_1, \\ \frac{d\bar{z}_2}{dt} = -\bar{z}_2 - \xi y_1. \end{cases} \quad (2)$$

Отметим, что при $\xi = 0$ собственная частота резонатора совпадает с частотой слившихся в одну линию излучения. Это случай строгого резонансного взаимодействия поля со средой. Система (2) при этом редуцируется в классическую систему Лоренца и уравнение $\frac{d\bar{z}_2}{dt} = -\bar{z}_2$. Ясно, что компонента \bar{z}_2 с течением времени исчезает: $\bar{z}_2(t) = \bar{z}_2^0 e^{-t} \rightarrow 0$ ($\bar{z}_2^0 = \text{const}$).

Несложно убедиться, что в пространстве параметров системы (2) d, r, ξ, b плоскость $r = 1$ является бифуркационной, так как:

- 1) при $r < 1$ не выполняются пороговые условия генерации — система имеет одно устойчивое по Ляпунову положение равновесия

$$C_0(x_1 = 0, y_1 = 0, \bar{z}_1 = 0, \bar{z}_2 = 0),$$

отвечающее отсутствию генерации излучения,

- 2) при $r > 1$ возникают условия самовозбуждения генератора и в системе (2) возникают три положения равновесия, два из которых

$$C_{1,2} \left(\begin{array}{l} x_1 = \pm \sqrt{b(r-1)}; y_1 = \pm \sqrt{b(r-1)}; \\ \bar{z}_1 = r-1; \bar{z}_2 = \pm \sqrt{b(r-1)} \end{array} \right)$$

отвечают режимам генерации постоянной амплитуды и различаются фазой поля. Проводя линейный анализ, несложно показать, что положения равновесия $C_{1,2}$ устойчивы по Ляпунову, при этом положение равновесия C_0 становится неустойчивым (седловой особой точкой).

Перейдём теперь к доказательству диссипативности [4] системы (2). Для этого введём в рассмотрение обозначения

$$\lambda_0 = \min\{1, b, d\}, \lambda \in [0, \lambda_0], \gamma > 0, \theta \in [\theta_-, \theta_+],$$

где $\theta_{\pm} = d + r(1 + \xi^2)\gamma \pm 2\sqrt{\gamma(d - \lambda)(1 - \lambda)}$,

$$\Gamma = \frac{\theta^2(b - 2\lambda)^2}{8\lambda(b - \lambda)(1 + \xi^2)\gamma}$$

$$\alpha = \frac{\theta^2 b^2}{4\lambda(b - \lambda)(1 + \xi^2)\gamma(1 + \gamma)}$$

функцию

$$\begin{aligned} W(x_1, y_1, \bar{z}_1, \bar{z}_2) &= \\ &= \frac{1}{2} [x_1^2 + \gamma(1 + \xi^2)\bar{z}_1^2 + \gamma(\bar{z}_2^2 + y_1^2)] - \theta\bar{z}_1 \end{aligned}$$

и множества

$$\Phi_1 = \{x_1, y_1, \bar{z}_1, \bar{z}_2 \mid W(x_1, y_1, \bar{z}_1, \bar{z}_2) \leq \Gamma, x_1 > \sqrt{\alpha}\},$$

$$\Phi_2 = \{x_1, y_1, \bar{z}_1, \bar{z}_2 \mid W(x_1, y_1, \bar{z}_1, \bar{z}_2) \leq \Gamma, x_1 < -\sqrt{\alpha}\}.$$

Заметим, что уравнению $W = \text{const}$ при фиксированном значении параметра $\gamma > 0$ отвечает в фазовом пространстве системы (2) семейство эллипсоидов, центр симметрии которых сдвинут по оси $O\bar{z}_1$ и определяется значением параметра $\theta \in [\theta_-, \theta_+]$. При $\gamma \rightarrow +\infty$ уравнение $W = \Gamma$ определяет цилиндрическую поверхность с образующей осью Ox_1 .

Утверждение 1. Для любой фазовой траектории $x_1 = x_2(t), y_1 = y_2(t), \bar{z}_1 = \bar{z}_1(t), \bar{z}_2 = \bar{z}_2(t)$ системы (2) имеет место неравенство:

$$\overline{\lim}_{t \rightarrow +\infty} W(x_1, y_1, \bar{z}_1(t), \bar{z}_2(t)) \leq \Gamma.$$

Доказательство. Нетрудно убедиться, что для функции $W(x_1, y_1, \bar{z}_1, \bar{z}_2)$ и её производной $\frac{dW}{dt}$, вычислен-

ной в силу дифференциальных уравнений системы (2), справедлива следующая цепочка неравенств:

$$\begin{aligned} \frac{dW}{dt} + 2\lambda W &= \\ &= -(d - \lambda)x_1^2 + [d + r\gamma(1 + \xi^2) - \theta]x_1y_1 - \gamma(1 - \lambda)y_1^2 - \\ &- (1 + \xi^2)\gamma(b - \lambda)\bar{z}_1^2 - \gamma(1 - \lambda)\bar{z}_2^2 - \theta(b - 2\lambda)\bar{z}_1 \leq \\ &\leq -(1 + \xi^2)\gamma(b - \lambda)\bar{z}_1^2 - \theta(b - 2\lambda)\bar{z}_1 \leq 2\lambda\Gamma. \end{aligned}$$

Отсюда вытекает, что для произвольной траектории $x_1(t), y_1(t), \bar{z}_1(t), \bar{z}_2(t)$ выполняется

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} [W(x_1(t), y_1(t), \bar{z}_1(t), \bar{z}_2(t)) - \Gamma] + \\ + 2\lambda [W(x_1(t), y_1(t), \bar{z}_1(t), \bar{z}_2(t)) - \Gamma] \leq 0 \end{aligned}$$

Последнее неравенство эквивалентно следующему

$$\frac{d}{dt} \{ [W(x_1(t), y_1(t), \bar{z}_1(t), \bar{z}_2(t)) - \Gamma] e^{2\lambda t} \} \leq 0.$$

Интегрируя это неравенство от 0 до t_1 окончательно получаем

$$\begin{aligned} W(x_1(t_1), y_1(t_1), \bar{z}_1(t_1), \bar{z}_2(t_1)) - \Gamma \leq \\ [W(x_1(0), y_1(0), \bar{z}_1(0), \bar{z}_2(0)) - \Gamma] e^{-2\lambda t_1} \end{aligned}$$

Полученное неравенство выполняется для любого $t_1 \geq 0$. Это и доказывает утверждение 1.

Замечание. Использованный, при доказательстве утверждения 1, прием неоднократно применялся Г.А. Леоновым (см., например, [5]), в статье [6] также использовался этот прием.

Утверждение 2. Если при некотором t фазовая точка системы (2) находится в множестве Φ_1 , то $\frac{dx_1(t)}{dt} < 0$, если в множестве Φ_2 , то $\frac{dx_1(t)}{dt} > 0$.

Доказательство. Рассмотрим первую часть утверждения. Пусть при некотором t фазовая точка $(x_1(t), y_2(t), \bar{z}_1(t), \bar{z}_2(t)) \in \Phi_1$, а $\frac{dx_1(t)}{dt} \geq 0$. Тогда из первого уравнения системы (2) следует, что $y_1(t) \geq x_1(t) > \sqrt{\alpha}$. Оценим теперь значение функции $W(x_1, y_1, \bar{z}_1, \bar{z}_2)$ на траектории в момент t . Будем иметь

$$\begin{aligned} W(x_1(t), y_1(t), \bar{z}_1(t), \bar{z}_2(t)) &\geq \\ &\geq \frac{1}{2} [\alpha + \gamma\alpha + \gamma(1 + \xi^2)\bar{z}_1^2 - 2\theta\bar{z}_1 + \gamma\bar{z}_2^2] \geq \\ &\geq \frac{1}{2} \left[\alpha(1 + \gamma) + \gamma(1 + \xi^2) \left(\bar{z}_1 - \frac{\theta}{\gamma(1 + \xi^2)} \right)^2 - \frac{\theta}{\gamma(1 + \xi^2)} \right] \geq \Gamma. \end{aligned}$$

Полученное противоречие доказывает первую часть утверждения 2.

Аналогично доказывается и вторая часть.

Следствие. Из доказанных утверждений вытекает ограниченность всех решений системы (1) на промежутке $[0, +\infty]$ и справедливость оценки на амплитуду электрических колебаний поля

$$\begin{aligned} \overline{\lim}_{t \rightarrow +\infty} x_1^2(t) &\leq \\ &\leq \frac{b^2}{1 + \xi^2} \min_{\substack{\lambda \in [0, \lambda_0] \\ \gamma > 0}} \frac{[d + r(1 + \xi^2)\gamma - 2\sqrt{\gamma(d - \lambda)(1 - \lambda)}]^2}{4\lambda(b - \lambda)\gamma(1 + \gamma)}. \end{aligned}$$

Заключение

Приведенные утверждения могут быть использованы для анализа режимов генерации в квантовых генераторах, в частности, при исследовании устойчивости режимов стационарной генерации, описываемые моделью (1) [7,8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Lorenz E.N. Deterministic nonperiodic flow // J. Atmospheric Science, 1963. Vol. 20, № 2. P. 130–141. (Странные аттракторы: Пер. с англ. М.: Мир, 1981. С. 88–116).
2. Ораевский А.Н. Мазеры, лазеры и странные аттракторы // Квантовая электроника. 1981. Т.8. № 1, С.130–142.
3. Ораевский А.Н., Проценко И.Е., Сафонова М.А., Торонов В.Ю. Динамические режимы в лазере с двумя резонансными линиями активной среды // Изв. Вузов — Радиофизика, 1988, 31, № 3, с. 300–311.
4. Бригаднов И.А., Булекбаев Д.А., Морозов А.В. О двух трактовках понятия диссипативности в теории динамических систем. В сборнике: Современные образовательные технологии в подготовке специалистов для минерально-сырьевого комплекса. Сборник научных трудов IV Всероссийской научной конференции. Санкт-Петербург, 2021. С. 452–457.
5. Леонов Г.А. О глобальной устойчивости системы Лоренца // Прикл. мат. и мех. 1983, Т.47, № 5, С. 861–863.
6. Морозов А.В. Достаточные условия глобальной асимптотической устойчивости жидкого гироскопа // Перспективы науки. 2022. №6. С. 26–30.
7. Ханин Я.И. Основы динамики лазеров / Я.И. Ханин. — М.: Наука; Физматлит, 1999. — 356 с.
8. Глазков, Д.В. Уравнения динамики лазера: уч. Пособие / Д.В. Глазков, И.С. Кашенко; Ярославский госуниверситет им. П.Г. Демидова. — Ярославль: ЯрГУ, 2012. — 128 с.

ПОНЯТИЙНЫЙ БАЗИС И СПЕЦИФИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ ИИ В КОНТУРЕ УПРАВЛЕНИЯ ИС

CONCEPTUAL BASIS AND SPECIFICS OF USING AN AI SYSTEM IN AN IS CONTROL LOOP

**B. Goryachkin
K. Grishin**

Summary. Problem Statement. The development in the field of information technology has covered a large number of tools, fulfilling another round in the formation of artificial intelligence (hereinafter AI). At the moment, its use is not limited to any one area, including such as the intelligent control loop of information systems. Having influenced most areas, the very concept of AI and its technical embodiment in the context of the intelligent control loop is pushing towards deeper and more fundamental concepts, the provisions for its use. What we «put» into an AI system (starting from the process of creation, realization and further operation) will determine the output itself. In addition to the technical component, accurately formulated and described issues of trust and ethics play a key role in this. However, with all the advantages of such intelligence (rapid performance of routine, difficult-to-predict tasks, creation of «hybrid» interaction with humans, etc.), it contains some pitfalls (possible threats coming from the artificial intelligence, error, inefficiency in solving some tasks) that require detailed consideration.

Purpose. To consider normative and technical standards related to AI regulation to consider the issues of trust, friendliness, objectivity of AI, determination of essential characteristics of such a system, possible threats.

Results. Regulatory and technical standards related to the regulation of AI are analyzed to consider the issues of trust, friendliness, objectivity, determine the essential characteristics, threats. It is concluded that AI should have the characteristics of friendliness, trust in the structure of the information system control loop for widespread, convenient and efficient use.

Practical significance. The presented information in the future can be used as a source for creating a full-fledged intelligent control loop (hereinafter referred to as ICL), standards, unifying regulations governing its operation.

Keywords: intelligent control loop, artificial intelligence, essential characteristics, classification of artificial intelligence systems, features, methods and process of trust assurance, system quality.

Горячкин Борис Сергеевич

кандидат технических наук, доцент,
Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана
bsgor@mail.ru

Гришин Кирилл Павлович

аспирант, Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана
kirillgrish2014@yandex.ru

Аннотация. Постановка проблемы. Развитие в сфере информационных технологий охватило большое количество инструментов, выполнив очередной виток в становлении искусственного интеллекта (далее ИИ). На данный момент, его использование не ограничивается какой-либо одной областью, включая такую как интеллектуальный контур управления информационных систем. Подвергнув влиянию большинство сфер, сама концепция ИИ и его техническое воплощение в контексте интеллектуального контура управления (далее ИКУ) подталкивают к более глубинным и фундаментальным понятиям, положениям его использования. От того, что мы «вкладываем» в систему ИИ (начиная от процесса создания, реализации и дальнейшей эксплуатации), будут зависеть и сами выходные данные. Помимо технической составляющей, ключевую роль в этом играют точно сформулированные и описанные вопросы доверия, этики. В свою очередь преимущества при использовании подобного интеллекта (быстрота выполнения рутинных, сложнопрогнозируемых задач, создание «гибридного» взаимодействия с человеком и т.д.) могут содержать «подводные камни» (возможные угрозы, исходящие со стороны искусственного интеллекта, погрешность, неэффективность в решении некоторых задач), требующие детального рассмотрения.

Цель. Рассмотреть нормативно-технические стандарты, связанные с регулированием ИИ, для рассмотрения вопросов доверия, дружелюбности, объективности ИИ, определение существенных характеристик подобной системы, возможных угроз.

Результаты. Проанализированы нормативно-технические стандарты, связанные с регулированием ИИ, для рассмотрены вопросы доверия, дружелюбности, объективности, определены существенные характеристики, угрозы. Сделан вывод о необходимости наличия у ИИ характеристик дружелюбности, доверия в структуре контура управления информационной системы для повсеместного, удобного и результативного использования.

Практическая значимость. Представленную информацию в перспективе возможно использовать в качестве источника для создания полноценного ИКУ, стандартов, унифицирующих положений, регулирующих его работу.

Ключевые слова: интеллектуальный контур управления, искусственный интеллект, существенные характеристики, классификация систем искусственного интеллекта, особенности, способы и процесс обеспечения доверия, качество системы.

Введение

В наше время системы ИИ становятся неотъемлемой частью нашей повседневной жизни, играя важнейшую роль в научной, производственной, сфере и др. Они проникают в самые различные области, включая управление информационными системами, внося тем самым значительный вклад в их развитие.

В том числе, при использовании ИИ возможно создание контура управления закрытого типа [6], однако, изучение особенностей применения и интеграции ИИ в контур управления представляет собой важную и в тоже время нетривиальную задачу. Особенно остро стоит вопрос о доверии, этики ИИ, интегрированного в контур управления. Ответ на них в перспективе поможет повысить эффективность функционирования предприятий, организаций, улучшить взаимодействие с человеком, а также качество принимаемых им решений.

Особенности интеллектуальной составляющей в контексте контура управления

Под ИКУ следует понимать трехкомпонентную (дополненную) эргатическую систему («человек — машина — ИИ»), в которой ИИ способен выступать в качестве партнера, «цифрового помощника» [7] при выполнении тех или иных операций, задач, брать на себя отдельно взятые функции под свой контроль и т.д. (рис 1):



Рис. 1. Интеллектуальный контур управления типа «Человек — машина — ИИ»

Так, например, главными теоретическими вопросами при создании ИКУ могут быть выделены следующие:

1. Кто занимает верховенство в принятии решений?

2. Кто из элементов первичен/вторичен при разработке и создании и дальнейшей эксплуатации ИКУ? (Человек-оператор или ИИ)?
3. Каким образом будет происходить взаимодействие между элементами?
4. Как «доверить» интеллектуальной части ИКУ выполнение действий? Сохранить этический баланс и др.;
5. Рационально ли использование ИИ в контуре управления? Если да, то каковы преимущества/недостатки?

Частично, определение ИКУ даёт ответ на поставленные выше вопросы, но так или иначе, большинство из них относятся к ИИ, что неудивительно, ведь используемая технология, особенно в контексте взаимодействия с человеком требует открытости, решенных вопросов доверия. Сложность в отслеживании логики (как например с «черным ящиком» ИИ) работы, вынуждает ориентироваться на «прозрачные» способы обучения нейронных сетей, позволяя наблюдать за процессом обучения ИИ и направлять ход обучения в зависимости от полученных результатов [1]. Это в свою очередь относится к вопросам «объяснимости», «понятности» и «предсказуемости» ИИ в ходе его обучения и выполнения поставленных задач.

Под доверием понимается состояние уверенности субъектов, использующих данную систему (пользовате-

Таблица. 1.

Стадии и этапы жизненного цикла системы ИИ

№	Этапы ЖЦ системы ИИ	Пример адаптации действий на каждом этапе
1	Формулирование конечного видения системы ИИ	Обозначение критериев, причин, указывающие на необходимость создания ИИ; Проведение исследований в данной области; Создание некоторого количества вариантов концепции ИИ, соответствующий нуждам пользователя.
2	Разработка	Формирование и утверждение требований к ИИ в контуре управления; Формулирование ТЗ проекта и документации для ИИ; Разработка, проектирование рабочей документации, ПО или их адаптация под ИИ.
3	Верификация и валидация	Выполнение подготовки материальной (подключение оборудования) и программной составляющей (проведение тестирования работы ИИ в контексте контура управления) и др.
4	Эксплуатация и сопровождение	Выполнение типовых задач при помощи ИИ, проведение дополнительно обучения ИИ, оптимизация ПО и др.
5	Вывод из эксплуатации	Прекращение работы системы ИКУ

ли, организации, регулирующие положения о создании и применении подобных систем и др.) в выполнении с определенным уровнем качества тех или иных задач, функций, которые на нее возложены [1]. Также здесь определены существенные характеристики, адаптированные в табл. 4 с иными характеристиками «ГОСТ Р 59898–2021 Оценка качества систем искусственного интеллекта» [2]; стадии и этапы жизненного цикла (далее ЖЦ) системы ИИ (табл. 1), факторы снижения ее качества на этапах создания, эксплуатации и способы обеспечения доверия к системам ИИ на соответствующих стадиях жизненного цикла (табл. 2). Табл.1 возможно интерпретировать с точки зрения её адаптации к контуру управления и ИИ:

Помимо этого, данный стандарт формулирует процесс обеспечения доверия и оценки качества систем ИИ (рис. 2).

Для того, чтобы осуществить проверку доверия, необходимо сопоставить выбранный набор характеристик и требования, предъявляемые к данной системе ИИ. Подобные действия могут быть выполнены определённым кругом лиц:

- Разработчиком, как в контексте открытых (проверка на соответствие любой из заинтересованных сторон), так и закрытых, внутренних требований (выполняются исключительно самим разработчиком);
- Потребителем, в ходе тестирования системы;
- Организацией, выполняющая функции регулирования создания и применения систем ИИ в соответствии с принятыми регулятивными нормами (например, национальными стандартами). Подобная проверка обязательна в случаях, если неправильная работа системы способна повлечь за собой возникновение угрозы техногенного характера, чрезвычайной ситуации и др.

Таблица. 2.

Факторы снижения качества и способы обеспечения доверия на стадиях создания, эксплуатации систем ИИ

Стадия ЖЦ		Факторы, негативно сказывающиеся на качестве системы ИИ	Способы по обеспечению доверия
Создание системы ИИ	Концепция	Неполный/неточный выбор необходимых характеристик системы ИИ (безопасность, надежность, функциональные характеристики и др.)	Определение и использование корректных правил для набора характеристик системы и их дальнейшего выбора
	Разработка	Отсутствие представительности в данных, предназначенные для обучения системы ИИ	Выполнение действий, по созданию представительной обучающей выборки
		Наличие смещенности в обучающей выборке и как следствие «необъективность» выходных данных	Проведение статистического анализа над набором исходных данных с дальнейшей оценкой их представительности Выполнение метода кросс-валидации выборки, полученной при ручной разметке данных. Сужение области применения системы ИИ путем внесения ограничений и др.
	Производство	Посредственная надежность системы Высокая стоимость владения	Рациональное использование ресурсов ИТ-инфраструктуры
Несоответствие системы необходимому уровню понятности, объяснимости, предсказуемости, защищенности информации о модели данных и др.		Использование улучшенных/оптимальных алгоритмов обработки данных Осуществление процедур по защите сведений о модели данных	
Эксплуатация системы ИИ	Использование	Нецелевое использование системы ИИ Недостаточная представительность выборки, периодичность самого тестирования системы ИИ. Невозможность проведения автоматического тестирования после каждого этапа обучения системы ИИ Отсутствие должной защищенности с точки зрения информационной безопасности (персональные данные, особенности функционирования системы, используемая модель данных и др.).	Учитывание факторов, среды в которой выполняется взаимодействие системы ИИ и пользователя Установление и подтверждение функциональных требований и дальнейший отбор тестовой выборки Проведение мероприятий, способствующие повышению защищенности системы в ходе эксплуатации
	Поддержка	Модель данных теряет свою актуальность	Выполнение ряда действий по актуализации модели данных
	Прекращение использования	Вывод системы из эксплуатации влечет нарушение приватности информации, данных	Принятие и соблюдение должных мер по защите от «утечек» данных.



Рис. 2. Процессы обеспечения доверия и оценки качества (подтверждения соответствия требованиям)

В свою очередь процесс подтверждения доверия к системе ИИ включает:

1. Выбор исчерпывающего набора характеристик, заинтересованными сторонами (Разработчик, потребитель, организация);
2. Формулирование и регламентирование требований, предъявляемых к характеристикам, выбранным в п.1;
3. Выполнение организационных процессов по подтверждению характеристик из п.1 требованиям, обозначенных п.2;
4. Фактическое доведение до требуемого уровня путем реализации мероприятий по обеспечению соответствия набора критически необходимых характеристик системы ИИ установленным требованиям (устранение причин, приводящих к снижению качества).

В свою очередь реализация способов в табл. 2 может протекать на любой стадии ЖЦ, при инициативе любой из ранее упомянутых сторон. Охват большей части способов доверия с последующей реализацией способно повысить качество работы всей системы в целом, поскольку каждый из них содержит те или иные преимущества и недостатки на разных стадиях (таблица 3):

Система ИИ предполагает наличие составляющих элементов, образующих многообразную структуру или архитектуру. Она поделена на конкретные уровни:

1. Физический (или сенсорный уровень, где выполняется взаимодействие со средой, в которую интегрирована система);
2. Инфраструктурный (Достаточно необходимая совокупность ресурсов, средств, способная хранить, обрабатывать и передавать данные);

Таблица 3. Особенности способов обеспечения доверия на разных стадиях жизненного цикла систем ИИ

Тип характеристик	Пример преимуществ	Примеры недостатков
Способы обеспечения доверия на стадии создания системы ИИ	Предварительное «обогащение» системы способствует снабжению необходимыми свойствами (на этапе проектирования и разработки)	Сложность в получении полной «прозрачности» процесса разработки системы (относится прежде всего к открытым требованиям, проверяемые заинтересованной стороной).
Способы обеспечения доверия на стадии эксплуатации системы ИИ	Высокая степень воспроизводимости свойств разрабатываемой системы	Отсутствие информативности для потребителя системы (в отличие от разработчика)
Способы обеспечения доверия на стадии эксплуатации системы ИИ	Возможность более понятной трактовки в контексте потребителя	Тестовые изменения характеристик системы не всегда могут быть точно прогнозируемы для использования в реальных условиях

3. Прикладной (т.е. заключительный «абстрактный» уровень, где выполняется построение интеллектуального алгоритма для обрабатывания получаемых данных).

Каждый из представленных архитектурных уровней может содержать собственный перечень существенных характеристики, а также «основания» для доверия ко всей совокупности уровней.

Так, например, на «первом» уровне совокупность требований, связанных с надежностью, безопасностью и функциональностью является приоритетной в связи с выполнением задач по физическим измерениям, проведением тестов и т.д. Показательным примером в данном случае может быть успешное выполнение технического контроля, результаты которого возможно интерпретировать как доверительные.

Реализация доверия к следующему уровню заключается в выполнении требований безопасности (выполнение мероприятий по сохранению конфиденциальности данных, подлежащих обработке, принятие и дальнейшая поддержка целостности и доступности системы в целом).

И наконец, заключительный уровень требует «подтверждения надежности и безопасности ПО» [1] как и у «обычных» информационных систем. Однако особенность отчетливо прослеживается, в ситуациях, где задействовано машинное обучение в системе ИИ. Здесь, отсутствие предвзятости или «необоснованного смещения формулируемых оценок» является одним из способов обеспечения доверия [1, с. 11].

Важно отметить, что доверие к системе ИИ будет достигнуто лишь в том случае, если все характеристики на каждом из уровней соответствуют поставленным требованиям. Иными словами, в зависимости от целей, возможна гибкая «настройка» требований как для каждого отдельного уровня, так и для всей системы ИИ целиком с учетом подбора существенных параметров (характеристик), в конечном счете способствуя повышению качества системы.

Логичным продолжением предыдущего стандарта является «ГОСТ Р 59898—2021 Оценка качества систем искусственного интеллекта. Общие положения» [2], раскрывающую часть структуры рис.1 в области оценки качества.

Как и любой другой технический или программный продукт представляет собой сложноорганизованную структуру, система ИИ в этом плане не является исключением. По этой причине, на каждом этапе жизненного цикла (см. табл. 1) необходимо удостовериться в том, что приемлемый уровень качества был достигнут. Подобная процедура позволяет выполнить несколько поставленных задач:

- Выявить состояние параметров системы (надежность, производительность, востребованности и др.) с дальнейшим их улучшением;
- Выполнение функции проверки выходных данных системы на предмет их приемлемости и обоснованности;

Таблица 4.

Существенные характеристики и субхарактеристики системы ИИ для модели качества продукта

Категория	Характеристики из ГОСТ Р 59276	Существенная характеристика	Специализированная характеристика
Функциональная группа	Функциональные возможности	Функциональные возможности	Полезность функционала; Функциональная точность; Соответствие требованиям; Функциональная полнота; Потенциал в самообучении.
		Способность к взаимодействию	Соответствие; Функциональная совместимость; Управляемость.
	Эффективность	Производительный уровень	Поведение в течение времени; Ресурсопотребление; Производительные возможности
	Мобильность	Мобильность	Адаптируемость; Простота внедрения; взаимозаменяемость
	Практичность	Практичность	Объяснимость; Обучаемость; Простота в использовании; Защита от ошибок пользователя; Эстетика пользовательского интерфейса; Доступность; Возможность взаимодействия (сотрудничества)
Надежность	Надежность	Сопровождаемость	Анализируемость; Изменяемость; Стабильность; Тестируемость; Модульность; Настраиваемость
		Надежность	Стабильность; Отказоустойчивость; Восстанавливаемость; Невосприимчивость к изменениям (робастность)
Безопасность	—	Защищенность	Конфиденциальность; Целостность; Безотказность; Подотчетность; Подлинность; Приватность

- Проверка при заданном уровне параметров (точности, надежности, достоверности) выходных данных, позволяющая убедиться в том, что система ИИ достигает поставленных целей;
- Отождествление характеристик системы и требований, указанные в нормативных актах, технической документации.

Кроме этого, данный стандарт своим содержанием раскрывает «фундаментальные» понятия (ИИ, качество, его оценка и т.д.), приводит методологическую составляющую оценки качества на стадиях ЖЦ, её модель, показатели, а также классификацию тех характеристик, которые являются существенными. В таблице 4 представлен их подробный перечень, соотнося с уже существующими в ГОСТ Р 59276-2020:

Данный стандарт, как и предыдущий невозможно использовать для «сильного» и «общего» ИИ, однако его реализация возможна на всех системах, которые используют те или иные методы ИИ (в т.ч. алгоритмы на основе машинного, дедуктивного обучения) в целях решения практических поставленных задач.

Вступивший в силу с начала года национальный стандарт 838-2023/ИСО/МЭК 23053:2022 «Искусственный интеллект. Структура описания систем искусственного интеллекта, использующих машинное обучение» систематизирует и описывает структуры систем ИИ, которые используют машинное обучение, т.е. «вычислительные методы, дающие системе возможность обучаться на основе входных данных и опыта» [3]. Данный стандарт

возможно применить в любом из типов организаций (например, некоммерческие, государственные организации), ставящей своей целью внедрить и в дальнейшем использовать системы ИИ.

В данном стандарте представлена система машинного обучения, определяющая конкретную роль и функции, специфичные для машинного обучения. Не исчерпывающий перечень элементов подобной системы представлен на рис. 3.

Также обозначены алгоритмы машинного обучения. Каждый из них прежде всего определяет модели машинного обучения и дальнейший подход к ее обучению. Структура модели и ее подход к обучению также будет зависеть от т.н. гиперпараметров — характеристики алгоритма машинного обучения, которые влияют на процесс обучения. Так или иначе, данные алгоритмы возможно использовать как в контексте предоставления информации (стадия подготовки данных) для выделения признаков, так и для полноценного создания модели машинного обучения (рис. 4,5).

Представлены различные подходы к машинному обучению, каждый из которых имеет структуру, способы взаимодействия с информацией и специфику применения при решении конкретных задач. Некоторый перечень обозначенных подходов представлен на рис. 6:

Кроме этого, процессы машинного обучения представляется возможным сопоставить с ЖЦ ИИ (рис. 7).

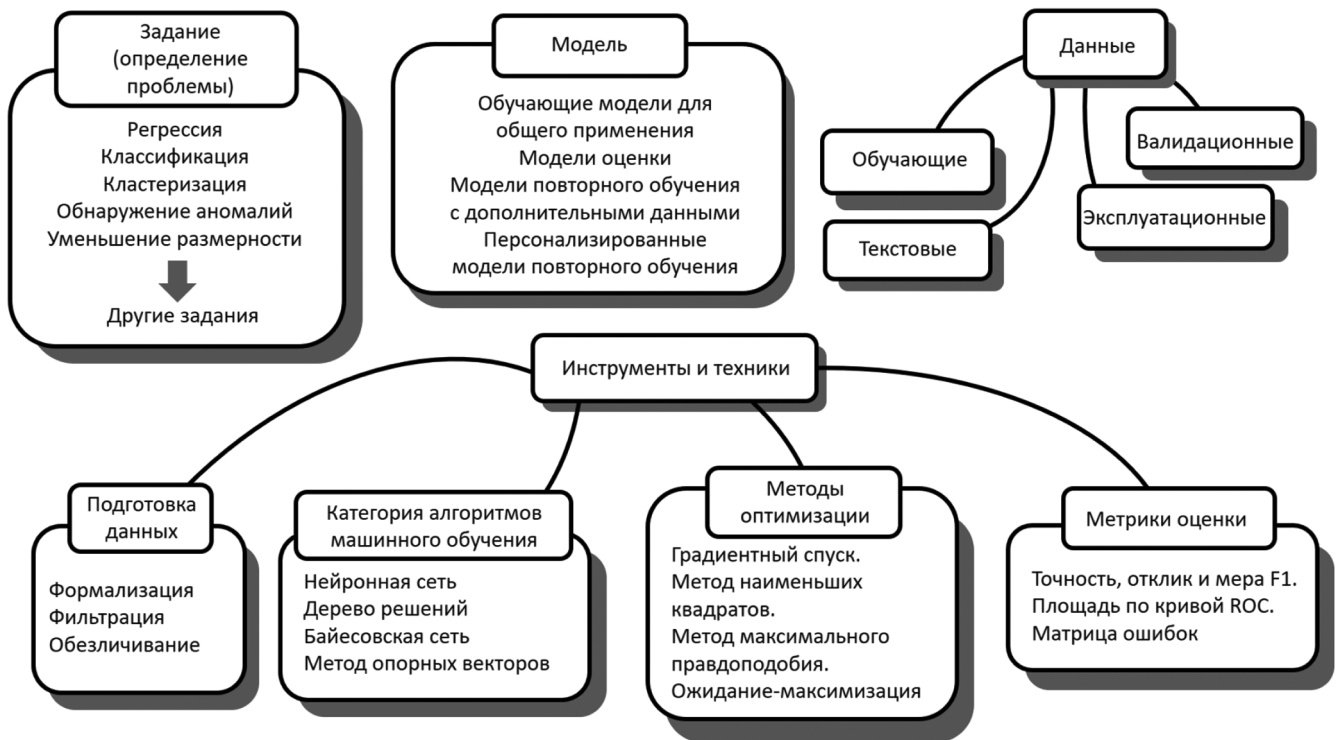


Рис. 3. Элементы системы машинного обучения



Рис. 4. Различные категорий алгоритмов машинного обучения

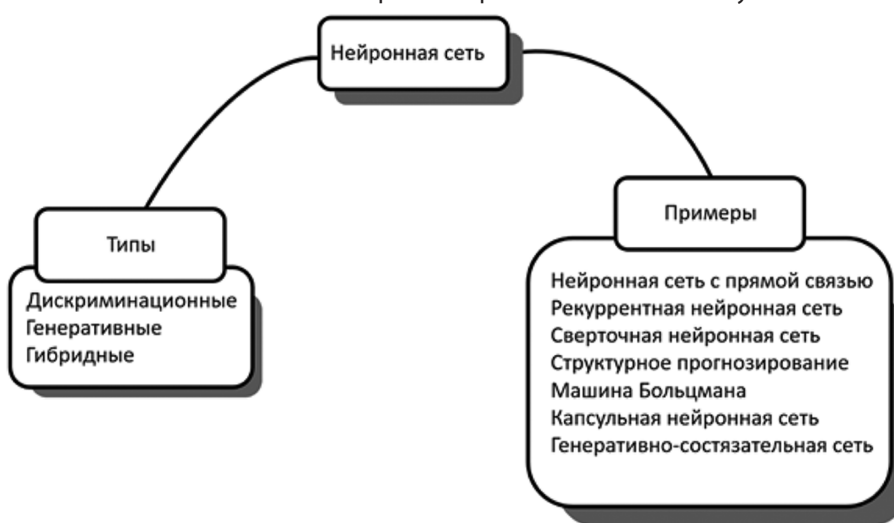


Рис. 5. Примеры различных категорий и типов алгоритмов машинного обучения (нейронных сетей)

На определенных её этапах возможно выполнение некоторой цепочки процессов (т.н. конвейер), которые важны для определения задачи и дальнейшего выбора необходимого набора данных, предназначенного для обучения модели машинного обучения. В некотором смысле, сравнение модели и этапов позволяет выявить проблемные моменты в процессе разработки ИИ для предложения способов их решения. Также, описание стандарта содержит следующую формулировку: «Данные процессы не зависят друг от друга и могут быть осуществлены в любом порядке или одновременно ... в зависимости от конкретного варианта использования могут существовать дополнительные технические ограничения, которые устанавливают определенный порядок процессов или создают необходимость их повторения», что говорит о вариативности и гибкости настройки модели машинного обучения с учетом возникновения тех или иных ограничений.

Таким образом, стандарт аккумулирует информацию о машинном обучении, представляя её как неотъ-

емлемую часть ИИ, где оптимальный выбор алгоритма, инструментов, техник, а также дальнейшее построение модели машинного обучения позволяют создать сбалансированную структуру, способную решать круг поставленных перед ней задач.

Также следует упомянуть немаловажный стандарт ГОСТ Р 59277-2020 «Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта» [4]. При помощи него установлены принципы классификации систем ИИ для сравнения подобных систем по некоторым видам параметров (деятельность, структура знаний, функции контура управления, безопасность, степень автоматизации и др.), что позволит повысить эффективность использования данных систем ИИ для решения прикладных задач (в т.ч. и во взаимодействии с человеком-оператором).

В данном стандарте и схеме классификации отображены лишь некоторые классы. К «базовым» классам возможно группирование по принципам:



Рис. 6. Подходы машинного обучения

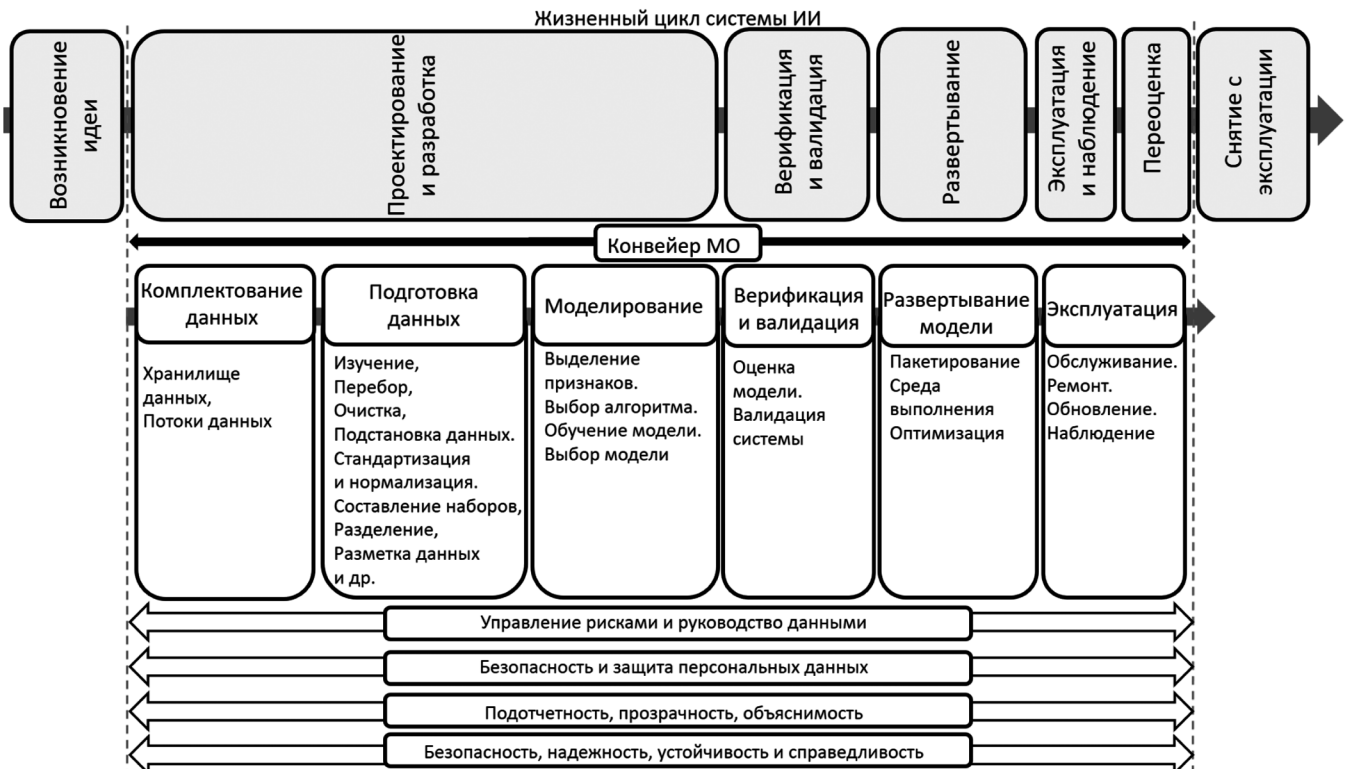


Рис. 7. Конвейер машинного обучения и его сопоставление с жизненным циклом системы ИИ

1. Самих классов и категорий объектов в управлении;
2. Технологий построения, получения и реализации знаний;
3. Функционального назначения в контексте выполнения в контуре управления;
4. Использования методов и технологий в самой системе ИИ;
5. Задействования методов и средств в системе ИИ с иными системами и с человеком-оператором.

Кроме этого, возможно создание дополнительных классификаций в силу той или иной специфики, способной содержать определенные требования к объектам, процессам (Интероперабельность, безопасность и др.). Гибкость и вариативность в классификации классов позволяет применять к некоторым системам ИИ несколько классов, дополнить классификацию по новым основаниям, подробнее раскрыть сами классы путем введения новых свойств или подклассов (внешнее наблюдение со

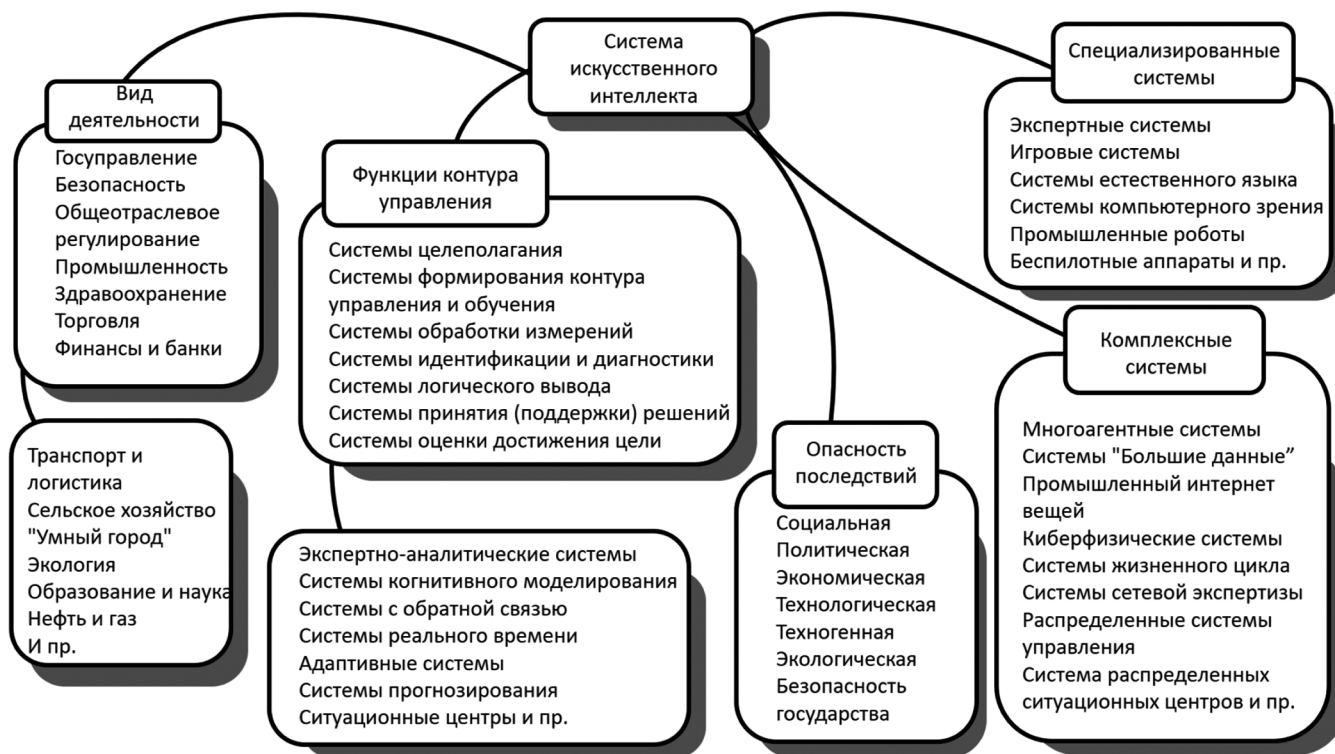


Рис. 8. Схема классификации систем ИИ

стороны автоматизированной системы/человека; степень понимания системы ИИ; степень надежности, безопасности; способность принятия управленческих решений/ выполнения планирования и др.).

На данный момент некоторые из представленных в классификации классов представляется возможным дополнить или заменить функциями ИИ. Для этого было выполнено цветовое обозначение некоторого перечня «прикладных» классов (сфер), где уже возможна интеграция ИИ. Данная информация представлена на рис. 8 и в табл. 5:

Тем не менее, ИИ, являясь результатом деятельности человека, способен вбирать в себя те или иные качества, присущие его создателю, в т.ч. такую как предвзятость. В контексте взаимодействия с системами ИИ, подобная характеристика может интерпретироваться как предвзятость подтверждения — «тип когнитивной предвзятости человека, который предпочитает прогнозы систем ИИ, подтверждающие ранее существовавшие убеждения или гипотезы», наряду с предвзятостью автоматизации — «Склонностью человека отдавать предпочтение предложениям автоматизированных систем принятия решений и игнорировать противоречивую информацию, полученную без применения автоматизации, даже если она верна» и др.

Подобная особенность может быть заложена на этапе разработки, проектировании или дальнейшей эксплу-

атации в самой системе, влияющая на «объективную», непредвзятую работу системы. С этой точки зрения, подобное свойство именуется как смещенность в системах ИИ—«систематическое различие в обработке определенных объектов», направленное на характеристику «входных данных и составных элементов систем ИИ» [5, с. 3].

Возникновение смещенности связано прежде всего с процессом обучения систем ИИ на основе реальных данных и выбора самой модели машинного обучения. В зависимости от этих и иных параметров возможно влияние смещенности на результат и как следствие, порождение как положительного (если в представленной профессии доминирующее большинство представителей мужского пола, то система ИИ для компенсации смещенности (неравенства) будет отбирать больше представителей женского пола на подобные позиции), так и отрицательного эффекта (ИИ не распознает голосовые команды людей, с дефектами речи). При определенном регулировании, также возможно достижение баланса (нейтрального эффекта) в смещенности, однако в некоторых случаях (например, в типе обучения без учителя), без такового функционирование и дальнейшее обучение не представляется возможным [5, с. 4]. Воздействие на снижение или наоборот, устранение одного вида смещенности может повлечь за собой появление или увеличение другого.

Иными словами, для достижения оптимального результата работы системы ИИ необходима «тонкая» на-

Перечень «прикладных» классов (сфер), где возможна интеграция ИИ

Основания для классификации	Классы	Заменяемые функции (Пример возможности замены)
По видам деятельности	Государственное управление, Безопасность, Общественное регулирование, Промышленность, Здравоохранение, Торговля, Финансы и банки, Транспорт и логистика, Сельское хозяйство, “Умный город”, Экология, Образование и наука, Нефть и газ	Автоматизация процессов подачи и обработки заявлений; Системы видеонаблюдения с распознаванием лиц; Автоматизация процесса лицензирования; Роботизированные конвейерные линии; Анализ медицинских изображений для диагностики; Персонализированные рекомендации товаров; Оптимизация маршрутов доставки и т.п.
По функциям контура управления	Системы с обратной связью, Системы реального времени, Адаптивные системы, Системы формирования цели, Системы формирования контура управления и обучения, Системы обработки измерений, Системы идентификации и диагностики, Системы когнитивного моделирования, Системы логического вывода Системы принятия решений, Экспертно-аналитические системы, Системы оценки достижения цели, Ситуационные центры, Системы прогнозирования	Адаптивное управление климат-контролем в зданиях; Мониторинг и управление энергосетями; Адаптация интерфейсов в зависимости от нужд пользователя; Обучение роботов для выполнения новых задач; Оптимизация бизнес-процессов; Мониторинг и управление чрезвычайными ситуациями; Прогнозирование погоды и климатических изменений и т.п.
По специализации систем	Экспертные системы (управление знаниями), Игровые системы, Системы естественного языка, Системы компьютерного зрения, Промышленные роботы, Беспилотные аппараты,	Поддержка принятия решений в сложных областях; Автоматический перевод текстов и документов; Анализ и обработка изображений и видео; Автономное проведение разведывательных операций и т.п.
По комплексности и сложности систем	Многоагентные системы, Системы “Большие данные”, Промышленный интернет вещей, Киберфизические системы, Системы жизненного цикла, Системы сетевой экспертизы, Распределенные системы управления, Система распределенных ситуационных центров,	Координация действий роботов на склад; Анализ и обработка больших объемов данных для выявления трендов; Мониторинг и управление производственными процессами; Интеграция физических объектов с компьютерными системами для повышения эффективности и т.п.
По опасности последствий	Социальная, Политическая, Экономическая, Технологическая, Техногенная, Экологическая, Безопасность государства	Анализ социальных сетей для выявления общественных трендов; Прогнозирование экономических показателей и рыночных тенденций; Мониторинг и анализ экологической обстановки Кибербезопасность и защита информационной инфраструктуры и др.

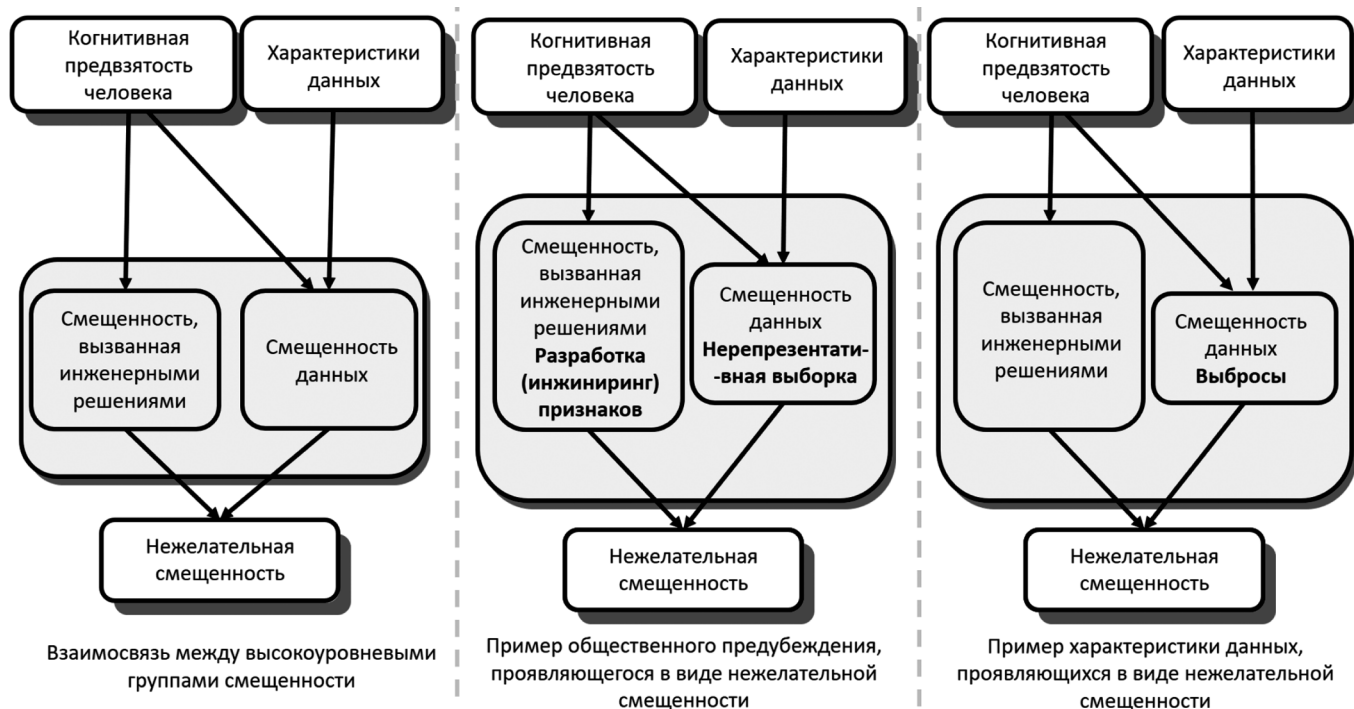


Рис. 9. Виды нежелательной смещенности

стройка входных данных, подходящий выбор модели машинного обучения, разработка и применение методов для устранения «нежелательной» смещенности (выбор и «интеграция» моральных и культурных ценностей, установление критериев приемлемости, тестирование внутренней валидности и т.д.). На рис. 9 представлены виды нежелательной смещенности:

Данную особенность возможно представить в качестве угрозы, под которой следует понимать перечень обстоятельств и действий, способных привести нарушению безопасности системы. Угрозы, исходящие от ИИ, способны проявляться в различных сферах деятельности, где ему находится соответствующее применение (информационные технологии, юриспруденция, промышленность, здравоохранение и т.д.).

Примерами могут быть этические (предвзятость в данных, влекущая за собой дискриминацию отдельной группы людей, общества и т.д.), социальные (Замена ИИ рабочих мест; непредсказуемость работы ИИ, предвзятость его алгоритмов при решении определенных задач в производственной сфере), а также угрозы, связанные со сферой безопасности (Использование недостатков системы ИИ при выполнении атак на информационную систему; генерация контента (текст, изображения) с целью нанесения ущерба (дезинформация, DeepFake и т.д.); ненадежность или недостаточная защищенность системы ИИ, приводящая к компрометации конфиденциальных данных и т.д.).

Принимая во внимание тот факт, что ИКУ состоит из отдельных элементов, очевидно, что каждый из эле-

ментов подвержен нормативному регулированию. Поскольку ИКУ состоит из отдельных и в тоже время взаимосвязанных элементов, возможно выполнить объединение «регулятивной» и «практической» составляющей, именуемые «внешним» и «внутренним» контуром. Подобная иллюстрация представлена на рис. 10:

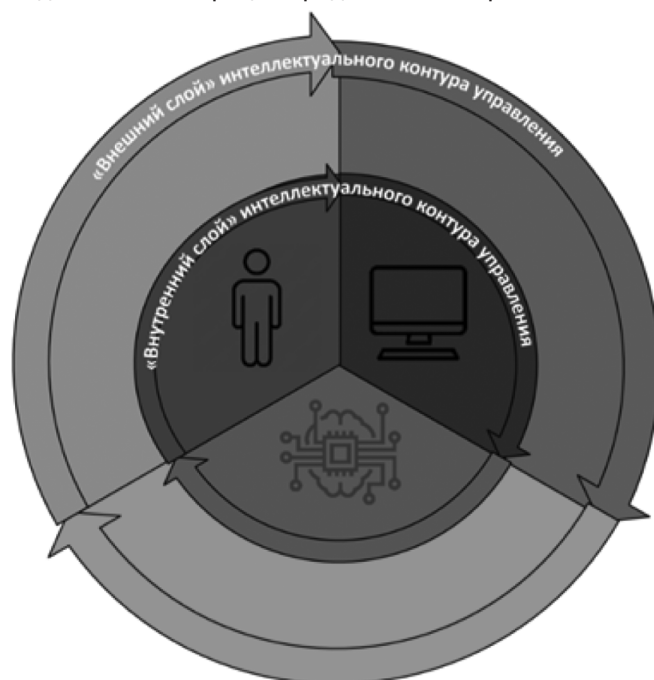


Рис. 10. Структура внешнего и внутреннего слоя интеллектуального контура управления

Внешний слой представлен в виде стандартов для интеллектуального контура управления, выполняющие

регулятивные, «эталонные» функции каждой отдельной области. В свою очередь внутренний, представляет собой цельную структуру, а именно сам ИКУ, используемый для решения тех или иных поставленных задач.

Заключение

Таким образом, исследование возможностей использования различных систем ИИ, замещающих компоненты системы «Человек-Машина-ИИ» показало, что

интегрированный ИИ в структуру контура управления информационной системы для повсеместного, удобного и результативного использования должен быть дружелюбным, доверительным. Выше представленные особенности исходят из запроса прежде всего человека, в последующем приобретающие форму в тех или иных требованиях, стандартах. Следовательно, соответствие ИИ подобным «запросам» в рамках ИКУ делает его таковым.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 59276-2020. «Системы искусственного интеллекта. СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОВЕРИЯ. Общие положения: Национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2021-01-03 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Изд. Официальное. — Москва: Стандартинформ, 2021— 16 с.
2. ГОСТ Р 59898–2021. Оценка качества систем искусственного интеллекта. Общие положения: Национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2022-01-03 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Изд. Официальное. — Москва: Российский институт стандартизации, 2021 — 24 с.
3. ПНСТ 838-2023/ИСО/МЭК 23053:2022. Искусственный интеллект. Структура описания систем искусственного интеллекта, использующих машинное обучение. Национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2024-01-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Изд. Официальное. — Москва: Российский институт стандартизации, 2023 — 40 с.
4. ГОСТ Р 59277-2020. Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта. Национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2021-01-03 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Изд. Официальное. — Москва: Стандартинформ, 2021 — 16 с.
5. ПНСТ 839-2023. Искусственный интеллект. Смещенность в системах искусственного интеллекта и при принятии решений с помощью искусственного интеллекта. Национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2024-01-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Изд. Официальное. — Москва: Российский институт стандартизации, 2023 — 42 с.
6. Остроух, А.В. Интеллектуальные системы: монография / А.В. Остроух. — Красноярск: Научно-инновационный центр, 2020. — 316 с.
7. Никитенко С.В. Международно-правовое регулирование искусственного интеллекта: анализ текущего состояния и перспективы развития // Вестник ВУиТ. 2021. №2 (98). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhdunarodno-pravovoe-regulirovanie-iskusstvennogo-intellekta-analiz-tekuschego-sostoyaniya-i-perspektivy-razvitiya> (дата обращения: 25.04.2024).

© Горячкин Борис Сергеевич (bsgor@mail.ru); Гришин Кирилл Павлович (kirillgrish2014@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ YOLO ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧЕВЫХ ТОЧЕК НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ЗАДНЕГО ОТДЕЛА СТОПЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПЛОСКО-ВАЛЬГУСНОЙ ДЕФОРМАЦИИ СТОПЫ

APPLICATION OF THE YOLO MODEL FOR AUTOMATIC DETECTION OF KEY POINTS ON IMAGES OF THE REAR PART OF THE FOOT FOR DIAGNOSING FLAT-VALGUS DEFORMITY OF THE FOOT

V. Zhilin

Summary. Flat-valgus deformity of the foot (FVDF) is a common orthopedic disorder requiring accurate diagnosis for effective treatment. This study investigates the application of the YOLO model for automatic detection of key points on images of the rear part of the foot related to FVDF. A dataset including images with various degrees of foot deformation was collected for this purpose. The YOLO model was trained on these data, and its accuracy was evaluated on a test set. The results showed that the YOLO model has the potential to automate the diagnosis of FVDF, and increasing the volume of training data can improve its performance. These findings highlight the prospects of using the YOLO model in clinical practice to enhance the diagnosis and treatment of FVDF.

Keywords: flat-valgus deformity of the foot, YOLO, diagnosis.

Жилин Валентин Валерьевич

Марийский государственный университет (г. Йошкар-Ола)
zhilin.valentin.72@gmail.com

Аннотация. Плоско-вальгусная деформация стопы (ПВДС) является распространенным ортопедическим нарушением, требующим точной диагностики для эффективного лечения. В данном исследовании рассматривается применение модели YOLO для автоматического определения ключевых точек на изображениях заднего отдела стопы, связанных с ПВДС. Для этого был собран набор данных, включающий изображения с различными степенями деформации стопы. Модель YOLO была обучена на этих данных, и ее точность была оценена на тестовом наборе. Результаты показали, что модель YOLO обладает потенциалом для автоматизации диагностики ПВДС, а увеличение объема обучающих данных может улучшить ее производительность. Эти результаты подчеркивают перспективы использования модели YOLO в клинической практике для улучшения диагностики и лечения ПВДС.

Ключевые слова: плоско-вальгусная деформация стопы, YOLO, диагностика.

Плоско-вальгусная деформация стопы (ПВДС) или вальгусная пятка — это распространенная проблема в сфере ортопедии и педиатрии, требующая точной диагностики и лечения [8]. Эти аномалии характеризуются асимметричным или симметричным снижением продольного или поперечного арок стопы, что может привести к различным последствиям, включая болевой синдром, дисфункцию стопы, артрит и даже повышенный риск травм [7].

ПВДС и вальгусная пятка часто являются результатом комплексного воздействия различных факторов, таких как генетическая предрасположенность, несоответствие обуви, избыточный вес, аномалии развития стопы и мышечно-связочного аппарата, а также травмы или хирургические вмешательства [6].

Для точной диагностики ПВДС и вальгусной пятки необходимо провести комплексное обследование, включающее в себя клинический осмотр, анатомическую оценку стопы, рентгенографию и, в некоторых случаях,

компьютерную томографию или магнитно-резонансную томографию [9].

Эффективное лечение ПВДС и вальгусной пятки зависит от степени деформации, наличия сопутствующих осложнений и индивидуальных особенностей пациента. Оно может включать консервативные методы, такие как физиотерапия и реабилитационные упражнения, а также хирургические вмешательства, направленные на коррекцию анатомических аномалий и восстановление функции стопы [5].

Для того чтобы определить степень деформации или степень плоскостопия, можно вычислить угол пронации заднего отдела стопы [4]. Чтобы определить угол пронации, проводят оси. В качестве первой точки зачастую используют бугорок пяточной кости — n , далее по середине ахиллова сухожилия проводят линию до уровня лодыжек — h , вторая линия начинается от лодыжки и продолжается по голени, ось также должна быть посередине голени до точки k . В результате получают две оси nh

и hk , между которыми и требуется определить искомый угол и установить степень деформации для каждой ноги. Пример таких осей приведен на рисунке 1. Если угол между осями hn и hk меньше 6° , то принято считать, что плоско-вальгусная деформация стопы отсутствует, а иначе возможно наличие данной деформации.



Рис. 1. Пример осей для определения угла пронации

В связи с нарастающей популярностью и применением искусственного интеллекта (ИИ) в медицинской практике [2], особенно в области обработки изображений и анализа данных, применим одну из популярнейших моделей YOLO для определения ключевых точек [1]. В рамках нашей работы, ключевыми точками будут, точки n , h , k , которую модель должна определить в автоматическом режиме. Цель работы — проанализировать точность модели на выборках из 100 и 500 уникальных размеченных изображений.

Проведение анализа эффективности модели позволит в дальнейшем произвести оценку ее потенциала для клинического применения. Результаты этого анализа позволят оценить точность, специфичность модели, а также сравнить её с традиционными методами.

Для разработки и обучения модели автоматического определения ключевых точек с использованием YOLO необходимо было провести тщательную подготовку данных. Этот процесс включал в себя несколько ключевых этапов, начиная со сбора клинических данных и заканчивая разметкой данных.

Сперва был проведен сбор набора изображений, содержащих изображения заднего отдела стопы с различными уровнями ПВДС. Кроме того, в набор данных были включены изображения стоп пациентов, у которых отсут-

ствует данная патология. Эти данные были собраны в рамках исследовательской работы по диагностике ПВДС.

Для обучения модели были размечены изображения с указанием расположения ключевых точек внутри областей интереса (bounding box). Для более эффективной разметки данных применены инструменты компьютерного зрения, CVAT (Computer Vision Annotation Tool) и roboflow. Оба инструмента предоставляют богатый набор функции для аннотации изображений, позволяют аннотаторам (разметчикам, маркировщикам) данных проводить разметку более точно и эффективно.

Для обучения модели была выбрана архитектура YOLO-pose, основанная на популярной архитектуре YOLO (You Only Look Once), специально адаптированной для задач обнаружения и аннотации ключевых точек на изображениях. Основной принцип работы YOLO-pose состоит в том, что модель одновременно предсказывает координаты областей интереса, определяющих положение объектов на изображении, а также координаты ключевых точек, относящихся к этим объектам [3]. Модель на основе YOLO является мощным инструментом для обнаружения объектов на изображениях. В отличие от других методов, которые требуют множественных проходов, YOLO способен делать предсказания за один проход. Он использует сверточные слои для извлечения характеристик объектов, а затем полносвязные слои для предсказания их классов и областей интереса. Выходной слой YOLO содержит сетку ячеек, каждая из которых предсказывает объекты в определенной области изображения [10]. Это позволяет снизить количество ложных срабатываний и увеличить точность обнаружения.

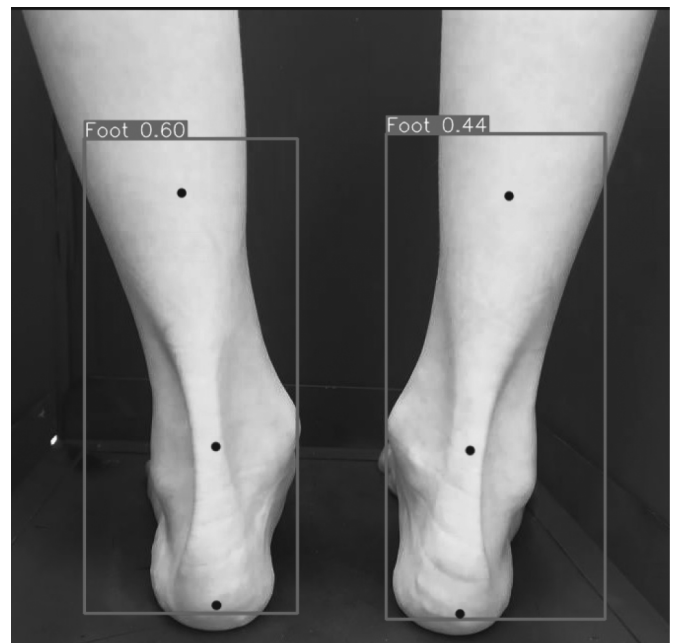


Рис. 2. Результат работы модели YOLO-pose

После проведения обучения модели на наборах данных, содержащих 100 и 500 изображений соответственно, был проведен анализ и оценка результатов модели. Модель, обученная на 100 изображениях, протестирована на 50 новых (тестовых) изображениях. Для левой ноги точность достигла 53 %, а для правой ноги данный показатель составил 33 %. С увеличением количества обучающих изображений до 500, точность модели на тестовых данных увеличилась. Для левой ноги достигнута точность в 65 %, а для правой 55 %. Результат работы продемонстрирован на рисунке 2.

Необходимо также учитывать, что точность модели подвержена влиянию различных факторов, включая параметры и структуру модели, а также качество, разрешение изображения и угол съемки. Наиболее значимые факторы — это качество разметки и количество доступ-

ных наборов данных для обучения модели. От них напрямую зависит точность и истинность результатов.

Таким образом, результаты настоящего исследования подтверждают перспективность модели YOLO в области определения ключевых точек на изображениях заднего отдела стопы, последующего определения степени ПВДС. Увеличение точности модели с увеличением объема обучающих данных указывает на значимость использования крупных наборов данных для улучшения ее производительности. Эти выводы поддерживают идею о возможном интегрировании модели YOLO в клиническую практику для автоматизированного анализа стопы и оценки ее состояния, что может значительно улучшить диагностику пациентов с ПВДС и вальгусной пяткой, но при условии, что модель будет обучена на достаточном количестве данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ подходов, методов и решений для детектирования позы человека. Выбор инструмента для задачи определения эмоционального состояния человека по его позе / Ю.В. Киселев, И.А. Богомолов, В.Л. Розалиев, В.А. Баклан // *Современные наукоемкие технологии*. — 2023. — № 6. — С. 41–47.
2. Бруттан Ю.В., Новиков А. Исследование нейронных сетей для анализа медицинских изображений // *Вестник Псковского государственного университета*. Серия: Технические науки. — 2020. — № 11. — С. 49–54.
3. Камынин В.А. Нейронные сети как инструмент детектирования объектов в видеопотоке на примере YOLOv7 // *Исследовательский потенциал молодых ученых: взгляд в будущее: Сборник материалов XIX Региональной научно-практической конференции магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Тула, 09 февраля 2023 года*. — Тула: Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, 2023. — С. 49–51.
4. Ортопедическая диагностика: Руководство-справочник / Маркс В.О. Минск: Наука и техника; 1978. 512 с.
5. Процко В.Г., Тадж А.А., Олейник А.В. Классификация плоско-вальгусной деформации стоп у взрослых, метод определения степени деформации // *Сборник научных трудов, посвященный 25-летию кафедры травматологии и ортопедии Российского университета дружбы народов, Москва, 25 марта 2017 года*. — Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2017. — С. 356–362.
6. Самойлова Р.С., Самойлов С.П., Самойлова А.С. Стопа — фундамент тела // *Авиценна*. — 2018. — № 16. — С. 35–38. — EDN YSWFZU.
7. Тимаев М.Х., Сертакова А.В., Рубашкин С.А. Результаты оперативного лечения детей с плоско-вальгусной деформацией стоп // *Организационные и клинические вопросы оказания помощи больным в травматологии и ортопедии: Сборник тезисов XIII межрегиональной научно-практической конференции, Воронеж, 1–2 декабря 2017 года / Под редакцией В.Г. Самодая*. — Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2017. — С. 202–203.
8. Щекин О.В., Щекин А.О. Консервативное лечение врожденной плоско-вальгусной деформации стоп у детей // *Запорожский медицинский журнал*. — 2011. — Т. 13, № 1. — С. 033–036.
9. Щекин О.В., Щекин А.О. Диагностика врожденной плоско-вальгусной деформации стоп у детей // *Патология*. — 2010. — Т. 7, № 3. — С. 65–69.
10. Terven J., Córdova-Esparza D-M., Romero-González J-A. A Comprehensive Review of YOLO Architectures in Computer Vision: From YOLOv1 to YOLOv8 and YOLO-NAS. // *Machine Learning and Knowledge Extraction*. 2023. Vol.4, No. 5. P. 1680–1716.

© Жилин Валентин Валерьевич (zhilin.valentin.72@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ АГЕНТА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ ТЕМПОРАЛЬНОЙ ПАМЯТИ

INCREASING THE EFFICIENCY OF AGENT TRAINING BASED ON THE HIERARCHICAL TEMPORAL MEMORY MODEL

**G. Kanonir
A. Filchenkov**

Summary. Modern methods of reinforcement learning have a number of limitations imposed by the used paradigm of artificial neural networks with a point model of a neuron. The use of the «hierarchical temporal memory» (HTM) model has the potential both for the development of already established training methods and for the creation of new ones. The aim of this paper is to propose a new design of a spatial-temporal memory unit that allows an agent based on the HTM model to take into account a temporal context of limited length and, due to this, to increase the efficiency of its learning when solving problems in which the actual reward received depends on a temporal context of a size smaller than the maximum length of the sequences of observations and actions considered within the framework of the problem being solved.

Keywords: biologically plausible machine learning methods, reinforcement learning, hierarchical temporal memory.

Канонир Георгий
Аспирант, Университет ИТМО
kanonirs@gmail.com

Фильченков Андрей Александрович
к.ф.-м.н., Университет ИТМО
afilchenkov@itmo.ru

Аннотация. Современные методы обучения с подкреплением имеют ряд ограничений, наложенных использующейся парадигмой искусственных нейронных сетей с точечной моделью нейрона. Использование модели «иерархической темпоральной памяти» (HTM) имеет потенциал как для развития уже устоявшихся методов обучения, так и для создания новых. Целью данной работы является предложение нового дизайна блока пространственно-темпоральной памяти, позволяющего агенту на основе модели HTM учитывать темпоральный контекст ограниченной длины и, за счёт этого, повысить эффективность его обучения при решении задач, в которых фактически получаемое вознаграждение зависит от темпорального контекста размера меньшего, чем максимальная длина рассматриваемых в рамках решаемой задачи последовательностей наблюдений и действия.

Ключевые слова: биологически-правдоподобные методы машинного обучения, обучение с подкреплением, иерархическая темпоральная память.

Введение

Современные методы обучения с подкреплением имеют ряд ограничений, наложенных использующейся парадигмой искусственных нейронных сетей с точечной моделью нейрона, включая слабую устойчивость к шуму во входных данных [1], низкую эффективность хранения информации в модели, приводящей к появлению проблемы катастрофического забывания и невозможности непрерывного обучения [2], а также низкую эффективность процесса обучения [3]. Использование последних достижений нейронаук в рамках новой теории интеллекта — «теории тысячи мозгов» (The Thousand Brains Theory of Intelligence) [4], а также применение модели «иерархической темпоральной памяти» (Hierarchical Temporal Memory, HTM) [5], частично реализующей данную теорию в виде модели машинного обучения, имеют потенциал как для развития уже устоявшихся методов обучения с подкреплением, так и для создания новых подходов решения этой задачи.

Ранее автором данной работы была предложена простая и легко интерпретируемая одноуровневая архи-

тектуры агента на основе модели HTM [6]. Архитектура структурно представляет собой три взаимодействующих модуля: (1) память агента, построенная на основе блоков пространственно-темпоральной памяти HTM, использующейся для хранения сенсорно-моторного опыта агента; (2) модуль, выполняющий оценивание выполняемых агентом действий, а также формирующий обратные синоптические связи, отражающие выработанную агентом стратегию поведения и играющие ключевую роль при выборе следующего действия; (3) модуль, ответственный за выбор следующего действия агента (учитывая предпочтения, основанные на предыдущем опыте агента). Несмотря на то, что предложенная архитектура была успешно апробирована как на задаче о классическом, так контекстуальном многоруком бандите с мгновенным или отложенным вознаграждением, для некоторых постановок задачи анализ полученных результатов показал низкую эффективность процесса обучения. В первую очередь данная проблема затрагивает случаи, когда фактически получаемое вознаграждение зависит от темпорального контекста размера меньшего, чем максимальная длина рассматриваемых в рамках решаемой задачи последовательностей наблюдений и действия.

Целью данной работы является предложение нового дизайна блока пространственно-темпоральной памяти, позволяющего агенту учитывать темпоральный контекст различной длины, но с ограничением верхнего значения.

Модель НТМ

Блок пространственно-темпоральной памяти НТМ структурно представляет собой набор мини-колонок или групп нейронов. Любые два нейрона из одной мини-колонки имеют идентичное рецептивное поле, т.е. они реагируют на идентичные паттерны во входном образе, но для нейронов из разных колонок такой гарантии нет и, вероятнее всего, такие нейроны будут иметь в меньшей или большей степени различные рецептивные поля. При этом наличие множества нейронов в каждой мини-колонке используется для предоставления возможности формирования представления некоторого образа в различных темпоральных контекстах.

Число нейронов в каждой мини-колонке одинаковое и оно определяет количество контекстов, в которых может быть представлен входной образ с гарантированной возможностью отличить представления одного и того же образа в различных контекстах. При этом в оригинальном алгоритме модели НТМ отсутствует возможность ограничения длины используемого темпорального контекста, что и является тем фактором, что приводит к ранее описанной проблеме.

Постановка проблемы

Рассмотрим проблему более наглядно, решая эпизодическую задачу о контекстуальном многоруком бандите с отложенным вознаграждением и предположим, что есть блок пространственно-темпоральной памяти НТМ (в рамках рассматриваемой архитектуры агента называется памятью состояний агента), на вход которого подается представление, отражающее некоторое наблюдение в контексте предшествующего ему действия. Для примера, пусть набор данных будет состоять из двух последовательностей $x = [x_1, \dots, x_m, z_1, \dots, z_k]$ и $y = [y_1, \dots, y_n, z_1, \dots, z_k]$, имеющих различные префиксы-подпоследовательности: $[x_1, \dots, x_m]$ и $[y_1, \dots, y_n]$, за которым следует общая часть — подпоследовательность длины k : $[z_1, \dots, z_k]$. При этом получаемое в конце эпизода вознаграждение зависит от темпорального контекста длины k т.е. зависит только от общей подпоследовательности, а принимаемое агентом решение зависит от представления z_k в темпоральном контексте.

Поскольку модель НТМ не предоставляет возможности ограничить длину используемого темпорального контекста, представления z_k в темпоральном контексте для двух последовательностей будут различны. Следовательно, для выработки оптимальной стратегии пове-

дения агенту необходимо проделать двойную работу, определяя её отдельно для каждой из двух наблюдаемых последовательностей.

Метод

Для снятия ранее рассмотренного ограничения предлагается концепция и дизайн памяти произвольного порядка (рис. 1), в которой максимальная длина используемого темпорального контекста является гиперпараметром модели. Создание такой памяти представляется наиболее естественными за счёт объединения блоков памяти первого порядка, состояние которого зависит только от его состояния в предшествующий момент времени, и памяти высокого порядка, состояния которого соответственно зависит от темпорального контекста высокого порядка. Далее новый дизайн блока пространственно-темпоральной памяти будет рассмотрен более подробно, но главная его суть заключается в формировании в каждый момент времени особого представления входных данных, являющегося суперпозицией представлений, построенных на основе темпоральных контекстов разных порядков.



Рис. 1. Блок пространственно-темпоральной памяти произвольного порядка

В оригинальном алгоритме модели НТМ состояние блока пространственно-темпоральной памяти, представимое в виде бинарного вектора, является представлением его входного образа в данный момент времени, но учитывая темпоральный контекст. При этом каждый элемент состояния блока памяти отражает состояние соответствующего нейрона, т.е. является ли нейрон в данный момент времени активным или нет. Базовым изменением в рамках нового дизайна блока памяти является замена бинарного выхода НТМ нейрона на выход в виде бинарного вектора $a = [a_1, \dots, a_k]$, где на i -той позиции при $i = 1 \dots k$ будет 1, если нейрон стал активен за счёт темпорального контекста i -ого порядка или 0, в противном случае.

Создание блока памяти первого порядка достигается за счёт использования оригинального блока памяти НТМ, установив значение нейронов в каждой мини-колонке равным единице, и замены выхода каждого нейрона на бинарный вектор, в котором единица может

быть только на первой позиции, что отражает активацию нейрона за счёт темпорального контекста первого порядка.

Создание блока памяти высокого порядка достигается за счёт использования оригинального блока памяти НТМ, но с изменением алгоритма активации и формирования выхода нейрона. Благодаря тому, что каждый нейрон теперь обладает информацией за счёт темпорального контекста каких порядков были активны нейроны в предшествующий момент времени, на выходе нейрона формируется бинарный вектор, в котором на i -ой позиции будет единица, если данный нейрон стал активен за счёт нейронов, которые были активны в предшествующий момент времени за счёт темпорального контекста $(i-1)$ -ого порядка.

Таким образом выход блока памяти первого порядка формирует своего рода реперное представление для начала последовательности темпорального контекста, а блок памяти высокого порядка использует полученное реперное представление и на его основе строит представления разных порядков. В свою очередь выход блока памяти произвольного порядка, представимый в виде бинарного тензора, является суперпозицией представлений, построенных на основе темпоральных контекстов разных порядков.

Апробация и результаты

Для апробации предлагаемого решения была выбрана задача о контекстуальном многооруком бандите

с отложенным вознаграждением, в которой получаемое в конце каждого эпизода вознаграждение зависит от темпорального контекста ограниченной длины.

В рамках апробации было проведено два эксперимента — с использованием оригинального прототипа агента и с использованием модифицированного прототипа агента, способного учитывать темпоральный контекст разного порядка. В обоих случаях каждый эпизод состоял из n шагов, на каждом из которых агент выбирал одно из m возможных действий, и только в конце эпизода агент получал отличное от нуля вознаграждение. Отличие экспериментов заключалось в том, что в первом случае вознаграждение зависело от выбора агента на каждом шаге эпизода, т.е. оно зависело от полного темпорального контекста, а во втором — только от выбора агента на последних k шагах, где $k < n$, т.е. оно зависело от ограниченного темпорального контекста. Пример задачи (рис. 2) отражает распределение вознаграждений для каждой последовательности действий (состоящей из трех шагов). Ценности последовательностей действий $q^*(a)$, где $a = \text{'111'}$, '112' , ..., '222' , выбирались из нормального распределения со средним равным нулю и единичной дисперсией. В конце каждого эпизода агент получал вознаграждение, которое выбиралось из нормального распределения со средним $q^*(a_t)$, где a_t — это фактически выбранная последовательность действий на шаге t , и единичной дисперсией.

На рис. 3 показаны результаты экспериментов при $n = 4, m = 2, k = 3$ — среднее вознаграждение (слева)

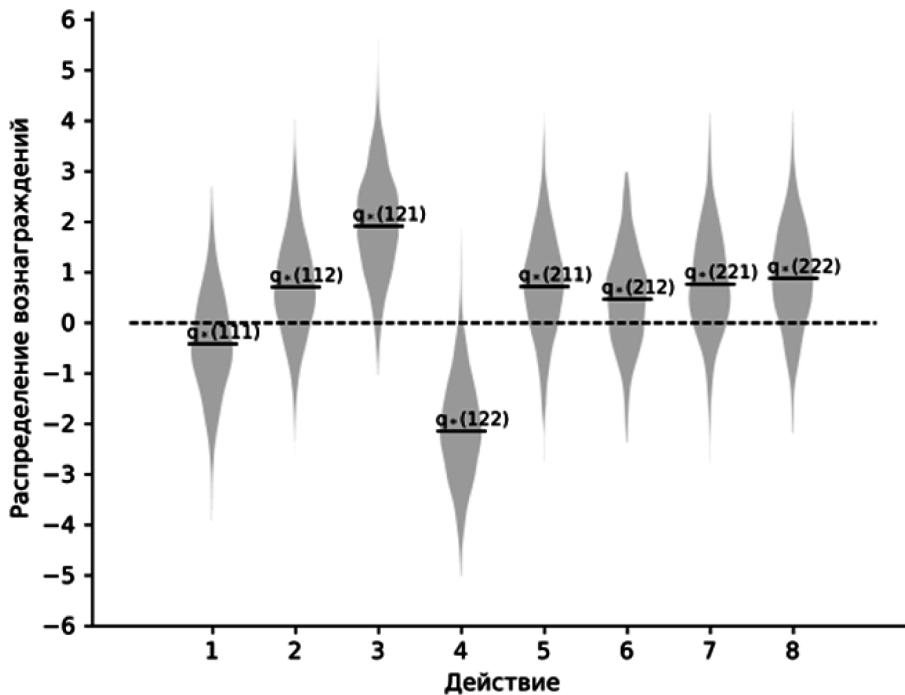


Рис. 2. Пример задачи о контекстуальном многооруком бандите с отложенным вознаграждением (распределения показаны серым цветом)

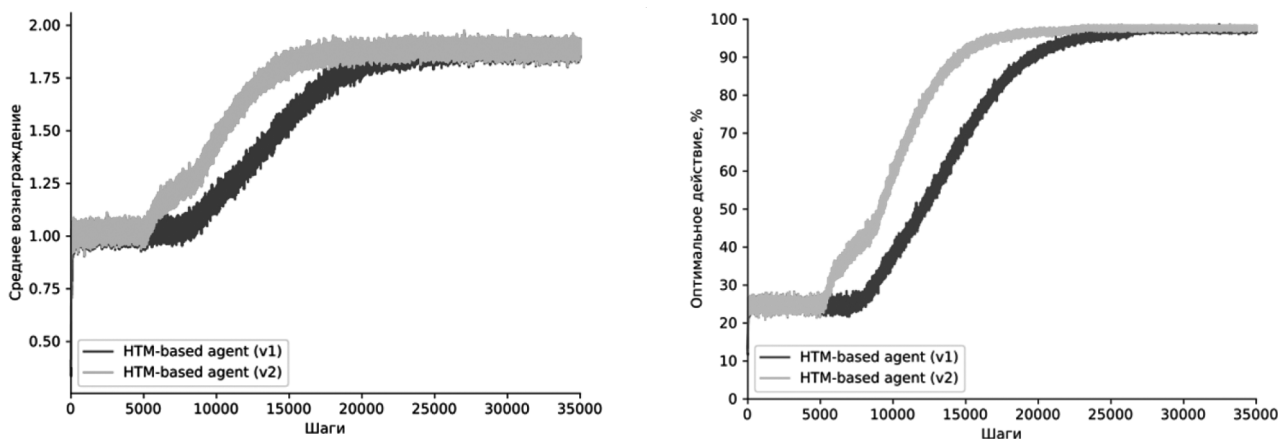


Рис. 3. Задача контекстуальном многоруком бандите с отложенным вознаграждением: среднее вознаграждение (слева) и доля выбора оптимального действия (справа)

и доля выбора оптимальной последовательности действий справа, полученные с использованием оригинального и модифицированного прототипов агента на основе модели НТМ. Оценки были получены усреднением по выборке после проведения эксперимента на фиксированной задаче 2000 раз. Как оригинальный, так и модифицированный прототипы агента успешно справляются с поставленной задачей, но последний вырабатывает и переходит к использованию оптимальной стратегии поведения даже на такой простой задаче заметно быстрее.

Заключение

Модель НТМ обладает множеством преимуществ по сравнению с традиционными искусственными нейронными сетями. В настоящее время ее основополагающие принципы, а также алгоритм, обеспечивающий ее функционирование, позволяют наиболее успешно применять данную модель для решения задач, требующих выявления темпоральных закономерностей, например, с целью прогнозирования или выявления аномалий на основе потока входных данных. Тем не менее, в рамках исследования о возможности применения модели

НТМ для решения задач обучения с подкреплением, было выявлено значительное ограничение модели, приводящее к низкой эффективности процесса обучения из-за невозможности ограничить длину используемого в каждый момент времени темпорального контекста.

Предлагаемый в рамках данной работы новый дизайн блока пространственно-темпоральной памяти позволяет естественным образом ограничить максимальный размер используемого темпорального контекста. Данная возможность позволяет существенно повысить эффективность обучения для случаев, когда получаемое агентом вознаграждение зависит от темпорального контекста меньшего порядка, чем длина возможных темпоральных последовательностей. При этом необходимо отметить, что предлагаемое решение не исключает полностью возможности «заглянуть» в более далекое прошлое, поскольку модель НТМ предполагает в принципе наличие иерархии, формирование на каждом ее уровне темпорально стабильных представлений, охватывающих более длительные интервалы времени и образование обратных связей, обеспечивающих ниже расположенные уровни информацией об обобщенном темпоральном контексте более высокого уровня.

ЛИТЕРАТУРА

1. Liu M. et al. Analyzing the noise robustness of deep neural networks // 2018 IEEE Conference on Visual Analytics Science and Technology (VAST). — IEEE, 2018. — с. 60–71.
2. Goodfellow I.J. et al. An empirical investigation of catastrophic forgetting in gradient-based neural networks // arXiv preprint arXiv:1312.6211. — 2013.
3. Thompson N. C. et al. The computational limits of deep learning // arXiv preprint arXiv:2007.05558. — 2020.
4. Hawkins J. A thousand brains: A new theory of intelligence. Монография. — 2021. — 288 с.
5. Hawkins, J. et al. Biological and Machine Intelligence. — 2016 — 2020 URL: <https://numenta.com/resources/biological-and-machine-intelligence/> (дата обращения: 01.05.2024).
6. Канонир Г. (науч. рук. Фильченков А.А.) Одноуровневая архитектура агента на основе модели иерархической темпоральной памяти // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание. — СПб: Университет ИТМО, [2023]. URL: <https://kmu.itmo.ru/digests/article/9901>

© Канонир Георгий (kanonirs@gmail.com); Фильченков Андрей Александрович (afilchenkov@itmo.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПЕРСПЕКТИВЫ ИНФОРМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ: ERP-СИСТЕМЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

PROSPECTS OF MANAGEMENT INFORMATIZATION IN INDUSTRIAL ENTERPRISES: NEW GENERATION ERP SYSTEMS

**D. Karyugin
A. Bashkeev
P. Braginsky**

Summary. In modern economic conditions, when the speed and accuracy of decisions have begun to play a decisive role in improving business efficiency, ERP systems of the new generation (Enterprise Resource Planning) have become one of the important management tools. Such systems help to integrate and automate key business processes of the company, providing a single information space for managing various aspects of its activities. This article examines the relevance of management informatization in industrial enterprises. The characteristic of the concept and purpose of ERP systems of a new generation in modern conditions is given. The features of ERP systems of the new generation are revealed. In particular, the following aspects were attributed to them: the use of cloud technologies for storing and processing information, the integration of artificial intelligence and machine learning into ERP systems, the use of mobile solutions with data synchronization, the use of the Internet of Things, increased cybersecurity. Based on the conducted research, the advantages of using a new generation of ERP systems were identified and systematized. These included: increased work efficiency, improved decision-making by management, flexibility and scalability of programs, the ability to reduce costs and optimize.

Keywords: ERP system, ERP, innovations, new technologies, artificial intelligence, Enterprise Resource Planning.

Карюгин Дмитрий Андреевич

Аспирант, Московский государственный университет
технологий и управления имени К.Г. Разумовского
a.karyugin@mgutm.ru

Башкеев Александр Анатольевич

Аспирант, Московский государственный университет
технологий и управления имени К.Г. Разумовского
a.bashkeev@mgutm.ru

Брагинский Павел Борисович

Аспирант, Московский государственный университет
технологий и управления имени К. Г. Разумовского
p.braginsky@mgutm.ru

Аннотация. В современных экономических условиях, когда скорость и точность принимаемых решений стали играть решающую роль в повышении эффективности бизнеса, одним из важных инструментов управления стали ERP-системы нового поколения (Enterprise Resource Planning — планирование ресурсов предприятия). Такие системы помогают интегрировать и автоматизировать ключевые бизнес-процессы компании, предоставляя единое информационное пространство для управления различными аспектами ее деятельности. В данной статье рассмотрена актуальность информатизации управления на промышленных предприятиях. Дана характеристика понятия и назначения ERP систем нового поколения в современных условиях. Выявлены особенности ERP систем нового поколения. В частности, к ним были отнесены следующие аспекты: использование облачных технологий для хранения и обработки информации, интеграция искусственного интеллекта и машинного обучения в ERP системы, использование мобильных решений с синхронизацией данных, использование интернета вещей, повышенная кибербезопасность. На основе проведенного исследования были выявлены и систематизированы преимущества использования ERP систем нового поколения. К ним были отнесены: повышенная эффективность работы, улучшенное принятие решений руководством, гибкость и масштабируемость программ, возможность снижения затрат и оптимизации.

Ключевые слова: ERP-система, ERP, инновации, новые технологии, искусственный интеллект, Enterprise Resource Planning.

Информатизация управления на промышленных предприятиях является актуальной по ряду причин, которые связаны с современными вызовами и требованиями к эффективности, гибкости и конкурентоспособности бизнеса. Информатизация позволяет автоматизировать многие рутинные и сложные процессы, что снижает трудозатраты, уменьшает вероятность ошибок и ускоряет выполнение задач. Это приводит к увеличению производительности и снижению издержек. Системы управления качеством, интегрированные в ERP и другие информационные системы, помогают отслеживать и контролировать качество на всех этапах

производства. Это способствует снижению брака и повышению удовлетворенности клиентов. Современные информационные системы позволяют лучше управлять запасами, прогнозировать потребности и координировать поставки. Это помогает избежать дефицита материалов и избыточных запасов, что снижает затраты и улучшает сроки выполнения заказов. Информатизация позволяет предприятиям быстро адаптироваться к изменениям на рынке, в технологиях и в требованиях клиентов. Это особенно важно в условиях высокой конкуренции и быстро меняющейся внешней среды [1, 2].

Современные информационные системы предоставляют инструменты для аналитики и бизнес-анализа, которые обеспечивают доступ к актуальной и точной информации. Это помогает руководителям принимать более обоснованные и стратегически верные решения. Те предприятия, которые активно внедряют информационные технологии, как правило, более конкурентоспособны. Они могут быстрее реагировать на изменения рынка, предлагать более качественные и инновационные продукты и услуги [3].

ERP (Enterprise Resource Planning — с англ. — управление ресурсами предприятия) — это комплексное программное обеспечение для управления ресурсами предприятия. Оно позволяет автоматизировать и интегрировать основные бизнес-процессы: финансовый учет, управление цепочками поставок, производство, управление персоналом и многое другое. Современные ERP-системы предоставляют возможность получать данные в режиме реального времени, что значительно ускоряет процесс принятия решений. Их основная цель — повышение эффективности работы компании за счет предоставления единой платформы для управления различными аспектами ее деятельности.

Направления использования ERP-систем представлены в таблице 1.

Следовательно, внедрение ERP-системы способствует значительному улучшению внутренней координации, повышению эффективности работы и сокращению текущих затрат компании, что в конечном итоге способствует росту ее конкурентоспособности.

В современных условиях развитие технологий способствует совершенствованию ERP-систем, которые приобретают все новые функции и возможности. Особенности ERP-систем нового поколения включают в себя следующие аспекты.

Во-первых, это использование облачных технологий. ERP-системы нового поколения все чаще используют облачные технологии. Это позволяет компаниям снижать затраты на ИТ-инфраструктуру, увеличивать гибкость и масштабируемость, а также обеспечивать доступ к данным из любой точки мира [6].

Во-вторых, интеграция искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) в ERP-системы, что позволяет автоматизировать рутинные задачи, прогнозировать спрос и оптимизировать цепочки поставок. ИИ также помогает в анализе больших данных, выявляя скрытые закономерности и тенденции. Искусственный интеллект обладает способностью воспринимать и анализировать огромные объемы информации, выявляя закономерности, которые могут значительно улучшить

Таблица 1.

Направления использования ERP-систем

Наименование	Характеристика
Финансовое управление	ERP-системы позволяют централизовать финансовые данные, автоматизировать бухгалтерский учет, управлять бюджетами и прогнозированием, а также обеспечивать точную и своевременную отчетность
Управление цепочками поставок	ERP-системы помогают контролировать и оптимизировать процессы закупок, управления запасами, складирования и распределения продукции, что способствует снижению издержек и улучшению обслуживания клиентов.
Производственное планирование и управление	ERP-системы поддерживают планирование производства, управление ресурсами, контроль качества и оптимизацию производственных процессов
Управление персоналом	ERP-системы могут автоматизировать процессы найма, управления кадровыми данными, расчета заработной платы, обучения и развития сотрудников
Управление взаимоотношениями с клиентами	ERP-системы могут включать функции для управления продажами, маркетингом, обслуживанием клиентов и поддержкой, что помогает улучшить удовлетворенность клиентов и увеличить продажи
Проектное управление	ERP-системы могут использоваться для планирования, выполнения и мониторинга проектов, управления ресурсами и бюджетами
Аналитика и отчетность	ERP-системы предоставляют инструменты для анализа данных и создания отчетов, что помогает руководителям принимать обоснованные решения на основе актуальной информации
Управление закупками	ERP-системы автоматизируют процессы закупок, включая выбор поставщиков, согласование условий, размещение заказов и отслеживание их выполнения
Управление рисками и соответствием	ERP-системы помогают обеспечивать соответствие нормативным требованиям и управлять рисками, предоставляя инструменты для мониторинга и контроля различных аспектов бизнеса

Источник: составлено автором по данным [3, 6, 9]

качество обслуживания клиентов. Это приводит к созданию гораздо более точного и релевантного механизма предпочтений, помогающего компаниям увеличивать продажи и эффективнее обслуживать своих клиентов.

Например, механизм предпочтений Amazon использует метод, называемый совместной фильтрацией, для определения продуктов, которые клиент с наибольшей вероятностью купит. Алгоритм Amazon фокусируется на корреляции между отдельным клиентом и другими клиентами с аналогичной историей покупок. Но тот же принцип можно применить, используя корреляции между другими точками данных. Банки и телекоммуни-

кационные компании, например, отслеживают определенные жизненные события, которые указывают на потенциальные триггеры покупки. Окончание средней школы или колледжа, выход на пенсию или переезд в более престижный район — все это может свидетельствовать о неизбежности принятия определенных решений о покупке [5].

Таким образом, с точки зрения продаж и маркетинга, прогнозная аналитика обладает мощным потенциалом для стимулирования нового роста доходов за счет создания высокорелевантных и своевременных персонализированных предложений. Тем не менее, этот вид персонализации также сильно влияет на удовлетворенность клиентов. Исследование Twilio показывает, что 66 % потребителей откажутся от бренда, если их опыт не будет персонализирован [4].

Машинное зрение объединяет 2D- или 3D-изображения с искусственным интеллектом для обеспечения автоматизированного контроля и анализа для управления технологическими процессами, наведения роботов и обеспечения качества. Передовые инноваторы находят новые способы использовать технологию машинного зрения в своих интересах. Австралийская Costa Group, например, использует механические опылители с машинным зрением для повышения урожайности сельскохозяйственных культур в своих фермерских хозяйствах. P & G использует машинное зрение для контроля качества в режиме реального времени продуктов, для которых важна точная и высокоскоростная сборка, например, подгузников [5].

Крупные розничные сети, такие как, например, Wal-Mart, совершенствуют и оптимизируют поток товаров от источника к потребителю. Так, компания Wal-Mart разработала централизованный центр прогнозирования спроса, основанный на предположении, что можно предсказывать будущее, анализируя прошлое [7].

Алгоритмы искусственного интеллекта могут определять корреляции между спросом на продукты и услуги и внешними событиями и условиями, что в дальнейшем может стать основой для принятия решений менеджерами цепочки поставок и повысить эффективность логистики.

Третьей особенностью ERP-систем нового поколения является использование мобильных решений. Современные ERP-системы предлагают мобильные приложения, которые позволяют сотрудникам работать с системой с помощью смартфонов и планшетов. Всякий раз, когда сотрудник открывает мобильное ERP-приложение, облачная система автоматически синхронизирует данные приложения с центральной базой данных по беспроводной сети, либо через сотовую связь, либо через безопасное соединение Wi-Fi.

Мобильная ERP-система позволяет сотрудникам на местах загружать данные в центральную базу данных, что может улучшить общее качество данных. Сотрудники в офисе сразу увидят изменения, вместо того чтобы ждать, пока сотрудники вернутся в офис и добавят новые данные в ERP-систему. Это повышает общее качество данных, поскольку они более актуальны и точны, что, в свою очередь, лучше способствует принятию решений [9].

Мобильные ERP-приложения могут настраиваться под различные размеры экрана и разрешения дисплея и часто совместимы с различными устройствами и операционными системами, включая Android и iOS, поэтому сотрудники могут использовать самые разные устройства для доступа к ERP-системе компании [10].

Возможности синхронизации мобильной ERP в режиме реального времени могут помочь сэкономить время сотрудников, поскольку им не нужно вводить данные несколько раз. Сокращение ручного ввода данных также снижает количество ошибок. Кроме того, сотрудники могут проверять информацию, например, о сроках, находясь на местах, что потенциально повышает их продуктивность [9].

Четвертая особенность ERP-систем нового поколения, которую необходимо рассмотреть, — это использование интернета вещей (IoT). Интеграция IoT-устройств с ERP-системами позволяет автоматизировать сбор данных с производственного оборудования, складских помещений и транспортных средств. Это помогает улучшить контроль за процессами и повысить эффективность операций. Интернет вещей обладает трансформационным потенциалом для многих типов участников и заинтересованных сторон. Поставщики технологий получают возможность разрабатывать новые и ценные системы

Таблица 2.

Преимущества использования ERP-систем нового поколения

Наименование	Характеристика
Повышенная эффективность	Автоматизация процессов и интеграция данных позволяют существенно сократить время на выполнение рутинных задач
Улучшенное принятие решений	Доступ к данным в режиме реального времени и аналитические инструменты помогают руководству принимать более обоснованные решения
Гибкость и масштабируемость	Облачные решения и модульная архитектура позволяют легко адаптировать систему под изменяющиеся потребности бизнеса
Возможность снижения затрат и оптимизации	Облачные технологии и автоматизация процессов помогают сократить расходы на ИТ-инфраструктуру и трудозатраты

и создавать новые источники дохода и направления бизнеса. Предприятия, внедряющие системы Интернета вещей, могут улучшить свою деятельность и получить более подробную информацию для принятия решений на основе данных; у некоторых из них появится возможность построить новые предприятия с использованием технологий и данных Интернета вещей. Потребители получают максимальную выгоду благодаря Интернету вещей — медицинские приложения и более безопасная транспортировка, повышение удобства и экономии времени, а также снижение стоимости товаров и услуг [11].

Последняя особенность ERP-систем нового поколения, которую необходимо охарактеризовать, — повышенная кибербезопасность. ERP-системы нового поколения уделяют особое внимание вопросам кибербезопасности. Встроенные механизмы защиты данных

и системы мониторинга позволяют минимизировать риски утечек информации и кибератак [8].

На основе проведенного исследования выделим преимущества ERP-систем нового поколения, представим их в таблице 2.

Таким образом, ERP-системы нового поколения представляют собой мощный инструмент для оптимизации и автоматизации бизнес-процессов. Они используют передовые технологии, такие как облачные вычисления, искусственный интеллект, мобильные решения и IoT, чтобы предоставить компаниям конкурентные преимущества. Инвестиции в такие системы могут значительно улучшить эффективность работы, повысить уровень безопасности и помочь в принятии более обоснованных решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойченко, О.В. Информатизация систем управления бизнес-процессами / О.В. Бойченко, М.Э. Баталова // МедиаВектор. — 2022. — № 4. — С. 4–7.
2. Васильева, Е.В. Корпоративные системы управления ресурсами. Особенности внедрения ERP-систем: Учебник / Е.В. Васильева, А.А. Громова. — Москва: КноРус, 2023. — 194 с. — ISBN 978-5-406-10675-4.
3. Егоров, Р.С. Автоматизированная система управления предприятием на базе ERP и PLM систем / Р.С. Егоров // Региональные проблемы преобразования экономики. — 2023. — № 4(150). — С. 179–186. — DOI 10.26726/1812-7096-2023-4-179-186.
4. Consumers' patience for impersonal experiences hits a low // Twilio. — URL: <https://www.twilio.com/en-us/state-of-customer-engagement/trend-1> (date of application: May 20, 2024).
5. Gross, J. How AI is Transforming ERP Systems // Pemeco. — URL: <https://pemeco.com/how-ai-is-transforming-erp-systems/> (date of application: May 20, 2024).
6. Leiter, G., Anderson R., John D., Kienast T., Penny D. Gartner Magic Quadrant for Cloud ERP for Product-Centric Enterprises // Gartner. — URL: <https://www.gartner.com/en/documents/4800931> (date of application: May 20, 2024).
7. Liu, Y. Centralized Forecasting Service: Revolutionizing Time Series Models at Sam's Club // Walmart. — URL: https://tech.walmart.com/content/walmart-global-tech/en_us/blog/post/centralized-forecasting-service.html (date of application: May 20, 2024).
8. Morgan, S. 2022 Cybersecurity Almanac: 100 Facts, Figures, Predictions And Statistics // Cybersecurity Ventures. — URL: <https://cybersecurityventures.com/cybersecurity-almanac-2022/> (date of application: May 20, 2024).
9. Roundy, J. 4 benefits of using mobile ERP // TechTarget. — URL: <https://www.techtarget.com/searcherp/tip/Benefits-of-using-mobile-ERP> (date of application: May 20, 2024).
10. Sheldon, R. Advantages and disadvantages of mobile devices in business // TechTarget. — URL: <https://www.techtarget.com/searchmobilecomputing/feature/Discover-the-benefits-of-mobile-devices-in-the-enterprise> (date of application: May 20, 2024).
11. The internet of things: mapping the value beyond the hype // McKinsey Global Institute. — URL: <https://www.mckinsey.com/the-internet-of-things-mapping-the-value-beyond-the-hype.pdf> (date of application: May 20, 2024).

© Карюгин Дмитрий Андреевич (a.karyugin@mgutm.ru); Башкеев Александр Анатольевич (a.bashkeev@mgutm.ru);

Брагинский Павел Борисович (p.braginsky@mgutm.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ БАЗ ДАННЫХ ОТ КИБЕРАТАК

INFORMATION TECHNOLOGIES FOR PROTECTING DATABASES FROM CYBER ATTACKS

A. Kolesnikov

Summary. The article touches upon the topic related to the challenges relevant in today's digital world, which relate to the protection of databases from cyberattacks. Within the framework of the ongoing research, a comparison of the use of traditional approaches to database protection and cloud technologies is carried out. The complex of information technologies Eclipsys offered by Oracle Corporation for database protection is also described in detail. Special attention is paid to such progressive solutions as digital signatures, non-interactive knowledge argument and federated processing.

Keywords: database, defense, cyberattack, technology, cipher.

Колесников Антон Александрович
Санкт-Петербургский Политехнический
университет Петра Великого
anton.kolesnikov.science@mail.ru

Аннотация. В статье затрагивается тема, связанная с актуальными для современного цифрового мира задачами, которые касаются защиты баз данных от кибератак. В рамках исследования проведено сравнение использования традиционных подходов к защите баз данных и облачных технологий. Также детально описан комплекс информационных технологий Eclipsys, предложенных корпорацией Oracle, для защиты баз данных. Отдельное внимание уделено таким прогрессивным решениям как цифровые подписи, неинтерактивный аргумент знания и федеративная обработка.

Ключевые слова: база данных, защита, кибератака, технология, шифр.

В 2023 г. произошли большие изменения, которые существенным образом повлияли на ландшафт кибербезопасности на фоне глобальных конфликтов, экономической нестабильности и появления революционных генеративных инструментов искусственного интеллекта. Год был отмечен быстро меняющейся средой и серьезными атаками на крупные корпорации и правительства по всему миру. Согласно прогнозам программы-вымогатели останутся одной из основных угроз в 2024 г., а с появлением новых инструментов и тактик можно только наблюдать рост их масштабов и сложности [1]. Семейства вредоносных программ все чаще сотрудничают на подпольных форумах, а тактика социальной инженерии становится все более изощренной и направлена на частных лиц и компании с целью компрометации устройств и личной информации.

В 2022 году организации во всем мире потеряли 2,7 миллиарда долларов из-за киберпреступности. При этом частота и стоимость утечек данных растут стабильными темпами. Однако на фоне того, что различные информационные системы и коммуникационные сети, Интернет вещей и системы промышленного управления подвергаются массированным атакам, особого внимания заслуживает уязвимость баз данных. Согласно отчету Flashpoint «Обзор года за 2022 год», в период с января по декабрь было скомпрометировано около 39 миллиардов записей [2]. В таблице 1 представлена статистика десяти крупнейших утечек данных в 2023 году в мире.

Приведенные выше данные, безусловно, впечатляют, однако они также ясно показывают необходимость принятия эффективных действий по обеспечению целостности баз данных. При этом необходимо отметить, что подходы к защите базы данных от кибератак, несколько отличаются от способов поддержки безопасности сети. Первые включают в себя физические меры, программные решения и даже обучение сотрудников. Однако, в данном перечне мер особого внимания заслуживают прогрессивные информационные технологии, которые позволяют не только защитить содержание базы, но и обеспечить безопасность самой системы управления данными, а также каждого приложения, которое обращается к ней, от неправильного использования, повреждения и вторжения.

Таким образом, научно-практическая значимость отмеченных выше вопросов предопределила выбор темы данной статьи.

Анализ источников, показывает, что проблемам защиты баз данных от кибератак на сегодняшний день уделяется очень большое внимание. Во многих отечественных и зарубежных публикациях освещается вопрос киберзащиты баз данных, конкретизируется сложность технологий обеспечения их безопасности. В частности, в данном направлении работают Кузьминых Е.С., Маслова М.А., Новоселов А.В., Шахтанов С.В., Asmaa Sallam, Daren Fadolkarim, Elisa Bertino.

Таблица 1.

Десять случаев утечки данных в 2023 году. [3]

Название организации	Сектор	Местонахождение	Известные нарушенные записи	Месяц публичного раскрытия информации
DarkBeam	Кибербезопасность	Великобритания	>3,800,000,000	Сентябрь
Real Estate Wealth Network	Строительство/недвижимость	США	1,523,776,691	Декабрь
Indian Council of Medical Research (ICMR)	Здравоохранение	Индия	815,000,000	Октябрь
Kid Security	ИТ-услуги/программное обеспечение	Казахстан	>300,000,000	Ноябрь
Twitter (X)	ИТ-услуги/программное обеспечение	США	>220,000,000	Январь
TuneFab	ИТ-услуги/программное обеспечение	Гонконг	>151,000,000	Декабрь
Dori Media Group	Медиа	Израиль	>100 TB ¹	Декабрь
Tigo	Телекоммуникации	Гонконг	>100,000,000	Июль
SAP SE Bulgaria	ИТ-услуги/программное обеспечение	Болгария	95,592,696	Ноябрь
Luxottica Group	Производство	Италия	70,000,000	Май

Обзор наиболее значимых уязвимостей, которые могут возникнуть при работе с современными базами данными в Интернете, представлен в трудах Громова Ю.Ю., Карасева П.И., Ефанова М.С., Серебряковой Т.А., Щепиловой Н.И., Masayuki Kato, Kiyohito Tanaka, Mitsuhiro Kida, Shomei Ryozaawa.

Отдельное внимание вопросам защиты баз данных с точки зрения безопасности разрабатываемых приложений, которые подключаются к ним, уделяется Антошкиным К.В., Беньяшом Ю.Л., Родионовым И.Н., Бильчуком М.В., Дас-Nhuong Le, Souvik Pal, Prasant Kumar Pattnaik.

В тоже время, следует отметить, что не все ключевые аспекты в рассматриваемой предметной плоскости нашли свое полное отражение в публикациях современных авторов. В более глубокой проработке нуждаются рекомендации по администрированию баз данных, которые помогут защитить информацию и предотвратить дорогостоящие нарушения. Также уточнения и более четкой формализации требуют основные недостатки и узкие места существующих современных программных решений, которые используются для защиты базы данных от кибератак.

Таким образом, цель статьи заключается в проведении анализа современных информационных технологий защиты баз данных от кибератак.

Безопасность баз данных — это процессы, инструменты и средства управления, которые призваны поддерживать сохранность и защиту информации, хранящейся в базе, от случайных и преднамеренных угроз.

¹ Для случаев, когда известен только размер файла с нарушенными данными, используется формула 1 МБ = 1 запись

Безопасность базы данных в киберпространстве должна гарантировать защиту: информации, заявок в базе данных, системы управления базами данных; виртуального сервера, аппаратного обеспечения базы данных, сетевой инфраструктуры, обеспечивающей доступ к базе [5].

Чтобы ответить на вопрос какие технологии необходимы для защиты базы данных, важно признать, что существует несколько источников рисков и угроз, в их число входят: человеческие ошибки, чрезмерные привилегии сотрудников, хакеры и инсайдеры, вредоносные программы, воздействия резервных носителей, повреждение серверов баз данных и уязвимых баз данных, таких как базы данных без исправлений или базы данных со слишком большим объемом данных в буферах.

Также представляется целесообразным обозначить требования, выдвигаемые к информационным технологиям, которые могут использоваться для защиты баз данных от кибератак.

1. Обнаружение. Для защиты базы данных в киберпространстве необходим инструмент, который может сканировать и классифицировать уязвимости во всех базах данных, независимо от того, размещены ли они в облаке или на локальном компьютере, и предлагать рекомендации по устранению выявленных уязвимостей. Возможность обнаружения уязвимостей часто требуется для соблюдения нормативных требований.
2. Мониторинг активности данных. Решение должно обеспечивать мониторинг и аудит всех действий с данными во всех базах данных, независимо от того, где они развернуты — в локальной сети, в облаке или в контейнере. Информационная технология должна предупреждать о подозри-

тельных действиях в режиме реального времени, чтобы имелась возможность как можно скорее реагировать на угрозы. Кроме того, необходимым является решение, способное обеспечить соблюдение правил, политик и разделении обязанностей, а также предоставляющее возможность отслеживать состояние данных с помощью комплексного и унифицированного пользовательского интерфейса.

3. Возможности шифрования и токенизации. В случае утечки данных технологии шифрования обеспечат последнюю линию защиты от компрометации. Выбранный инструмент должен обладать гибкими возможностями шифрования, способными защитить данные в локальных, облачных, гибридных или мультиоблачных средах. Наиболее полезным является инструмент с возможностями шифрования файлов, томов и приложений, которые соответствуют требованиям отрасли, что может потребовать токенизации (маскировки данных) или расширенных возможностей управления ключами безопасности.
4. Оптимизация безопасности данных и анализ рисков. В данном случае речь идет об информационной технологии, способной генерировать

контекстуальную информацию, объединяя сведения о безопасности данных с расширенной аналитикой, что позволит без проблем выполнять оптимизацию, анализ рисков и создавать отчеты. Наиболее эффективным является решение, способное сохранять и обобщать большие объемы исторических и актуальных данных о состоянии и безопасности базы, а также предлагающее возможности исследования данных, аудита и создания отчетов с помощью комплексной, но удобной панели самообслуживания.

Рассматривая более детально информационные технологии, которые могут быть использованы для защиты базы данных, прежде всего, представляется целесообразным сделать акцент на том, что их состав и требуемый функционал будет зависеть от платформы базы данных. Например, если пользователь использует локальное решение, то ему необходимы такие технологии, которые позволят обеспечить все — от защиты конечных точек до физической безопасности оборудования, что является непростой задачей. Если же привлекается поставщик облачных вычислений на базе платформы как услуги (PaaS), тогда перечень необходимых информационных технологий значительно сокращается.

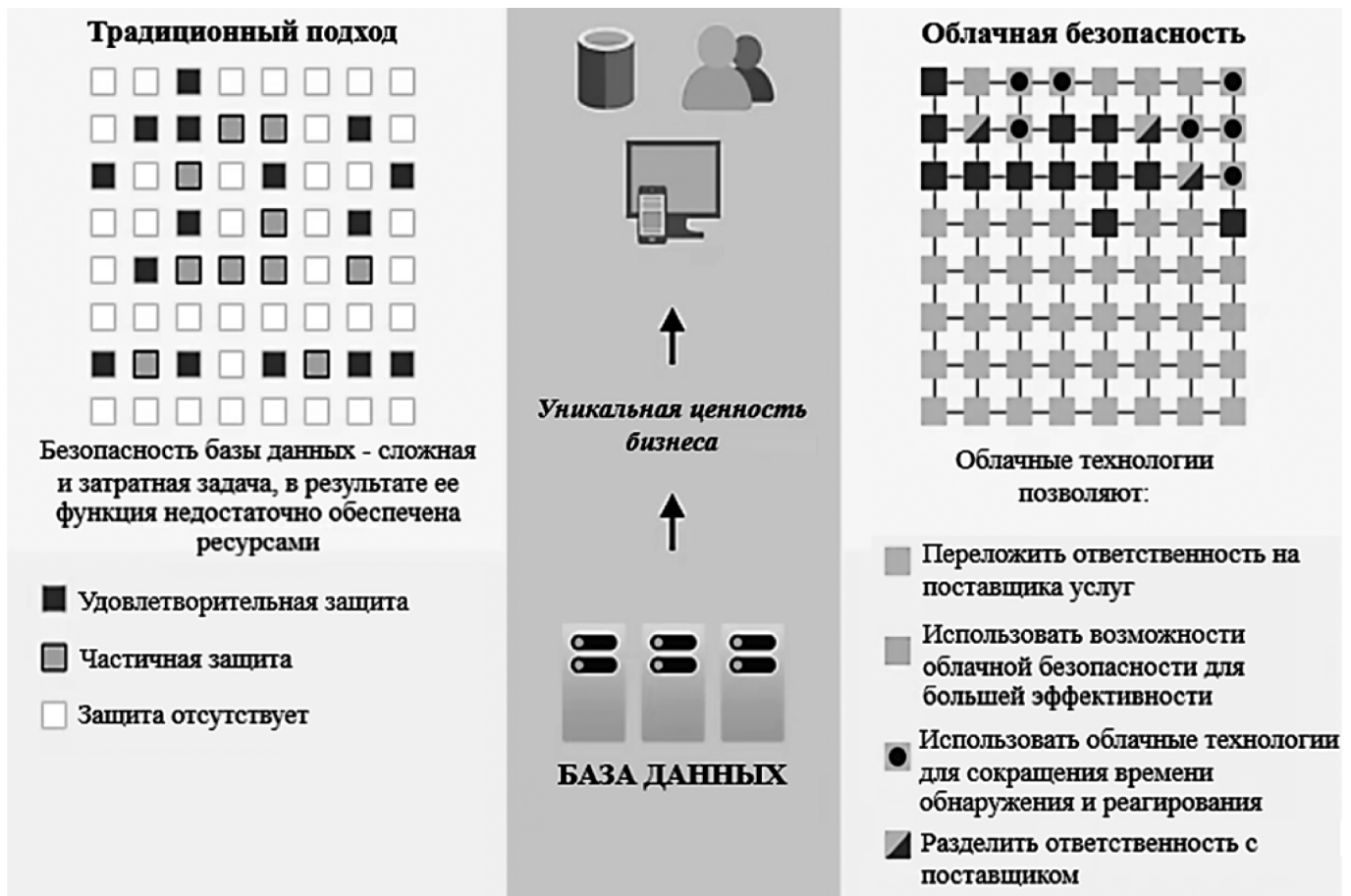


Рис. 1. Сравнение традиционного подхода и облачных технологий к обеспечению защиты баз данных от кибератак

Облачные технологии хранения информации предлагают значительные преимущества для решения проблем безопасности баз данных от киберугроз. В локальном окружении у компаний, в большинстве своем, есть невыполненные обязанности и ограниченные ресурсы для инвестиций в прогрессивные информационные технологии, обеспечивающие безопасность, что создает среду, в которой злоумышленники могут использовать уязвимости на всех уровнях [6]. На рис. 1 показан традиционный подход, для которого характерным является широкий перечень уязвимых мест в системе защиты базы данных, образовавшихся в результате ограниченности ресурсов. При использовании облачных технологий ряд задач по обеспечению безопасности базы делегируется облачному провайдеру, в результате чего формируется более расширенный и надежный защитный контур.

На рис. 2 представлен пример использования информационных технологий Eclipsys от компании Oracle для защиты базы данных от кибератак.

Рассмотрим более подробно возможности технологий Eclipsys

Аудит/оценка безопасности базы данных. Технологии позволяют проводить аудит требований безопасности в соответствии с текущей средой и спецификой

развертывания базы данных, чтобы предоставить пользователю отчет, в котором определяются уязвимые области и проблемы соответствия. На основании этого разрабатываются рекомендации по улучшению инфраструктуры и устранению выявленных узких мест.

Исправления базы данных и веб-логика. Базы данных могут подвергаться дополнительному риску, поскольку не применены к системам последние обновления безопасности. Технологии дают возможность оценить актуальность набора исправления в инфраструктуре, а также спланировать и выполнить необходимые загрузки.

Развертывание продуктов безопасности баз данных.

Eclipsys может повысить безопасность базы данных внедрив следующие передовые продукты:

- расширенная безопасность/шифрование данных (TDE) — позволяет защитить хранящие данные путем их шифрования;
- аудит хранилища — предоставляет платформу для мониторинга и аудита корпоративной безопасности, а также определяет ее соответствие принятым стандартам;
- брандмауэр базы данных — создает внутренний защитный периметр, который отслеживает и обеспечивает безаварийное функционирование приложений, помогая предотвратить SQL-инъекцию,

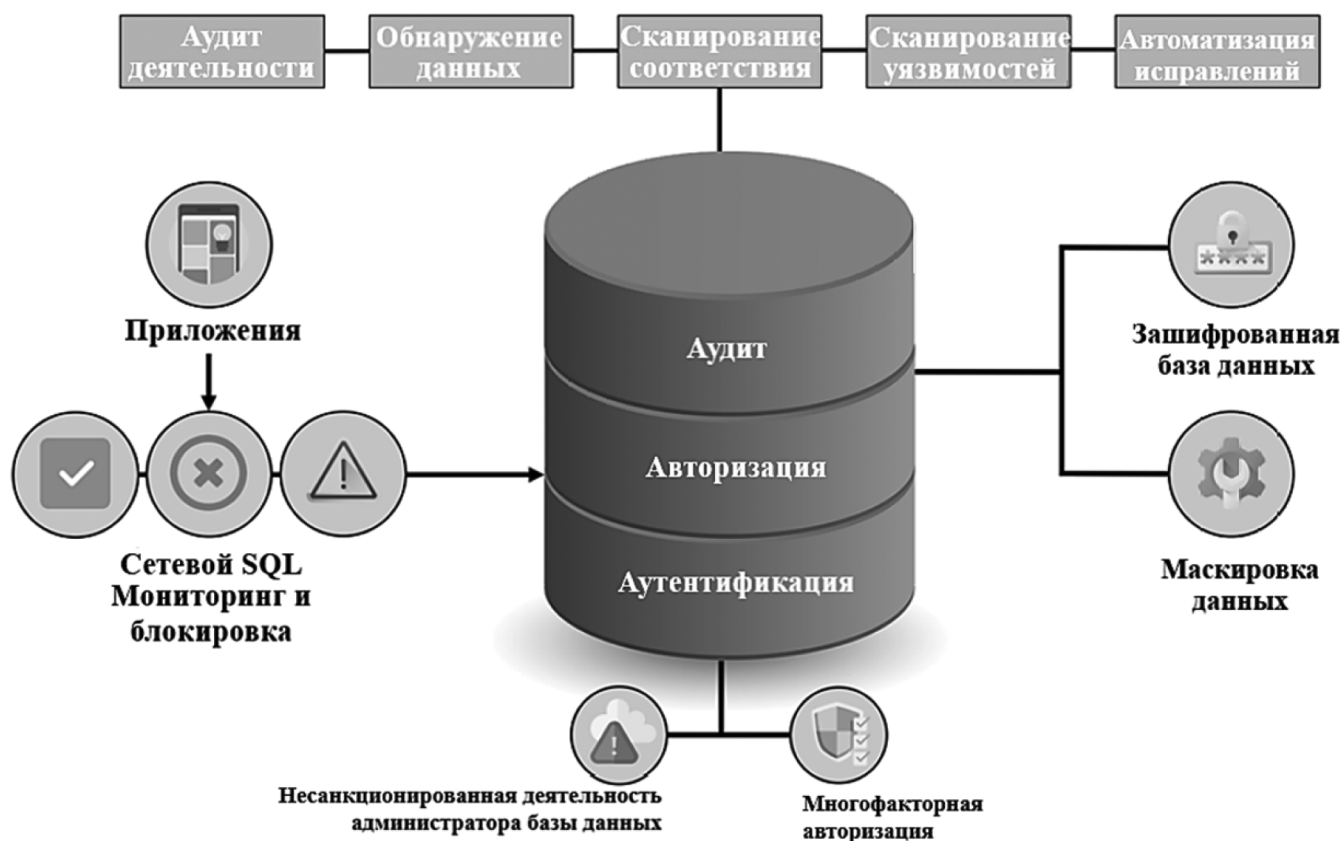


Рис. 2. Комплекс информационных технологий Eclipsys для защиты базы данных от кибератак

обход приложений и другие вредоносные действия;

- маскировка данных — обеспечивает конфиденциальность, предотвращая раскрытие секретных частей информации неавторизованным лицам;
- хранилище базы данных — реализует превентивный контроль за привилегированными пользователями для предотвращения внутренних атак.

Также отдельно можно выделить ряд передовых информационных технологий, которые способны внести существенный вклад в защиту базы данных от кибератак.

Цифровые подписи. Алгоритмы цифровой подписи, такие как RSA или DSA, представляют собой более сложные вычисления, в которых сочетаются свойства хэш-функций по обнаружению несанкционированного доступа и указание конкретного лица или учреждения, которое заверяет информацию. Они опираются на секретный ключ, который знает только ответственная сторона. Базы данных, отслеживающие персональную ответственность, могут включать цифровые подписи, подтверждающие конкретные транзакции.

SNARKs. Лаконичный неинтерактивный аргумент знания (SNARK) — это более сложная версия цифровых подписей, которая может подтвердить личную информацию, не раскрывая саму информацию. Эта информационная технология опирается на математику, которую

иногда называют «доказательством с нулевым знанием» (ZKP). Базы данных, использующие SNARK и другие подобные технологии, могут защищать конфиденциальность пользователей, обеспечивая при этом соблюдение нормативных требований.

Федеративная обработка. Некоторые разработчики разбивают набор данных на более мелкие части, иногда значительно более мелкие, и затем распределяют их по множеству независимых компьютеров. Иногда места расположения данных зашифрованы, поэтому бывает невозможно предсказать, на каком компьютере будет храниться та или иная запись. Такие решения часто строятся на основе программных пакетов, призванных ускорить работу с так называемыми большими данными за счет параллельного запуска алгоритмов поиска или анализа. Изначально целью была скорость, но побочным эффектом может быть повышенная устойчивость к атакам.

Таким образом, поскольку киберпространство сегодня стремительно развивается и существенным образом усложняется, количество нарушений целостности и надежности баз данных увеличивается многократно. В данном контексте для защиты баз данных решающее значение имеют современные информационные технологии, которые обладают широкими возможностями обеспечения непрерывной комплексной защиты с соблюдением нормативных требований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьева С.В. Инновационные методы предотвращения киберугроз в целях обеспечения экономической безопасности организации // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2023. № 2. С. 7–16.
2. Ali Alqahtani, Surbhi Bhatia Khan An optimal hybrid cascade regional convolutional network for cyberattack detection // International Journal of Network Management. 2023. № 176. P. 81–94.
3. He Wen, Faisal Khan Cybersecurity and process safety synergy: An analytical exploration of cyberattack-induced incidents // The Canadian Journal of Chemical Engineering. 2023. № 09. P. 67–73.
4. Белевитин В.А. Оценка эффективности защиты информации на основе нечетких рисков // Вопросы науки. 2022. № 3. С. 100–105.
5. Зубков В.О. Подходы к управлению информационной безопасностью на базе современных технологий // Автоматизация и информатизация ТЭК. 2024. № 1 (606). С. 28–35.

© Колесников Антон Александрович (anton.kolesnikov.science@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО АКТИВНОГО АНАЛИЗА ЗАЩИЩЕННОСТИ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ

Колесников Антон Александрович
Санкт-Петербургский Политехнический
университет Петра Великого,
anton.kolesnikov.science@mail.ru

AN ADVANCED METHOD OF AUTOMATIC ACTIVE ANALYSIS OF CORPORATE NETWORK SECURITY

A. Kolesnikov

Summary. In the context of rapid development of information technologies, applications, cloud computing and big data, and the Internet of Things, the issues of securing corporate networks are becoming increasingly complex. This in turn implies the need for in-depth analysis of intrusion detection and network security assessment. In view of the above, the paper proposes an improved method of automatic active analysis of corporate network security, the basis of which is a model of situational awareness in the field of cybersecurity and an optimized model of Gaussian matrix — recurrent neural networks.

Keywords: corporate network, protection, analysis, model, risk.

Аннотация. В контексте быстрого развития информационных технологий, приложений, облачных вычислений, больших данных и Интернета вещей вопросы обеспечения защиты корпоративных сетей становятся все более сложными. Это в свою очередь предполагает необходимость проведения углубленного анализа обнаружения вторжений и оценки безопасности сетей. С учетом отмеченного, в статье предложен усовершенствованный метод автоматического активного анализа защищенности корпоративной сети, основу которого составляет модель ситуационной осведомленности в области кибербезопасности и оптимизированная модель гауссовой матрицы — рекуррентные нейронные сети.

Ключевые слова: корпоративная сеть, защита, анализ, модель, риск.

Безопасность корпоративной сети имеет первостепенное значение для современных предприятий. Она служит основой современных бизнес-операций, облегчая поток информации и обеспечивая работу критически важных приложений и услуг. Однако корпоративные сети не застрахованы от таких проблем, как задержки, нарушения безопасности и снижение производительности. В условиях постоянно меняющегося ландшафта угроз и увеличения числа кибератак крайне важно внедрять надежные меры сетевой безопасности для защиты конфиденциальных данных, информации клиентов и обеспечения бесперебойной работы всех систем.

В тоже время, существует распространенное заблуждение, что сетевая безопасность — это то, о чем должны беспокоиться только глобальные корпорации. При этом, статистика кибератак на корпоративные сети свидетельствует о том, что малый и средний бизнес на самом деле являются наиболее распространенной мишенью для киберпреступников: на их долю приходится 43 процента всех утечек данных. Одной из причин того, почему хакерам удается взламывать корпоративные сети, является ложное чувство безопасности, присущее многим предприятиям. Отдельный отчет BullGuard показывает, что 32 процента предприятий используют только бесплатные решения для безопасности сетевых устройств, а 23 процента вообще не используют никаких средств безопасности [1].

На сегодняшний день разработаны различные системы анализа защищенности корпоративной сети. В рамках большинства из них используется пользовательское программное обеспечение (ПО) или пользовательские варианты готового ПО, при этом подобный анализ представляет собой полуавтоматический процесс, поскольку полученные данные приходится вручную сравнивать с отчетами других организаций. Такой медленный темп изучения сетевого трафика на предмет угроз безопасности ставит организации в затруднительное положение, когда речь заходит о том, чтобы противостоять современным векторам атак: новому поколению ботнетов и DDoS-инструментов, растущему присутствию ненадежных персональных устройств в корпоративных сетях и ограниченной защите, обеспечиваемой технологиями Интернета вещей.

Таким образом, учитывая вышеупомянутые недостатки, набирает весомости вопрос автоматизации процесса активного анализа защищенности корпоративных сетей, что подтверждает актуальность, теоретическую и практическую значимость темы данной статьи.

Практические аспекты, касающиеся усиления активной защиты безопасности корпоративных сетей, улучшения классификации и прогнозирования событий в сетях раскрывают в своих публикациях Панков А.В., Елфимов А.В., Ушаков И.А., Горбатов В.С., Malaram Kumhar, Jitendra Bhatia.

Над разработкой методов оценки безопасности корпоративной сети с помощью иерархического анализа трудятся такие ученые как: Сердечный А.Л., Айдаркин А.В., Тарелкин М.А., Lennart Jaeger, Andreas Eckhardt, Ali Kamil Abed.

Возможности модели скрытой цепи Маркова и модели графа атак для прогнозирования намерений атаки в корпоративных сетях рассматриваются Азовцевой А.А., Мазным Д.Н., Дворниковой О.А., Попковым Г.В., Pimal Khanpara, Kruti Lavingia, Rajvi Trivedi, Sudeep Tanwar, Amit Verma.

Положительно оценивая имеющиеся на сегодняшний день труды и наработки, отметим, что ранние и более зрелые технологии безопасности в основном сосредоточены на защите сетевой информации, но соответствующие технологии все еще нуждаются в оптимизации. Так, отдельного внимания заслуживают вопросы, связанные с обоснованием стратегии выбора вычислительного масштаба в процессе разработки модели мониторинга безопасности системы. Кроме того, более детальной проработки требует перспектива использования методов интеллектуального анализа для обучения моделей на больших размерностях данных сетевого трафика, чтобы различать поведение сети.

Итак, цель статьи заключается в рассмотрении возможностей усовершенствования метода автоматического активного анализа защищенности корпоративной сети.

В рамках проводимого исследования представляется целесообразным отметить, что метод активного мониторинга безопасности корпоративной сети предполагает

активную генерацию тестового трафика или зондов с помощью специальных инструментов или программного обеспечения для мониторинга степени защиты [2]. Активный мониторинг обычно основывается на синтетических операциях, таких как пинг устройства или выполнение тестов по сценарию, для оценки производительности сети и выявления потенциальных проблем. Он позволяет в режиме реального времени получить представление о доступности сети, времени отклика и производительности приложений. Кроме того, активный анализ дает возможность измерять производительность сети с помощью различных метрик и ключевых показателей эффективности. Результатом активного анализа является способность идентифицировать, понимать и предвидеть элементы, относящиеся к сетевой среде в заданном пространстве и времени [3]. Модельное понимание ситуации с сетевой безопасностью показано на рисунке 1.

Учитывая изложенное, считаем, что основу усовершенствованного метода автоматического активного анализа защищенности корпоративной сети должна составлять модель ситуационной осведомленности в области кибербезопасности и оптимизированная модель гауссовой матрицы — рекуррентные нейронные сети. Рассмотрим эти составляющие более подробно.

Модель ситуационной осведомленности в области кибербезопасности

Модель ситуационной осведомленности в области кибербезопасности в основном соответствует жизненному циклу данных о безопасности. В этом жизненном цикле данные принимают различные формы, начиная с исходных данных датчиков, включая очистку данных,



Рис. 1. Модель осознания ситуации с корпоративной сетевой безопасностью

объединение данных, восприятие событий, и заканчивая сценарием. Жизненный цикл данных безопасности включает в себя предварительную обработку данных, распределенное хранение данных, агрегирование данных и обработку событий. В свою очередь анализ жизненного цикла предполагает оценку ситуации, моделирование, анализ сценарием, базовую линию, управление и визуализацию ситуации [4]. Для того чтобы извлечь из данных безопасности высокий уровень ценности, модель должна проводить многоуровневый процесс анализа. На рисунке 2 показан информационный поток системы многоуровневого анализа.



Рис. 2. Многоуровневая структура анализа безопасности корпоративной сети

В соответствии с моделью, представленной на рис. 2, поток информации от датчиков безопасности к конфигурационным файлам образует ценную информационную сеть для реализации ситуационной осведомленности в области кибербезопасности. Датчики получают оперативную, топологическую информацию от объектов системной инфраструктуры и информационных активов. Данные датчиков должны быть очищены и нормализованы, когда они попадают в распределенное хранилище данных.

В базах данных хранятся ключевые документы об истории и текущем состоянии сетевой инфраструктуры. Однако достаточно проблематичным является объединение данных, поступающих от различных датчиков в разных форматах. От журналов сетевого трафика до использования статистики и топологических карт — преобразование данных из разрозненных источников в общий формат представления на соответствующем уровне синтаксиса является сложной и дорогостоящей задачей. Более практичный подход, по мнению автора, заключается в переходе к семантической интеграции данных или интеграции данных на уровне сервисов, таких как

обмен данными, виртуализация данных и использование данных как услуги. Эти общие описательные элементы подключаются к распределенной базе данных. После обработки данных основной процесс ситуационной осведомленности в области кибербезопасности заключается в оценке и прогнозировании сценариев, формировании понимания и представления текущей ситуации, а также прогнозировании развития ситуации в ближайшем будущем.

Для агрегирования данных представляется целесообразным использовать алгоритм случайного леса. Все классификаторы деревьев решений определяются как $h(X, \theta_k)$, а результат классификации каждой троичной модели решений рассчитывается по следующей формуле [5]:

$$H(x) = \max_Y \sum_{i=1}^k I(h_i(x) = Y)$$

$h(X, \theta_k)$ — измеряет связь между X и целевой переменной θ_k ; $I(h_i(x))$ — количественно определяет избыточность между X и Y .

Преимущества модели случайного леса являются сходимость и верхняя граница обобщенной ошибки. Для групповых классификаторов используется функция маржи, которая измеряет, превышает ли среднее число правильных классификаторов среднее число неправильных классификаторов. Чем выше значение маржи, тем надежнее предположение о классификации. Функция маржинальности имеет следующий вид:

$$mg(X, Y) = av_k I(h(X, \theta_k) = Y) - \max_{j \neq Y} av_k I(h(X, \theta_k) = j)$$

Ошибки в общих выводах должны определяться в соответствии с характеристиками обычных подсчетов голосов, как показано в формуле:

$$PE^* = P(X, P(mgX, Y), 0)$$

По мере увеличения количества деревьев решений в случайном лесу все последовательности $\theta_1, \dots, \theta_k \cdot PE^*$ сходятся почти везде, а сходимость ошибки обобщения показана в формуле:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} PE^* = P_{X,Y} \left(\begin{matrix} P_0(h(X, \theta_k) = Y) \\ -\max_{j \neq Y} P_0 \left(h \left(X, \begin{matrix} \theta_k \\ j \neq Y \end{matrix} \right) = j \right) < 0 \end{matrix} \right)$$

На пике общей ошибки выполняется неравенство Чебышева:

$$PE^* \leq \frac{var_{X,Y}(mg(X, Y))}{E_{X,Y} mg(X, Y)^2}$$

Согласно выше представленному уравнению можно определить классификационную силу одного дерева решений, как показано в формуле:

$$s = E_{X,Y}mg(X,Y)$$

В свою очередь функция общего верхнего предела погрешности будет иметь следующий вид:

$$PE^* \leq \frac{\rho(1 - s^2)}{s^2}$$

Таким образом, можно отметить, что многоуровневая модель ситуационной осведомленности в области кибербезопасности, построенная в данном исследовании, согласует процесс ситуационной осведомленности о защищенности корпоративной сети с жизненным циклом данных о безопасности.

Оптимизированная модель гауссовой матрицы — рекуррентные нейронные сети

Точность активного анализа защищенности корпоративной сети зависит от того, могут ли данные о ситуационной осведомленности отражать динамические характеристики реального приложения, а также от предсказательной способности модели. Известно, что для управления компьютерной сетью с различными фазами работы одна гауссовская инженерная модель может не описать условия ее работы, а глобальное моделирование подвержено влиянию различных значений распределения. Поэтому для решения проблемы дисбаланса предлагаем использовать оптимизированную модель гауссовой матрицы — рекуррентные нейронные сети.

Исследование начинается с функциональной вероятностной регрессионной модели, использующей локальные индикаторные переменные. В этой модели алгоритм обучается на наборе данных $X \in RN$, полученном из одновершинного многомерного гауссовского распределения размера N . Если предположить, что плотность в k -м кластере равна $f_k = (X, \theta)$, то функция распределения гауссовской модели имеет вид, представленный в уравнении:

$$p(X, \psi) = \sum_{k=1}^k \pi_k f_k(X, \theta_k)$$

В уравнении π_k представляет собой вес каждого компонента k в наборе данных $\psi = (\pi_1, \dots, \pi_k, \theta_1, \dots, \theta_k)$. $\theta_k = (\mu_k, \Sigma_k)$, μ_k, Σ_k распределены как среднее и ковариационная матрица каждого компонента k . Для оценки параметров модели гауссовской матрицы ψ обычно используется алгоритм максимизации ожиданий (EM), который включает в себя (E-шаг) и (M-шаг). Трудные или сложные задачи правдоподобия решаются путем итерации двух более простых шагов для получения оценки максимального правдоподобия. На первой итерации E-шага определяется условное ожидание $\log L(\psi)$ для заданного набора данных X в виде уравнения:

$$E_{\psi^{(t)}} \{ \log L(\psi) | X \} = \sum_{k=1}^k \sum_{i=1}^N \tau_k^{(t)}(x_i, \psi^{(t)}) \{ \log \pi_k + \log f_k(x_i, \theta_k) \}$$

В уравнении $L(\psi)$ представляет собой оценку правдоподобия ψ , а $\log L(\psi)$ — его логарифмическое правдоподобие. $\tau_k^{(t)}(x_i, \psi^{(t)})$ — обозначает апостериорную вероятность отнесения i -го экземпляра к k -му компоненту.

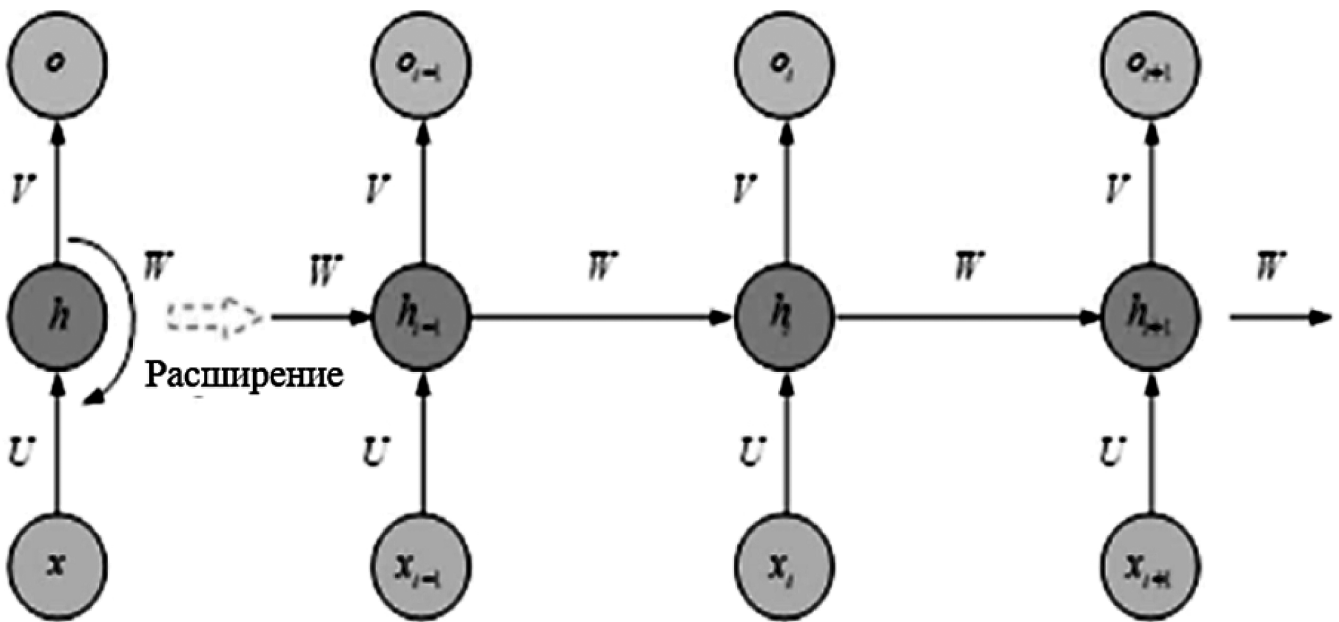


Рис. 3. Структура развертывания сети RNN

pk обозначает вес вероятности P на первой итерации с использованием k . Средний вектор μ и ковариация обновляются за M шагов. Итерация завершается, когда параметры сходятся или достигается максимальный размер шага, в результате чего получается средний вектор и ковариация гауссовской модели.

Рекуррентные нейронные сети (RNN) обладают свойством рекурсивной связности. В отличие от сетей с прямой передачей, RNN широко используются, поскольку они принимают только входные векторы фиксированной длины и выдают выходные векторы фиксированной длины. Как видно из рисунка 3, выход предыдущего временного шага является его входом, позволяя не только манипулировать последовательностью входных векторов, но и генерировать последовательность выходных векторов, сохраняя временную информацию в памяти

и фиксируя долгосрочные зависимости между входными переменными.

Набор данных пропускается через сеть RNN для прогнозирования рисков и оценки безопасности, что позволяет создать оптимизированную модель анализа защищенности компьютерной сети и обнаружения вторжений.

Таким образом, в процессе исследования предложен усовершенствованный метод автоматического активного анализа защищенности корпоративной сети, основу которого составляет модель ситуационной осведомленности в области кибербезопасности и оптимизированная модель гауссовой матрицы — рекуррентные нейронные сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сагдеева Л.А. Организация защиты корпоративной сети // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. 2022. № 51. С. 11–12.
2. Jiao Wang Full-scene network security protection system based on ubiquitous power Internet of things // International Journal of Communication Systems. 2021. Volume 35, Issue 5. P. 87–93.
3. Hong-Tao Sun Neural-network-based event-triggered adaptive security path following control of autonomous ground vehicles subject to abnormal actuator signal // International Journal of Robust and Nonlinear Control. 2023. Volume 33, Issue 14. P. 23–29.
4. Тростянская Д.Н. Виртуальная частная сеть как средство защиты информации в корпоративных сетях // Известия Института менеджмента СГЭУ. 2022. № 1 (25). С. 131–133.
5. Зиненко О.А. Главные угрозы безопасности корпоративных сетей и как от них защититься // Защита информации. Инсайд. 2021. № 3 (99). С. 4–7.

© Колесников Антон Александрович (anton.kolesnikov.science@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВЫБОР ПРЕДСТАВЛЕНИЙ В РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗАХ ДАННЫХ И ХРАНИЛИЩАХ ДАННЫХ

VIEWS SELECTION IN RELATIONAL DATABASES AND DATA WAREHOUSES

A. Conde

Summary. Using views in databases of various types can be useful in a wide variety of situations. This article analyses the most well known heuristic algorithms proposed in the literature to solve the problem of views selection. The methods of views selection that have been proposed in the literature in order to optimize databases are discussed.

Keywords: view, view selection, heuristic algorithms, DBMS, materialized views, view selection methods.

Конде Абдул Карим

Аспирант, Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», г. Москва
karimconde112@gmail.com

Аннотация. Использование представлений в базах данных различных типов может оказаться полезным в самых разнообразных ситуациях. В данной статье анализируются наиболее известные эвристические алгоритмы, предложенные в литературе для решения задачи выбора представления. Обсуждаются методы выбора представления, которые были предложены в литературе с целью оптимизации баз данных.

Ключевые слова: представление, выбор представления, эвристические алгоритмы, СУБД, материализованные представления, методы выбора представления.

Представление — это виртуальная таблица, содержание которой определяется запросом. Как и таблица, представление состоит из набора именованных столбцов и строк данных. Если представление не проиндексировано, оно не существует как сохраненный набор значений данных в базе данных.

Представление действует как фильтр на базовые таблицы, на которые ссылается представление. Запрос, определяющий представление, может быть из одной или нескольких таблиц или из других представлений в текущей или других базах данных. Распределенные запросы также можно использовать для определения представлений, которые используют данные из нескольких разнородных источников.

Представления обычно используются для фокусировки, упрощения и настройки восприятия базы данных каждым пользователем. Представления могут использоваться в качестве механизмов безопасности, позволяя пользователям получать доступ к данным через представление, не предоставляя им прав на прямой доступ к базовым таблицам, лежащим в основе представления. Представления могут использоваться для обеспечения обратно совместимого интерфейса для эмуляции таблицы, которая существовала ранее, но схема которой изменилась.

Выбор представления — это задача, которая состоит из выбора набора представлений, которые должны быть материализованы, чтобы повысить производительность запроса. Мы используем термин «выбор представления» как взаимозаменяемый с термином «выбор материализованного представления».

Материализованное представление сохраняет данные, возвращаемые в результате запроса на определение представления, и автоматически обновляется при изменении данных в базовых таблицах. Оно повышает производительность сложных запросов (обычно запросов с объединениями и агрегатами), предлагая при этом простые операции обслуживания. Благодаря возможности автоматического подбора плана выполнения материализованное представление не обязательно должно быть упомянуто в запросе, чтобы оптимизатор рассмотрел его для замены. Эта возможность позволяет инженерам по обработке данных использовать материализованные представления в качестве механизма для улучшения времени отклика запросов без необходимости изменения запросов.

Наиболее известные эвристические алгоритмы, предложенные в литературе для решения задачи выбора представления перечислены ниже:

1. Детерминированные алгоритмы: алгоритмы этого класса обычно строят решение детерминированным образом путем исчерпывающего поиска или применяя некоторые эвристики, такие как жадный алгоритм, чтобы избежать необходимости обхода пространства решений в исчерпывающем поиске. Однако жадный поиск имеет известные недостатки, т.е. вместо глобально оптимального решения могут быть оставлены субоптимальные решения, поскольку начальные решения сильно влияют на решение. Очень трудно найти оптимальное решение задач, которые относятся к классу NP-полных задач из-за того, что пространство решений растет экспоненциально по мере увеличения размера задачи. Например, в контексте проблемы

выбора представления, количество возможных представлений (комбинаций представлений) растет экспоненциально с количеством запросов в рабочей нагрузке, количеством столбцов, предикатов присоединения, пунктов группировки и таблиц, на которые ссылается каждый запрос, а также с количеством узлов компьютера, если проблема изучается в распределенном сценарии.

2. Рандомизированные алгоритмы: наиболее часто используемыми рандомизированными алгоритмами в контексте выбора представления являются алгоритмы имитационного отжига и генетические алгоритмы.

— Имитационные алгоритмы отжига: такие алгоритмы мотивированы аналогией с отжигом в твердых телах. Они основаны на технике итеративного улучшения, которая применяется к одной точке, представляющей собой решение в пространстве поиска, и постоянно пытается перебрать ее соседей, чтобы найти лучшую точку (лучшее решение). Для того чтобы устранить зависимость от начальной точки поиска, алгоритмы имитационного отжига используют вероятность принятия решения о том, следует ли переходить к соседней точке. Действительно, можно перейти в соседнюю точку (соседнее решение) путем случайной ходьбы, которая может быть дальше от оптимума, чем предыдущая, в ожидании, что ее соседи будут представлять лучшее решение. Вероятность принятия рассчитывается в соответствии с графиком охлаждения. Алгоритмы завершаются, как только не существует подходящих ходов или теряется вся энергия в системе.

— Генетические алгоритмы: эти алгоритмы генерируют решения, используя методы, вдохновленные процессом естественной эволюции, такие как отбор, мутация и кроссинговер. Поиск стратегии для этих алгоритмов очень похож на биологическую эволюцию. Генетические алгоритмы используют рандомизированную стратегию поиска; они начинают со случайной начальной популяции, содержащей особи, которые представляют возможные решения, и генерируют новые популяции путем случайного скрещивания и мутации. Найденная особь является решением. Алгоритмы завершаются, как только не происходит дальнейшего улучшения в течение определенного периода. В отличие от алгоритмов имитационного отжига, генетические алгоритмы используют многонаправленный поиск поддерживая пул точек кандидатов (решений-кандидатов) в пространстве поиска. Между точками кандидатами происходит обмен информацией для направления поиска, при котором хорошие кандидаты выживают, а плохие погибают. Этот многонаправленный эволюционный подход позволяет генетическому ал-

горитму эффективно искать в пространстве и находить точку, близкую к глобальному оптимуму.

Рандомизированные алгоритмы основаны на статистических концепциях, согласно которым пространство поиска может быть исследовано случайным образом до достижения точки, близкой к глобальному оптимуму. Это может быть применено для очень больших пространств поиска. Кроме того, они могут найти разумное решение за относительно короткий промежуток времени, обменяв время выполнения на качество. Однако нет никакой гарантии производительности, поскольку вероятностное поведение генетических алгоритмов не гарантирует нахождения глобального оптимума.

3. Гибридные алгоритмы: гибридные алгоритмы сочетают в своем поиске стратегии чисто детерминированных алгоритмов и чисто рандомизированных алгоритмов, чтобы обеспечить лучшую производительность с точки зрения качества решения. Решения, полученные детерминированными алгоритмами, используются в качестве начальной конгруэнции для алгоритмов имитационного отжига или в качестве начальной популяции для генетических алгоритмов. Комбинация возможностей рандомизированных и детерминированных алгоритмов может обеспечить лучшее качество решения, чем рандомизированные или детерминированные алгоритмы, используемые по отдельности. Однако гибридные алгоритмы более трудоемки, так как в процессе поиска приходится тратить значительное количество времени. Поэтому такие алгоритмы могут быть непрактичными из-за чрезмерного времени вычислений.

Методы выбора представлений были классифицированы на основе того, какие алгоритмы они используют для решения проблемы выбора представления, какие ограничения ресурсов они учитывают в процессе выбора представления и какие рамки они используют для получения видов-кандидатов. На основе этой классификации мы рассмотрим большинство методов выбора представления, которые были предложены в литературе:

1. Методы, основанные на детерминированных алгоритмах: в некоторых работах представлен исчерпывающий подход к поиску наилучшего набора представлений, подлежащих реализации. Тем не менее, исчерпывающий поиск не может рассчитать оптимальное решение в разумные сроки. Авторы представляют и анализируют алгоритмы выбора представления в случае старомодных запросов. Они предоставляют алгоритм с интенсивным использованием полиномиального времени для выбора набора представлений

для материализации, который сводит к минимуму затраты на обработку запросов, ограниченного пространством. Однако этот подход не учитывает стоимость обслуживания представления.

2. Методы, основанные на рандомизированных алгоритмах: типичные рандомизированные алгоритмы являются генетическими или используют имитацию отжига. Генетические алгоритмы генерируют решения, используя методы, основанные на естественном эволюционном процессе, такие как отбор, мутация и скрещивание. Стратегия поиска этих алгоритмов очень похожа на биологическую эволюцию. Генетические алгоритмы начинаются со случайной исходной популяции и генерируют новые популяции путем случайного скрещивания и мутации. Самый подходящий человек, которого можно найти, — это решение. Алгоритмы прекращаются, как только в течение определенного периода не происходит дальнейшего улучшения.
3. Методы, основанные на гибридных алгоритмах: гибридные алгоритмы объединяют стратегии детерминированных и рандомизированных алгоритмов в своем поиске, чтобы обеспечить лучшую производительность с точки зрения качества решения. Решения, полученные с помощью детерминированных алгоритмов, используются в качестве начальной конфигурации для алгоритмов имитации отжига или в качестве начальной совокупности для генетических алгоритмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mukkamala, R., Purna Chandra Rao, V. (2020). Approaches for Efficient Query Optimization Using Semantic Web Technologies. In: Saini, H., Sayal, R., Buyya, R., Aliser, G. (eds) Innovations in Computer Science and Engineering. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 103. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2043-3_47.
2. Олейникова С.А. Моделирование: учебное пособие / С.А. Олейникова; ФГБОУ «Воронежский государственный технический университет». — Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2020. — 127 с.
3. Домбровская Г., Новиков Б., Беликова А. Оптимизация запросов в PostgreSQL / пер. с англ. Д.А. Беликова. — М.: ДМК Пресс, 2022. — 278 с.: ил. ISBN 978-5-97060-963-7.
4. Юе Цюй. Московские годонимы: способы представления лингвокультурной информации в топонимической базе данных обучающего типа // Полилингвистика и транскультурные практики. 2021. Т. 18. № 3. С. 301–309. DOI 10.22363/2618-897X-2021-18-3-301-309.
5. Жалолов О.И., Хаятов Х.У. Понятие SQL и реляционной базы данных // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. 2020. № 6(75). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/9711>.
6. Karras, A., Karras, C., Pervanas, A., Sioutas, S., Zaroliagis, C. (2023). SQL Query Optimization in Distributed NoSQL Databases for Cloud-Based Applications. In: Foschini, L., Kontogiannis, S. (Eds) Algorithmic Aspects of Cloud Computing. ALGOCLOUD 2022. Lecture Notes in Computer Science, vol 13799. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-33437-5_2.
7. An ensemble approach to meta-heuristic algorithms: Comparative analysis And its applications Singh P, Kottath R. (2021) Computers and Industrial Engineering, 162, art. No. 107739 DOI: 10.1016/j.cie.2021.107739.
8. Azgomi, H., Sohrabi, M.K. A novel coral reefs optimization algorithm for materialized view selection in data warehouse environments. Appl Intell 49, 3965–3989 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10489-019-01481-w>.
9. Зыкин В.С., Цымблер М.Л. Обновление многотабличных представлений на основе коммутативных преобразований базы данных // Вестник ЮУрГУ. Серия: Вычислительная математика и информатика. 2019. Т. 8, № 2. С. 92–106. DOI: 10.14529/cmse190206.
10. Мамедли Р.Э. Системы управления базами данных: Учебное пособие. Нижневартовск: Издво Нижневартовского государственного университета, 2021. — 214 с.

© Конде Абдул Карим (karimconde112@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАПРОСОВ В РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗАХ ДАННЫХ

QUERY OPTIMIZATION IN RELATIONAL DATABASES

A. Conde

Summary. This article discusses query optimization technologies in relational databases. The purpose of this article is to optimize the query structure in relational databases when processing large amounts of information. As a result of the work, the main provisions were developed in the form of the results of the analysis of technologies for improving database performance using indexing technologies, methods for optimizing the database structure to improve performance, using the identification of bottlenecks and problematic queries, as well as monitoring and testing database performance.

Keywords: query optimization, relational database, indexing, stored procedures, database performance monitoring.

Конде Абдул Карим

Аспирант, Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», г. Москва
karimconde112@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассматриваются технологии оптимизации запросов в реляционных базах данных. Целью данной статьи является оптимизация структуры запросов в реляционных базах данных при обработке больших объемов информации. В результате выполнения работы разработаны основные положения в виде результатов анализа технологий повышения производительности баз данных с использованием технологий индексации, методики оптимизации структуры базы данных для повышения производительности, использующая идентификацию узких мест и проблемных запросов, а также проведение мониторинга и тестирования производительности базы данных.

Ключевые слова: оптимизация запросов, реляционная БД, индексация, хранимые процедуры, мониторинг производительности БД.

Поддержка большинства бизнес-процессов по всех сферах деятельности ведется сегодня с использованием как минимум учетных систем, а при необходимости проведения анализа с применением разного рода систем принятия решений. Структуры данных, которые используются для ведения учета и анализа данных, формируются на результате сбора разного рода структурированных и неструктурированных данных. При этом ведение учета возможно только на основе работы со структурированными особым образом данными. Построенная стройная теория организации обработки данных с использованием принципов реляционной алгебры до сих пор является оптимальным решением для получения оперативной учетной информации и извлечения необходимых для ведения деятельности данных.

Однако расширение спектра систем и компаний, вышедших на интернет-площадки, привело к резкому росту объемов данных, которые используются для организации работы даже в средней компании. В результате уже хорошо зарекомендовавшие себя средства обработки и хранения данных в виде популярных СУБД не в полной мере справляются с поставленными задачами. Вариантом решения данной проблемы может стать применение новых видов нереляционных баз данных, которые работают с частично неструктурированной информацией. Однако такие базы не совсем удачно использовать для решения учетных задач и получения оперативных данных. Второй вариант решения связан с оптимизацией структуры запросов в существующей базе данных. Исследованию вопросов оптимизации запросов в реляционной базе данных при обработке больших объемов информации и посвящена данная работа.

Структура базы данных предполагает разделение данных для хранения в таблицах, однако используется обычно уже сводная информация, полученная в ходе выбора по некоторым свойствам и проведения агрегирования. Механизм запросов как основной инструмент работы с базой данных также предполагает несколько путей оптимизации, начиная от перестроения структуры запросов и заканчивая использованием встроенных функций.

Оптимизации структуры запросов включает организацию работы по следующим направлениям: корректное применение индексации в структуре запросов; выбор оптимальной структуры запросов для сокращения объема обрабатываемых данных; применение технологий подзапросов для отбора данных со сложными условиями; приведение агрегирования данных в рамках структуры запроса, а не на прикладном уровне в ходе работы приложения.

Корректное применение индексации в структуре запросов предполагает предварительный анализ использования индексов для оператора SELECT, так как при большом числе операций по вставке и обновлению данных операторами UPDATE, DELETE и INSERT индексация серьезным образом снижает скорость обработки данных. Отбор записей согласно определенным условиям должен включать одновременное использование разделов WHERE и LIMIT для фильтрации и оценка количества возвращаемых записей. Дополнительно перед отбором данных должны использоваться оператор JOIN для отражения соединения записей таблиц. Применение подзапросов в ходе построения сложных условий и выпол-

нения агрегирования может как повысить, так и снизить скорость обработки данных если запрос имеет очень сложную структуру.

Снижение времени на обработку данных может быть реализовано также путем передачи уже отобранных и агрегированных данных вместо формирования списка всех записей для расчета необходимых показателей на сервере приложений. Учитывая приведенные особенности оптимизации структуры запросов, перед применением любой технологии оптимизации структуры запросов необходимо провести всесторонний анализ проводимых изменений с оценкой предполагаемого уровня повышения производительности корректируемой базы данных.

Хранимые процедуры, реализующие наиболее частые операции по оперированию данными, также могут позволить повысить производительность. Применение хранимых процедур позволяет передавать на сервер приложений не полную структуру запроса и результат в виде отобранных записей, а уже проведенные изменения или параметры хранимой процедуры. Таким образом, хранимая процедура выполняет часть операций по работе с данными на сервере СУБД вместо передачи управления серверу приложений [12].

Несмотря на то, что хранимые процедуры реализуются на стороне сервера, они позволяют существенно оптимизировать его работу и повысить ее скорость. Это становится возможным благодаря тому, что код процедуры после первого ее выполнения сохраняется в кэше оперативной памяти. Таким образом, для дальнейших вызовов, процедура будет извлекается из кэша, в место того, чтобы снова выполняться. Также хранимые процедуры увеличивают скорость выполнения запросов, поскольку они не требуют компиляции — они хранятся уже в скомпилированном виде. Применение хранимых процедур переносит нагрузку с клиентской стороны, на сторону сервера, из этого можно сделать вывод, что применение хранимых процедур оправдано в том, случае, когда один сервер, обслуживает большой поток клиентов.

Как и в случае с оптимизацией структуры запросов базы данных использование хранимых процедур без предварительного анализа может привести не к повышению производительности базы данных, а к ее снижению.

Современные базы данных, в том числе объектно-ориентированные типа NoSQL предоставляют также инструменты для создания разного типа индексов. Что также способствует повышению производительности базы данных. Могут быть реализованы В-деревья, а также растровые индексы, хеш-индексы [13].

Частью оптимальной стратегии повышения производительности конкретной базы данных становится постоянный мониторинг используемости введенных дополнительных индексов и их реорганизация по необходимости.

Таким образом сама технология введения индексации напрямую не способствует повышению производительности, требуется разработка особой политики работы с индексами в конкретной базе данных, привязанной с возможным изменениям, которые будут происходить в структуре более высоких уровней приложений, использующих базы данных в качестве средства управления данными и обеспечения их хранения [14].

Для демонстрации технологий оценки производительности используется тестовая база данных AdventureWorks, созданная компанией Microsoft для тестирования различных инструментов выполнения анализа данных и оценки производительности. База описывает технологии производства и продаж велосипедов, которые реализуются на коммерческих рынках Северной Америки, Европы и Азии через региональные представительства. Велосипеды производятся из металла и композитных материалов.

Проблемы возникающие в процессе работы с базой данных могут быть вызваны несоответствием используемого оборудования требованиям производителя соответствующей СУБД. В данном случае рассматривается не условно определенная загрузка дискового пространства и памяти сервера базы данных, но и необходимость по резервированию памяти и самого дискового пространства.

При соблюдении этих условий возможно проведение анализа с учетом проблемных запросов, которые могут вызывать задержки в обработке и становится в ожидающие задачи, а также выполняться достаточно долго с учетом потребностей пользователей и их числа (рисунок 1).

В данном случае рассматривается процесс разработки, что определяет малую загрузку сервера в процессе работы.

Для оценки времени исполнения запросов к базе данных и числа обращений используется мониторинг активности и статистика [15]. Например, данные по ресурсоёмким запросам. Для анализа структуры запроса используется предполагаемый план выполнения. По характеристикам каждой операции может быть выбран вариант изменения. В качестве другого примера можно рассмотреть технологию выполнения запроса (рисунок 2).

Последние ресурсоемкие запросы

Запрос	Число выполнений в минуту	ЦП (мс/сек)	Число физических операций чтения в секунду	Число логических операций записи в секунду	Число логических операций чтения в секунду	Средняя продолжит (мсек)	Число планов	Database Name
select xp_name, cast(xp_value as nvarchar(40...	0	0	0	0	0	0	0	AdventureWorks2008R
select xp_name, cast(xp_value as nvarchar(40...	0	0	0	0	0	0	1	AdventureWorks2008R
select xp_name, cast(xp_value as nvarchar(40...	0	0	0	0	0	0	3	AdventureWorks2008R
SELECTCAST(fti.is_enabled AS bit) AS [isEnab...	12	0	0	0	0	1	0	AdventureWorks2008R
SELECTclms.name AS [Name]FROMsys.all_vi...	15	0	0	0	0	2	4	AdventureWorks2008R
SELECTclms.name AS [Name],clms.column_...	0	0	0	0	0	0	2	AdventureWorks2008R
SELECTSCHEMA_NAME(sp.schema_id) AS [S...	0	0	0	0	0	0	517	AdventureWorks2008R

Рис. 1. Данные по ресурсоемким запросам базы данных

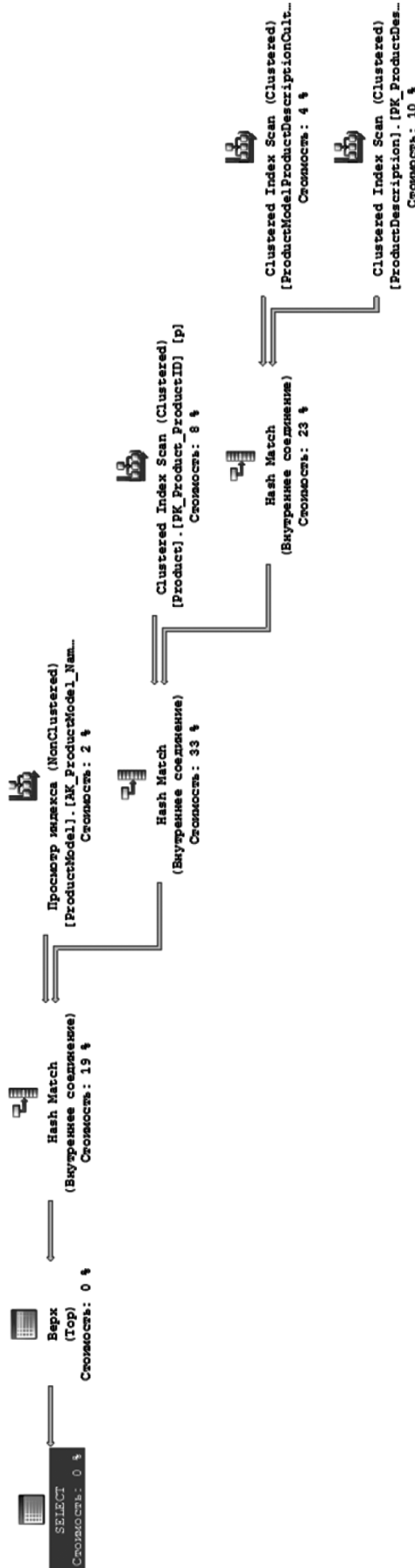


Рис. 2. Структура данных запроса с технологий поиска по описанию

Возможная перестройка запроса проводится на результатах анализа предварительного плана выполнения с учетом всех особенностей. В данном запросе используется таблица с составным индексом и связанные объекты. Для каждого используемого индекса формируется соответствующая статистика для оценки частоты использования и возможностей его перестроения или реорганизации.

Анализ возможных проблем базы данных можно провести также с учетом физического анализа индексации (рисунок 3).

Перестроение сформирует новые индексы без сохранения старых. Для кластеризованных индексов обычно предлагается реорганизация, которая состоит в дефрагментации уже построенных страниц.

Оценка производительности в этом аспекте производится с учетом данных запросов выполняется для самых затратных запросов. Выделяются пакеты и запросы с: наибольшим общим временем загрузки ЦП; наи-

большим средним временем загрузки ЦП; наибольшим средним числом операций ввода и вывода и наибольшим общим и средним числом операций ввода и вывода.

В результате анализа предлагается перестроить или реорганизовать, например, для таблицы Production.Product (рисунок 4), что позволит увеличить плотность страниц.

По результатам такой оценки производительности можно ограничиться анализом конкретных запросов и технологиями работы с ними.

Таким образом, введение индексов наращивает производительность базы данных, но вместе с тем загружает часть памяти и дискового пространства, что может снизить общую скорость обработки данных. При этом занятое дисковое пространство в базе данных не обязательно напрямую таковым является и при необходимости это можно откорректировать, например, проанализировав результаты отчета с указанием зарезервированного и используемой дисковой памяти.

Production.Location						
Имя индекса	Тип индекса	Число секций	Глубина	Рекомендованная операция		
AK_Location_Name	NONCLUSTERED INDEX	1	1	-		
PK_Location_LocationID	CLUSTERED INDEX	1	1	-		
		Номер секции	Средняя фрагментация (%)	Число фрагментов	Среднее число страниц на фрагмент	Число страниц
		1	0	1	1	1
Production.Product						
Имя индекса	Тип индекса	Число секций	Глубина	Рекомендованная операция		
AK_Product_Name	NONCLUSTERED INDEX	1	2	Перестроить		
		Номер секции	Средняя фрагментация (%)	Число фрагментов	Среднее число страниц на фрагмент	Число страниц
		1	67	3	1	3
AK_Product_ProductNumber	NONCLUSTERED INDEX	1	2	Перестроить		
		Номер секции	Средняя фрагментация (%)	Число фрагментов	Среднее число страниц на фрагмент	Число страниц
		1	50	2	1	2
AK_Product_rowguid	NONCLUSTERED INDEX	1	2	Перестроить		
		Номер секции	Средняя фрагментация (%)	Число фрагментов	Среднее число страниц на фрагмент	Число страниц
		1	50	2	1	2
PK_Product_ProductID	CLUSTERED INDEX	1	2	Реорганизовать		
		Номер секции	Средняя фрагментация (%)	Число фрагментов	Среднее число страниц на фрагмент	Число страниц
		1	23	4	3	13

Рис. 3. Фрагмент физической статистики по индексации

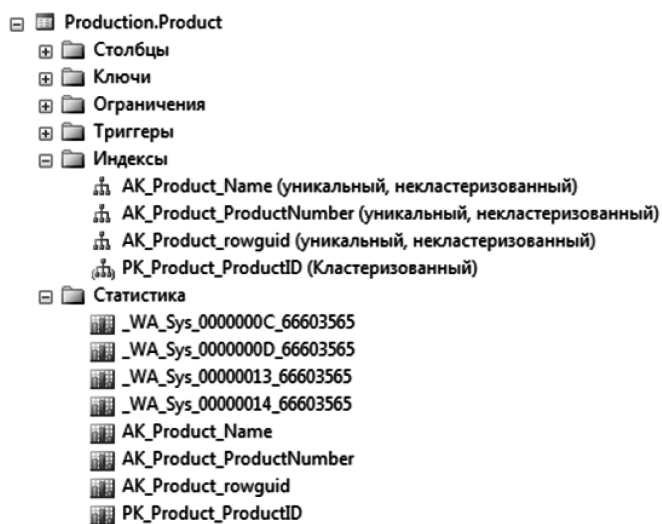


Рис. 4. Описание структуры таблицы Production.Product

По результатам общей оценки определяются пути для оптимизации, в том числе перестройка индексов, реорганизация или работы непосредственно с запросами путем формирования дополнительных блоков для отбора в виде созданных архивных таблиц на основе запросов и исключения слабо используемых данных в виде их архивирования

Теоретическая значимость состоит в развитии технологий повышения производительности базы данных,

а также развитию уже существующих методов повышения производительности баз данных. Практическая значимость заключается в выработке реальных предложений по оптимизации производительности тестовой базы данных с использованием идентификации узких мест и проблемных запросов, а также представлены варианты инструментов проведения мониторинга и тестирования производительности базы данных.

Заключение

В результате проведенного исследования проблем оптимизации запросов в реляционной базе данных выявлены разнообразные пути решения. Основной задачей в этом случае является определение проблемных запросов и проведение постоянного мониторинга производительности базы данных. Определено, что все известные технологии оптимизации дают разнообразные результаты, связанные со структурой построения проблемных запросов, так и с частотой обращения к ним пользователей или верхнего уровня приложений.

Поэтому для повышения производительности базы данных необходимо обеспечить не только оптимальную структур запросов при помощи индексации или хранимых процедур, а оценить полученные изменения для конкретной информационной системы, основной которой является оптимизируемая база данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вачкова С.Н., Каган Э.М., Козин С.В. Большие данные для педагогических исследований: возможности, проблемы, ограничения // Вестник Православного Свято-Тихоновского гуманитарного университета. Серия 4: Педагогика. Психология. 2021. № 63. С. 28–39.
2. Зайнуллин С.Б., Шишова Ю.А., Чжан Яци, Пин Фэн, Розмари Нвачукву Чидимма Проблематика интернет-торговли на российском и евразийском рынках // Евразийский Союз: вопросы международных отношений. 2024. Т. 13. № 1 (54). С. 69–82.
3. Лавриненко Д.О., Сорочан В.В. Методика повышения уровня производительности запросов к базам данных // Вестник Калужского университета. 2021. № 1 (50). С. 94–95.
4. Лемешев К.А. Техники оптимизации запросов в базах данных // В сборнике: Цифровые, компьютерные и информационные технологии в науке и образовании. Сборник статей Межрегиональной научно-практической конференции с международным участием. Брянск, 2023. С. 60–64.
5. Лягушева М.А., Гринченко Н.Н. Анализ производительности SELECT-запросов SQL // В сборнике: Методы и средства обработки и хранения информации. Межвузовский сборник научных трудов. Рязань, 2021. С. 157–159.
6. Боровской И.Г., Харченко И.К. Модификация иерархических битовых индексов для повышения производительности систем управления базами данных // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2020. Т. 23. № 2. С. 65–72.
7. Mukkamala, R., Purna Chandra Rao, V. (2020). Approaches for Efficient Query Optimization Using Semantic Web Technologies. In: Saini, H., Sayal, R., Buyya, R., Aliser, G. (Eds) Innovations in Computer Science and Engineering. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 103. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2043-3_47.
8. Абсатаров Р.Н. Хранимые процедуры как один из способов повышения производительности информационной системы // Молодой ученый. 2020. № 44 (334). С. 4–5.
9. Azgomi, H., Sohrabi, M.K. A novel coral reefs optimization algorithm for materialized view selection in data warehouse environments. Appl Intell 49, 3965–3989 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10489-019-01481-w>.
10. Малыгина Э.Э. Эффективность хранимых процедур // В сборнике: XXVI Туполевские чтения (школа молодых ученых). Материалы Международной молодежной научной конференции. Сборник докладов. Казань, 2023. С. 2447–2453.

© Конде Абдул Карим (karimconde112@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КАЛИБРОВКА СТАНОЧНЫХ УЗЛОВ, ОСНАЩЕННЫХ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИМИ ДАТЧИКАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТОЧНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

CALIBRATION OF MACHINE COMPONENTS EQUIPPED WITH STRAIN GAUGES USING MACHINE LEARNING ALGORITHMS TO CONTROL THE ACCURACY OF MACHINING

A. Morev

Summary. When strain gauges are used, measurement errors occur due to thermal and physical deformations at different force application points in the workspace. This paper examines whether machine learning approaches are suitable for compensating such measurement errors. Two approaches, neural network and multiple linear regression, are investigated. The developed programmes receive as input signals from a force measurement unit equipped with strain gauges and produce as output calculated values for the acting force vector. Finally, the results of the two algorithms used are compared.

Keywords: strain gauges; calibration of machine tool systems; machine learning; multi-axis sensors; measurements.

Морев Артем Сергеевич

соискатель, Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева
teermann@bk.ru

Аннотация. При использовании тензометрических датчиков возникают ошибки измерения из-за температурных и физических деформаций в разных точках приложения силы в рабочем пространстве. В данной статье рассматривается вопрос, насколько подходы машинного обучения подходят для компенсации таких ошибок измерения. Исследуются два подхода — нейронная сеть и множественная линейная регрессия. Созданные программы получают на вход сигналы блока измерения силы, оснащенного тензометрическими датчиками, и выдают на выходе расчетные значения для вектора действующей силы. В заключение сравниваются результаты двух используемых алгоритмов.

Ключевые слова: тензометрические датчики; калибровка станочных систем; машинное обучение; многоосевые датчики; измерения.

Введение

Датчики силы, измеряющие внешние силы, широко используются как в промышленности, так и в научных исследованиях [1]. Шестиосевой тензометрический датчик — это многомерный датчик, который может измерять все линейные компоненты силы и моменты сил. Шестиосевые датчики имеют широкий спектр применения, например, для измерения силы при испытаниях ракетных двигателей, экспериментов с колесами транспортных средств и микроробототехники. Основанные на пьезоэлектрическом или тензометрическом принципе, датчики силы играют важную роль в процессах механической обработки и служат для их мониторинга и оптимизации [2].

Для точной калибровки этот момент является проблемой. Причинами этого могут быть наличие сильных помех, таких как вибрации или тепловые эффекты, а также динамический дисбаланс самого устройства измерения силы. Измерительный блок также может быть подвержен ошибкам, возникающим по различным причинам, например, из-за несовершенства механических составляющих, ограничение точности обработки, по-

перечный эффект тензометрических датчиков и т.д. [3]. По этой причине разработаны алгоритмы для уменьшения погрешностей связи и калибровки датчиков силы.

Однако в огромных объемах экспериментальных данных из большого числа сигналов, необходимых для расчета сил, проявляется нелинейность в корреляциях между силами и ошибками связи. В результате точность линейных методов развязки ограничена и неадекватна, что приводит к необходимости более сложных подходов для калибровки. Поэтому, очевидно, что алгоритмы машинного обучения нашли свой путь в калибровке технических систем.

Постановка задачи

В данной работе рассматривается калибровка тензометрического датчика, оснащенного устройством измерения силы. Он может измерять силы и моменты по шести степеням свободы, используя 24 канала, из которых четыре канала даны для каждой из четырех сенсорных ножек. Остальные восемь каналов представляют дополнительный датчик возмущений в блоке измерения силы, который имеет значение только для высокодинамичных

сценариев и поэтому в данной работе не рассматривается. Два датчика в четырех сенсорных ножках измеряют смещения в направлении Z. Два других измеряют сигналы в направлениях X и Y, соответственно. Тот факт, что каналов больше, чем степеней свободы твердого тела в пространстве и, что на каждую ногу приходится два Z-канала приводит к избыточности. Четыре сенсорные ножки, соединяющие базовую и верхнюю пластины, образуют механически переопределенную систему. Другими словами, существует множество возможных внутренних состояний напряжения для одной и той же внешней нагрузки на блок измерения силы измерительного блока. Внутренние состояния могут меняться от одного узла системы или даже в течение времени измерения из-за тепловых эффектов. Эти эффекты должны быть учтены при разработке методов калибровки. В качестве показательного примера можно привести только силы, действующие в плоскости.

В данной работе оцениваются только силы, действующие в плоскости XY. Цель состоит в том, чтобы найти способ вычисления расчетных значений для сил, действующих на верхнюю часть блока измерения силы, используя измеренные значения, полученные с помощью тензометрических датчиков. Точка приложения силы в пространстве варьируется между измерениями, но она не известна при оценке сил. Исследуемый сценарий представляет собой высокоточное измерение сил в сочетании с менее динамичной ситуацией, которая позволяет рассматривать процесс квазистатически.

Экспериментальная установка

Чтобы применить машинное обучение для решения проблемы калибровки сначала необходимо собрать

данные для работы. Для этого проводится несколько экспериментов. Упругий зонд из титана состоит из цилиндрического корпуса и головки, соединенной с винтом. Он зажимается в шпинделе с помощью цангового патрона и не содержит электрических компонентов. Во время первого эксперимента динамометр Kistler 9256A1 прикручивается к столу станка в качестве эталонного измерительного прибора. Для второго эксперимента он заменяется на измерительную плиту, которую необходимо откалибровать. На соответствующий блок измерения силы сверху надевается адаптер с цилиндрическим отверстием. На динамометре адаптер располагается над центром датчика. На блоке измерения силы, оснащенном тензометрическим датчиком, можно выбрать два различных положения.

Во время эксперимента эластичный зонд погружается в отверстие в верхней части блока измерения силы и перемещается относительно стенок отверстия в восьми различных направлениях, каждое из которых составляет 45° между ними. На рис. 1 показаны направления и последовательность, в которой они приближаются.

Перекрестные помехи становятся заметными во время первых четырех ступеней, когда зонд перемещается только в направлениях X и Y, соответственно, но в обоих случаях усилие в другом направлении также показывает небольшое отклонение. Во временных окнах, в течение которых машина находится в состоянии покоя, сигналы движутся. Это происходит потому, что усилие передается от одной к другой ноге датчика, предположительно за счет эффекта оседания. Следует отметить, что Kistler 9256A1, как и любой другой измерительный прибор, имеет ограниченную точность измерения. Очевидно,

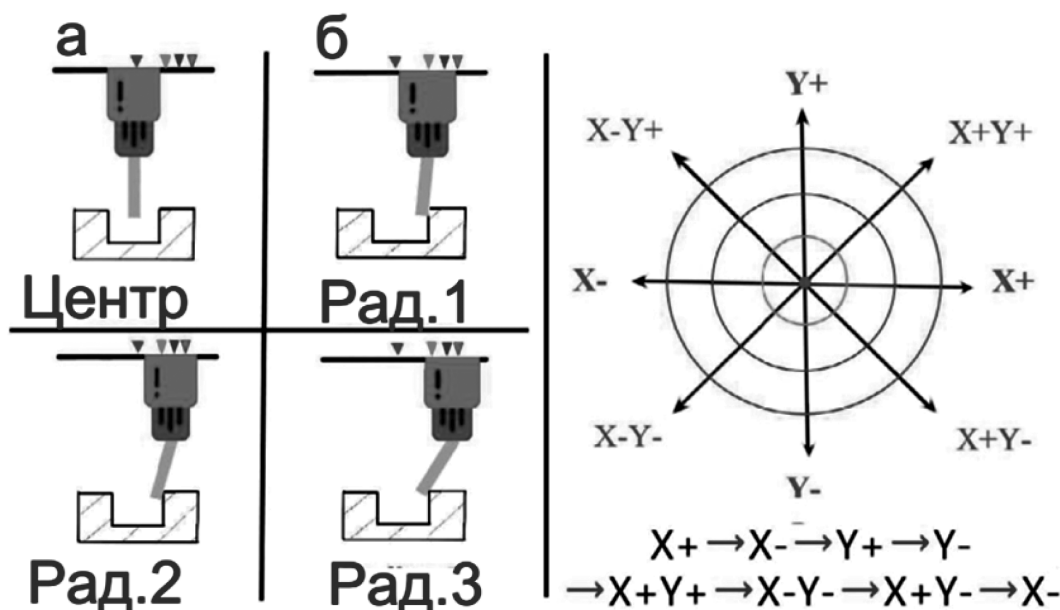


Рис. 1. Программа для генерации данных: а — три радиуса для различных уровней силы; б — восемь направлений и порядок движения

что более качественный набор данных для меток ведет к лучшей калибровке.

Калибровка

Очевидно, что перед суммированием измеряемых сил необходимо просто откалибровать каждый из четырех датчиков. Однако, на практике это приводит к ошибкам в измерениях, поскольку сила, которая передается на сенсорные ножки, отличается при калибровке по сравнению с реальным измерением. В отличие от измерений, при которых испытуемый образец, к которому прикасается зонд, устанавливается непосредственно на одну ножку датчика, при установке верхней пластины приложенные силы передаются преимущественно как силы сдвига, и изгиб ножек датчика сводится к минимуму. С другой стороны, механические характеристики верхней пластины также влияют на сигналы, которые получает весь измерительный блок. Поэтому стоит отметить, что выбранный подход к калибровке с использованием машинного обучения по своей сути учитывает эти влияния.

1. Машинные данные

Машинное обучение — это подход, который придает большое значение обработке больших объемов данных, используемым для обучения и оценки модели. Эти данные собираются как с помощью устройства измерения силы, так и с помощью эталонных измерительных устройств во время выполнения программы ЧПУ программы. В этом случае имеется два набора данных из первого и второго положения измерительного блока и один набор данных от эталонного устройства. Наборы данных состоят из 68 000 строк данных, измеренных за 45 секунд. Каждая строка данных от блока измерения силы состоит из 24 измеренных значений из 24 каналов, которые в контексте машинного обучения считаются характеристиками в контексте машинного обучения. Для эталонного устройства измеренные значения FX и FY считаются метками. Эти наборы данных предварительно обрабатываются таким образом, чтобы для каждой строки каждого набора данных от измерительного блока, назначалась соответствующая строка значений компонентов силы. Таким образом, для каждой позиции создается набор данных с 68 000 образцов пар признаков и меток, что необходимо для обучения и тестирования моделей машинного обучения.

2. Анализ данных и выбор алгоритма

Первым шагом является применение разведочного анализа наборов данных, состоящих из данных сигналов, собранных тензометрическим датчиком, оснащенным тензометрическим устройством для измерения силы, и сигналов силы от эталонного измерительного устрой-

ства. Это процесс анализа и интерпретации наборов данных и обобщения их специфических характеристик с помощью методов визуализации. Этот этап используется для изучения характеристик и выявления скрытых тенденций и взаимосвязей между данными. Кроме того, необходимо определить характер проблемы в контексте машинного обучения, чтобы сделать возможной калибровку. Это приводит к появлению подкатегории машинного обучения, называемой контролируемое обучение, которое заключается в обучении функции, которая сопоставляет вход (сигналы блока измерения силы) с желаемым выходом (физическим силам) и, в частности, к задаче регрессии, поскольку рассматриваются непрерывные во времени переменные. Критерии оценки состоят в способности алгоритма обеспечивать точные предсказания с линейными и нелинейными значениями зависимости, скорости обучения, способности работать с большими наборами данных и проблемы с подгонкой, устойчивостью к избыточности и коллинеарности между признаками, а также устойчивостью к шуму. Множественная линейная регрессия, регрессия опорных векторов, дерево регрессии и алгоритмы глубоких нейронных сетей сравниваются по этим критериям в матрице принятия решений, и выбирается алгоритм с лучшей оценкой. Глубокая нейронная сеть (ГНС) получает более высокий балл по сравнению с другими предложенными алгоритмами. Поэтому она выбрана для решения задачи калибровки. Однако множественная линейная регрессия представляет собой интересный вариант для расширения работы.

3. Нейронная сеть

Нейронная сеть состоит из огромного количества блоков (нейронов), соединенных между собой по определенной схеме. Это следующие блоки: один входной слой, два или более скрытых слоев и один выходной слой. На входной слой поступает информация, подлежащая обработке, выходной слой отображает результаты обработки, а скрытые слои позволяют сигналам двигаться в одном направлении, от входа к выходу. Чтобы найти соответствие между входом и выходом, сеть обучается на образцах парных данных (признаков и меток). После этого определяются веса связи между нейронами, и сеть используется для генерирования прогнозов на основе новых входных данных. Для обучения используется алгоритм обратного распространения, который обучается путем итеративной обработки набора обучающих образцов и сравнения прогноза сети для каждого образца с фактическим целевым значением. Веса изменяются для уменьшения ошибки между прогнозом сети и фактическим целевым значением что представляет собой решение оптимизационной задачи. Эти корректировки выполняются в обратном порядке, начиная с выходного слоя и продвигаясь через каждый скрытый слой к первому [4]. Глубокая нейронная сеть (ГНС) превосходит

все другие алгоритмы, особенно в своей способности обрабатывать сложные взаимосвязи между признаками и метками. Этот алгоритм хорошо подходит для входов и выходов с непрерывными значениями, что делает его первым кандидатом на решение задачи калибровки.

4. Множественная линейная регрессия

Множественная линейная регрессия (МЛР) направлена на выявление связи между двумя или более переменными и переменной отклика путем подгонки линейного уравнения к этим данным [5]. Она обеспечивает короткое время обучения и точное предсказание в случае линейной зависимости между независимыми и зависимыми переменными. Поскольку деформации в блоках измерения силы остаются в пределах линейного диапазона упругости материалов в диапазоне усилий менее 18 Н, можно предположить, что результаты калибровки по крайней мере, правдоподобны. Однако любая нелинейная корреляция между измеренными данными и силой не может быть смоделирована с помощью этого подхода. Этот метод приводит к выявлению скрытой линейной зависимости между отдельными датчиками и приложенными силами, как показано в матрице на рис. 2, основанной на корреляции Пирсона [6]. По этой причине множественная линейная регрессия выбрана в качестве дополнительного возможного подхода к калибровке измерительного блока.

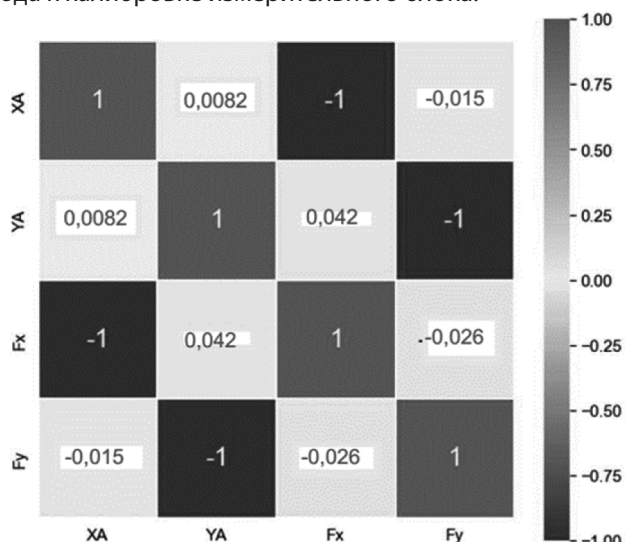


Рис. 2. Корреляционная матрица Пирсона для датчика A

5. Обучение и тестирование

Целью данной работы является измерение действующих физических сил в произвольном положении контакта. Эта гипотеза была проверена для двух различных положений контакта. В этом контексте данные, собранные блоком измерения силы и эталонным были разделены на обучающий и тестовый наборы данных для обучения и тестирования. В процессе обучения моделей

машинного обучения изучаются взаимосвязи между признаками и метками, модели тестируются и оценивается их точность. Три различных набора данных были предоставлены для обучения: набор обучающих данных, состоящий исключительно из данных первой позиции, второй обучающий набор данных из второй позиции и обучающий набор данных с комбинацией данных с обеих позиций. Чтобы убедиться, что модель может предсказывать компоненты силы для любого положения контакта, тестовый набор данных состоит из образцов данных из обоих рассматриваемых положений контакта. Следует отметить, что модель тестируется с помощью новых данных, которые не встречаются в обучающем наборе данных. Для обучения и тестирования, средняя абсолютная ошибка (САО) используется как метрика точности. Три различных варианта обучения оцениваются по достигнутому значению САО, а модели МЛР и ГНС сравниваются по тому же принципу.

Сравнение результатов

Для калибровки блока измерения силы определена стратегия которая заключается в реализации модели множественной линейной регрессии и ее обучения на различных наборах данных. После этого проводится оценка на едином тестовом наборе данных. Эта стратегия приводит к следующим результатам: модель МЛР, обученная на обучающем наборе с первой позиции, достигает значения САО 1,8422Н для тестового набора данных и не может делать точные предсказания для новых неизвестных тестовых данных. Для второй позиции модель не может использовать изученные взаимосвязи между образцами в обучающем наборе данных для точного прогнозирования силы и может достичь минимального значения САО в 3,8111Н для тестовых данных. Это меняется после обучения модели на обучающем наборе данных с образцами данных из обоих положений контакта. Модель МЛР может достигать САО 0,3674 Н и способна обобщать данные для обоих положений. Эти результаты можно лучше понять, сравнив прогнозируемые значения силы с фактическими значениями силы в направлении X. В модели ГНС ошибка теста составила 0,5534Н и 0,6134Н для первого и второго вариантов обучения соответственно. Однако наилучшие результаты были достигнуты при третьем варианте обучения, где САО снизился до 0,12757 Н за счет обучения модели на данных образцами данных из обеих позиций.

Модели ГНС и МЛР достигают хороших результатов при калибровке блока измерения силы. Модель МЛР может предсказать силу в диапазоне [-18Н, 18Н] с низкой ошибкой, несмотря на сложные взаимосвязи между переменными. Однако ГНС-модель показывает лучшую производительность, достигая значительно более высокой точности прогнозирования, чем модель МЛР. В таблице 1 представлены различные достигнутые точности

и сравнение моделей множественной линейной регрессии и глубокой нейронной сети и различные варианты обучения на основе средней абсолютной ошибки.

Таблица 1.

Сравнение моделей и вариантов обучения

Вариант обучения	Вариант обучения САО в зависимости от модели	
	МЛР	ГНС
Позиция 1 набор обучающих данных	1,8422Н	0,5534Н
Набор данных для обучения по позиции 2	3,8111Н	0,6134Н
Комбинированный набор данных для обучения	0,3674 Н	0,2365 Н

Выводы

В данной работе рассмотрена проблема калибровки измерителей силы для высокоточного применения,

решаемая с помощью методов машинного обучения. После сбора массива данных для обучения и тестирования, были реализованы два различных алгоритма калибровки и сравниваются друг с другом. Оба алгоритма демонстрируют способность компенсировать различие точек приложения силы в пространстве. В будущем можно будет исследовать способность алгоритмов работать с более чем двумя различными точками приложения силы над блоком измерения силы. Интересными вопросами здесь являются следующие: сможет ли подход ГНС справиться с повышенной сложностью сценария лучше, чем МЛР, и может ли быть достигнута приемлемая точность при сохранении приемлемых усилий для сбора достаточно большого набора данных для обучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонов, О.А. Метрология, стандартизация и сертификация / Н.Ж. Шкаруба, В.В. Карлузов. — СПб.: Изд-во «Лань», 2022. — 196 с.
2. Раннев, Г.Г. Методы и средства измерений: учебник для вузов / Г. Г. Раннев, Г.Г. Раннев, А.П. Тарасенко. — 2-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2004. — 336 с.
3. Миронов, Э.Г. Методы и средства измерений: учебное пособие / Э.Г. Миронов. — Екатеринбург, 2009 г. — 463 с.
4. Ким, К.К. Средства электрических измерений и их поверка / К.К. Ким, Г.Н. Анисимов, А.И. Чураков. — СПб.: Изд-во «Лань», 2021. — 316 с.
5. Колчков, В.И. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / В.И. Колчков. — М.: Гуманитар. изд. центр «Владос», 2010. — 398 с.
6. ГОСТ 8.508–84. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологические характеристики средств измерений и точностные характеристики средств автоматизации ГСП. Общие методы оценки и контроля. — М.: Изд-во стандартов, 1986. — 52 с.
7. Бахтин, А.В. Технологические измерения, приборы и информационно-измерительные системы: учебное пособие / А.В. Бахтин, И.В. Ремизова // ВШТЭСБГ УПТД. — СПб., 2020. — 67 с.

© Морев Артем Сергеевич (meermann@bk.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ СПЕЦИАЛИСТОВ ИТ-КОМПАНИЙ

AUTOMATION OF THE MANAGEMENT OF PROFESSIONAL COMPETENCIES OF IT SPECIALISTS

**D. Mukhammad
O. Romashkova**

Summary. The article examines the range of main problems that arise in the classical method of conducting the procedure for certifying the professional competencies of IT company specialists. The results of a survey of specialists from different categories of different IT companies are presented. The key problems of the non-automated method of conducting the certification procedure are formed. Thus, the article examines the concept of «professional competence», the relevance of the development of the IT industry, presents a method for optimizing teamwork and draws a conclusion about the role of managing professional competences in achieving the strategic goals of IT companies.

Keywords: competency management, automation, certification, objectivity of assessment, competence of IT specialists.

Мухаммад Даниэль Ибрагимович

Аспирант, АОЧУ ВО «Московский финансово-юридический университет»
albustani@mail.ru

Ромашкова Оксана Николаевна

Доктор технических наук, профессор, профессор, ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ», Москва
ox-rom@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается спектр основных проблем, возникающих при классическом способе проведения процедуры аттестации профессиональных компетенций специалистов ИТ-компаний. Приводится результат проведенного опроса специалистов разных категорий разных ИТ-компаний. Формируются ключевые проблемы неавтоматизированного способа проведения процедуры аттестации. Рассмотрено понятие «профессиональная компетенция», актуальность развития ИТ-отрасли, представлен метод оптимизации командной работы, и сделан вывод о роли управления профессиональными компетенциями при достижении стратегических целей ИТ-компаний.

Ключевые слова: управление компетенциями, автоматизация, аттестация ИТ-специалистов, объективность оценки, профессиональные компетенции, ИТ-компания.

Введение

Основа эффективной работы любой ИТ-компании состоит в качественно подобранном квалифицированном штате специалистов. Современный уровень развития и спектр ИТ-систем и средств разработки и проектирования заставляет ИТ-компании постоянно делать выбор в пользу той или иной технологии, поскольку постоянно появляются новые технологии, которые имеют преимущества перед старыми. Таким образом, остро встает вопрос о профессиональном развитии штата специалистов компании. Процессы развития профессиональных компетенций специалистов затрагивают множество аспектов функционирования компании:

- анализ выполненных и реализованных проектов, в том числе и с помощью обратной связи от заказчиков / пользователей, организованной любым доступным способом;
- анализ последних разработок и достижений в сфере информационных технологий;
- анализ конъюнктуры рынка информационных технологий, консолидация потребностей пользователей ИТ-продуктов и ИТ-услуг;
- разработка моделей компетенций и проведение профессиональной аттестации кадров;

- планирование и формирование бюджета на профессиональное развитие специалистов;
- подготовка, организация и проведение мероприятий по профессиональной переподготовке или повышению квалификации сотрудников.

Предварительным этапом процесса развития компетенций всегда является оценка персонала. В общем случае оценка персонала — это управленческая технология, направленная на достижение целей компании и на реализацию ее стратегии, а также на повышение эффективности деятельности организации по основным функциям управления [1, 2]. Оценка персонала, как правило, выполняется в рамках аттестационных сессий при участии сотрудников и аттестационной комиссии [3]. Как правило, оценка персонала является трудоемкой операцией, растянутой во времени. В неавтоматизированном варианте при этом привлекается большое число сотрудников, без которых можно было бы обойтись (или минимизировать их участие).

Ключевые проблемы, возникающие при проведении профессиональной аттестации специалистов, включают:

- неэффективное использование времени руководителей (на подготовку к аттестации, изменение и согласование расписания, корректировки текущего рабочего графика и др.);

- трата времени на присутствие в процессе аттестации (в качестве члена комиссии);
- вынужденные отклонения от рабочих графиков аттестуемых специалистов, из-за чего возможны срывы сроков в текущих проектах;
- человеческий фактор (личное отношение корреспондента из аттестационной комиссии к конкретному сотруднику, что может поставить под сомнение непредвзятость и объективность результата последнего)

1. Результаты опросов и оценки

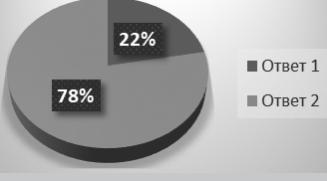
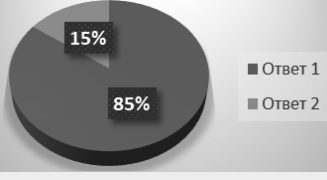
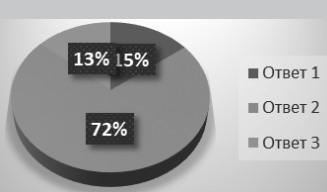
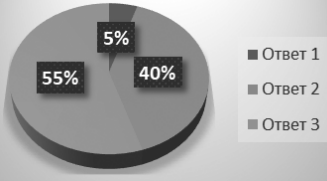
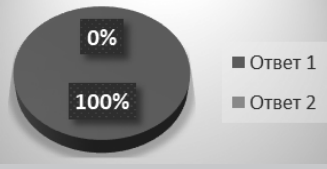
На примере нескольких ИТ-компаний был произведен опрос специалистов разных категорий. Предмет опроса — «необходимость автоматизированного способа проведения аттестации специалистов». В таблице 1 приведены результаты этого опроса.

Результаты опроса позволили выявить ключевые проблемы неавтоматизированного варианта проведения аттестации персонала.

1. Затрагивает: руководителей подразделений. Проблема состоит в том, что руководители подразделений тратят много времени на подготовительные мероприятия к аттестации: выполняют анализ загрузки подчиненных, перераспределение ресурсов и работ так, чтобы компенсировать потерянное в ходе проведения аттестации производственное время.
2. Затрагивает: производственный персонал (аттестуемых). Проблема состоит в том, что на период аттестации производительность сильно падает, затруднено планирование текущих работ.
3. Затрагивает: производственный персонал, руководство. Проблема состоит в том, что в силу человеческого фактора результаты аттестации нельзя считать на 100% объективными, поскольку имеют место личные отношения, в некоторых случаях — предвзятость, намеренная снисходительность. Кроме того, нет единой системы аттестации специалистов одного профиля, которая показала бы объективную оценку их профессиональных компетенций.
4. Затрагивает: руководителей. Проблема состоит в том, что результаты аттестации интерпретируются и сводятся вручную, что влечет за собой потерю времени, вероятность ошибок, необъективность.
5. Затрагивает: производственный персонал (аттестуемых). Проблема состоит в том, что аттестуемые не получают обратной связи в любом случае, не зная, стоит ли им сосредоточиться на каких-то наиболее важных моментах своей профессиональной деятельности.

Таблица 1.

Результаты опроса

Вопрос и варианты ответа	Результат анкетирования
Производственные сотрудники	
Нужна ли автоматизация проведения аттестации: Да Нет	
Как вы видите проведение аттестации: Централизованное и коллективное Индивидуальное	
Хотели бы вы знать о своих результатах аттестации в любом случае: Да Нет	
Какое время было бы для вас максимально комфортным для прохождения процедуры аттестации: Назначенное руководителем Выбранное самостоятельно в зависимости от степени загрузки производственными задачами Не имеет значения	
Как удобней всего было бы принимать участие в аттестации: Очно, как сейчас Удаленно со своего рабочего места Удаленно из дома	
Какая форма аттестации для вас наиболее удобная: Скайп-собеседование Тестирование Написание характеристики Выполнение практического задания	
Технические специалисты, руководители	
Нужна ли автоматизация проведения аттестации: Да Нет	

Вопрос и варианты ответа	Результат анкетирования
<p>Как вы видите проведение аттестации своих подчиненных: Централизованное и коллективное Индивидуальное Нерегулярно, по усмотрению</p>	<p>■ Ответ 1 ■ Ответ 2 ■ Ответ 3</p>
<p>Какая форма аттестации ваших подчиненных для вас наиболее удобная: Скайп-собеседование Тестирование Написание характеристики Выполнение практического задания</p>	<p>■ Ответ 1 ■ Ответ 2 ■ Ответ 3 ■ Ответ 4</p>
<p>Как вы считаете наиболее правильным разделить сложность аттестационных процедур между сотрудниками: Одинаковые тесты для всех сотрудников одной квалификации Повышение сложности в зависимости от опыта работы</p>	<p>■ Ответ 1 ■ Ответ 2</p>
<p>Оценка аттестуемого должна быть выражена количественным показателем: Да, как оценка в школе: 1 — 5 Да, по 100-балльной системе Нет, достаточно заключения, как при сдаче теоретического экзамена в ГИБДД на водительские права: «прошел / не прошел»</p>	<p>■ Ответ 1 ■ Ответ 2 ■ Ответ 3</p>
<p>Хотели бы вы видеть результаты прохождения аттестации ваших сотрудников, сведенными в одну таблицу: Да Нет</p>	<p>■ Ответ 1 ■ Ответ 2</p>
<p>Хотели бы вы иметь возможность самому создавать и сохранять тесты разных тематик / направлений для последующего их использования и назначения их отдельным сотрудникам: Обязательно Было бы неплохо Это лишнее</p>	<p>■ Ответ 1 ■ Ответ 2 ■ Ответ 3</p>

Вопрос и варианты ответа	Результат анкетирования
Руководство компании	
<p>Что для вас наиболее важно в процессе проведения аттестации: Мне необходимо лично присутствовать на аттестации и контролировать процесс, видеть, на что способны мои сотрудники Получать только сводный результат, абстрагируясь от процесса проведения аттестации Не имеет значения, проведение аттестации — это всего лишь простое соблюдение формальностей</p>	<p>■ Ответ 1 ■ Ответ 2 ■ Ответ 3</p>
<p>Как бы вы хотели, чтобы проведение аттестации влияло на текущие работы сотрудников: Сотрудники должны найти время, оторваться от текущих дел и одновременно пройти аттестацию Сотрудники должны иметь возможность проходить аттестацию в удобное для себя время (в разумно ограниченный срок) Меня это не интересует</p>	<p>■ Ответ 1 ■ Ответ 2 ■ Ответ 3</p>
Отдел кадров	
<p>Удобен ли для вас удаленный и автоматизированный процесс аттестации: Да Нет</p>	<p>■ Ответ 1 ■ Ответ 2</p>
<p>Как вы видите ваше участие в автоматизированном варианте проведения аттестации: Личное присутствие при процессе Пересылка распоряжения руководителя вниз по иерархии к руководителям подразделений Регистрация в автоматизированной системе новой аттестационной сессии и включение в нее сотрудников, подлежащих аттестации</p>	<p>■ Ответ 1 ■ Ответ 2 ■ Ответ 3</p>
<p>Какие вы видите плюсы автоматизированной системы проведения аттестации (свободный ответ)?</p>	<p>С помощью такой системы можно регулярно проводить тестирование сотрудников по пожарной безопасности, правилам безопасности на производстве и другим обязательным курсам</p>

6. Затрагивает: отдел кадров. Проблема состоит в том, что на время аттестации сотрудник отдела кадров вынужден из нормального рабочего процесса, поскольку присутствует в аттестационной комиссии.

2. Роль управления профессиональными компетенциями в достижении стратегических целей ИТ-компаний

На сегодняшний день роль управления профессиональными компетенциями в достижении стратегических целей компании высока. Обусловлено это тем, что данный подход направлен, в первую очередь, на определение личностного потенциала сотрудников, что ведет к стратегическому развитию компании.

Личностный потенциал человека связан с внутренней физической и духовной энергией человека. У каждого человека внутренняя физическая и духовная энергия абсолютна разная, поэтому, правильно определив данную систему индивидуальных различий, можно добиться необходимой деятельной позиции работника, направленной на творческое самовыражение и самореализацию.

Сегодняшний мир переживает серьезную информационную революцию. Этот период характерен серьезным увеличением объема информации, который представляет собой один из важных факторов развития технологий и общества в целом. Именно развитие технологий и совершенствование цифровых коммуникаций стали основой появления такого фактора мирового развития как цифровая экономика.

В период цифровизации рост числа ИТ-компаний значительно возрос, вместе с тем возросло и количество работников в отрасли информационных технологий. Так как ИТ-отрасль является новейшим и актуальным направлением, изменились также и профессиональные компетенции сотрудников.

Профессиональные компетенции в сфере цифрового развития связаны с функциональным использованием методов и инструментов управления не только процессами, но и проектами, продуктами цифровой трансформации и регулярным решением сложных профессиональных задач.

Все профессиональные компетенции, которыми должны обладать сотрудники ИТ-компаний, отдельно описаны в модели под названием «Профессиональные компетенции (hardskills) в сфере цифрового развития». В модели компетенций выделены шесть ключевых профессиональных компетенций. Как и для личностных компетенций, профессиональным компетенциям присвоен

шифр, дано определение и описание знаний, умений и навыков [4].

Поскольку данная отрасль имеет высокую скорость обновления знаний и сотрудникам приходится работать в условиях многозадачности, выполняя вышеперечисленные задачи, сегодня в ней заметно отмечается новый уровень изменчивости, который снижает скорость принятия управленческих решений [5]. Решить данную проблему поможет оптимизация командной работы, а именно профилирование компетенций ИТ-специалистов [6].

Профессиональное профилирование команды — это симбиоз качественной оценки квалификации специалистов ИТ-сотрудников и управленческого процесса применения этой техники на практике.

Профилирование ориентировано на достижение нескольких стратегических целей, среди которых:

- Определение сильных и слабых (в плане компетенций и квалификации) сторон команды в целом и каждого участника в отдельности.
- Оценка внутреннего резерва для усиления команды.
- Определение направления/области знания, над которыми требуется работать в ближнесрочной и среднесрочной перспективе, включая обучение, но не ограничиваясь им.

Данный метод предполагает распределение сотрудников ИТ-компаний по следующей шкале (таблица 2).

Таблица 2.

Шкала распределения сотрудников ИТ-компаний по уровню профессиональных компетенций

Уровень профессиональных компетенций	Описание
Cadet (C)	Сотрудник компании еще недостаточно освоился в компании, не имеет необходимых компетенций, проходит стажировку
Junior (J)	Компетенция начального уровня. Сотрудник уже прошел стажировку, начал осваиваться в компании, но еще не имеет необходимых компетенций
Middle (M)	Обозначает крепкий средний уровень. Сотрудник освоился в компании, работает довольно длительное время, показывает успехи
Senior (S)	Эксперт в области ИТ. Работает в области длительное время, постоянно развивается, достиг наивысшего уровня

Данные уровни являются базовыми, для срединных значений используются дополнительные модификаторы («+», «-», «x»). Для уровней Cadet (C) и Senior (S) данные модификаторы не используются. Поэтому, для уровней

Junior (J) и Middle (M) выделяют следующие дополнительные модификаторы:

- J-/M- — специалист пока не дотягивает, но двигается к этому уровню;
- J/M — уровень достигнут;
- J+/M+ — двигается в сторону следующего уровня;
- Jx/Mx — уровень достигнут и является потолком для данного сотрудника (с учетом способностей, мотивации).

Для выявления одного из этих уровней проводится профессиональный тест, подразумевающий решение довольно простых вопросов. Ответы оцениваются экспертом, которые в дальнейшем агрегируются и выводятся финальные оценки по теории и практике, благодаря которым и дается уровень профессиональной компетенции ИТ-специалиста [7].

Анализ после сведения всех результатов в таблицу и применения инструментов интеллектуального анализа позволяет увидеть профиль команды или хотя бы его примерные контуры.

Дальнейшая визуализация происходит при помощи гистограмм с распределением штата по указанным

уровням квалификации, включая промежуточные уровни с модификаторами.

Профессиональное профилирование команды это лишь один из немногих методов определения профессиональных компетенций сотрудников в ИТ-компании. Существует и множество других способов и методов, позволяющих управлять профессиональными компетенциями сотрудников ИТ-компаний.

Заключение

Управление профессиональными компетенциями — это циклический процесс, который не заканчивается лишь оценкой результатов обучения сотрудников. Его необходимо повторять снова и снова для того, чтобы непрерывно развивать компетенции сотрудников, а вместе с тем и достигать стратегических целей ИТ-компаний.

Очевидна также насущная потребность в средствах автоматизации проведения аттестации профессиональных компетенций специалистов ИТ-компаний. Такие средства позволят сделать процесс комфортным для всех участников, объективным, эффективным для компании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Свиридов О.И., Веретихина С.В. Обзор программного обеспечения автоматизированных систем оценки персонала // Новое поколение. — 2018. №8
2. Захаров Я.В., Федин Ф.О., Ромашкова О.Н. Разработка требований к автоматизированной системе оценивания результатов инновационной деятельности образовательной организации // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2021. № 6. С. 96–101.
3. Ромашкова О.Н., Ермакова Т.Н. Моделирование информационных процессов управления образовательным комплексом // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2014. №2. С. 122–129.
4. Профессиональные компетенции в сфере цифрового развития [Электронный источник] — URL: <https://hr.cdto.ranepa.ru/2-6-professionalnye-kompetencii-v-sfere-cifrovogo-razvitiya?ysclid=lhejb6jprj638250462> (дата обращения: 08.05.2023)
5. Ponomareva L.A., Romashkova O.N. Training of specialists in on-board communication systems. // В сборнике: 2020 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications. 2020. С. 9078594.
6. Профессиональное профилирование ИТ-команды: что это и какой результат может принести компании? // Rusbase [Электронный источник] — URL: <https://rb.ru/opinion/professional-profiling/?ysclid=lhejvuy6q868729297> (дата обращения: 08.05.2023)
7. Ponomareva L.A., Chiskidov S.V., Romashkova O.N. Instrumental implementation of the educational process model to improve the rating of the universities // В сборнике: CEUR Workshop Proceedings. 9. Сер. «Selected Papers of the Proceedings of the 9th International Conference Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems, ITMM 2019». 2019. С. 92–101.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СЕРВИСА ДЛЯ ДЕДУПЛИКАЦИИ ДАННЫХ В ХРАНИЛИЩЕ

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A DATA DEDUPLICATION SERVICE FOR STORAGE SYSTEMS

**A. Pantykhin
V. Gladun
I. Malinin
S. Molodyakov**

Summary. This paper examines a deduplication service based on hash functions to minimize the volume of stored data. The main algorithm involves segmenting data into fixed-size blocks, calculating unique hash values for each segment, and saving only unique data blocks while creating references for duplicates. The technological stack includes Python, MongoDB, and the MongoEngine library. The paper presents research results related to the use of different hashing algorithms and data segment sizes.

Keywords: data deduplication, hash functions, data storage systems, storage optimization, MongoDB, Python, MongoEngine.

Пантюхин Андрей Максимович

Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого
panandafog@gmail.com

Гладун Владимир Вадимович

Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого
vladimir.gldn@gmail.com

Малинин Илья Игоревич

Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого
malinin.ilja@gmail.com

Молодяков Сергей Александрович

Д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский
политехнический университет Петра Великого
molodyakov_sa@spbstu.ru

Аннотация. Рассмотрен сервис дедупликации на основе хеш-функций для минимизации объема хранимых данных. Основной алгоритм работы включает разделение данных на сегменты фиксированного размера, вычисление уникальных хеш-значений для каждого сегмента, и сохранение только уникальных блоков данных с созданием ссылок на дубликаты. Технологический стек включает Python, MongoDB и библиотеку MongoEngine. Приводятся результаты исследования, связанные с использованием разных алгоритмов хеширования, размеров сегментов деления данных.

Ключевые слова: дедупликация данных, хеш-функции, система хранения данных, оптимизация хранения, MongoDB, Python, MongoEngine.

Введение

В условиях постоянно растущего объема генерируемых данных актуальность эффективного и экономичного способа их хранения становится очевидной. Увеличение объема данных обусловлено как расширением информационных потребностей бизнеса, так и прогрессом в области интернета вещей и цифровой аналитики. Существующие подходы к хранению данных, в том числе использование облачных технологий и распределенных систем, обеспечивают масштабируемость и доступность данных, однако вызывают рост затрат на обслуживание данных из-за их объема.

Текущие технологии решают проблему хранения за счет применения различных методов сжатия и оптимизации данных, в том числе дедупликацию [1]. Дедупликация позволяет исключить сохранение множественных копий одних и тех же данных, эффективно снижает физический объем информации и, соответственно, затраты на ее хранение. Несмотря на значительные достижения в этой области, большинство существующих систем ори-

ентированы на использование в облачных или масштабных распределенных средах, что делает их не всегда приемлемыми для локальных или специализированных применений.

В связи с этим, целью данной работы является разработка прототипа локальной системы дедупликации, способной анализировать потоки данных, выделять уникальные блоки и минимизировать дублирование данных на физических носителях путем использования эффективной хеш-функции и механизмов управления ссылками на данные.

Анализ методов дедупликации данных

Дедупликация — это процесс идентификации и удаления дублирующихся копий данных. Основные методы дедупликации — это пост-обработка и встроенная дедупликация (в реальном времени). Дедупликация данных с использованием пост-обработки была выбрана как наиболее эффективный метод для оптимизации процесса хранения данных в рамках данного исследования.

Классифицировать методы дедупликации можно на основе различных критериев, таких как время выполнения операции дедупликации (в реальном времени или отложенное), уровень дедупликации (на уровне файлов или блоков), а также способ идентификации дубликатов (с использованием хеш-функций или других методов). Перечислим методы дедупликации.

Использование хеш-функций [2]. Хеш-функции преобразуют блоки данных в короткие уникальные хеш-коды, что позволяет быстро и эффективно идентифицировать дубликаты данных. Это обеспечивает высокую скорость и надежность при сравнении данных и широко используется для дедупликации из-за простоты интеграции и управления.

Битовое сравнение (Byte-level comparison) [3]. Этот метод включает полное посимвольное сравнение данных, что гарантирует высокую точность в определении дубликатов. Однако такое сравнение требует значительных вычислительных ресурсов и времени, особенно при работе с большими объемами данных.

Сравнение по сигнатурам [4]. Данные обрабатываются для создания сокращенных представлений или сигнатур, которые затем используются для сравнения. Это похоже на хеш-функции, но сигнатуры могут быть адаптированы для отражения специфических аспектов данных, что позволяет гибко подходить к процессу дедупликации.

Семантический анализ [5]. Семантический анализ учитывает смысловое содержание данных, а не только их структуру или содержание на битовом уровне. Это особенно полезно для систем, в которых необходимо понимать контекст и значение информации, чтобы корректно определить дубликаты.

Фильтрация на основе правил (Rule-based filtering) [6]. Этот метод использует predetermined правила для идентификации дубликатов, основываясь на атрибутах данных, таких как дата, размер или автор. Это позволяет настроить процесс дедупликации под конкретные нужды и требования.

Дедупликация на основе контекста [7]. Контекстно-зависимая дедупликация учитывает окружение или ситуацию, в которой используются данные. Это помогает минимизировать ошибки при дедупликации данных, которые могут быть одинаковыми, но иметь разное значение в разных условиях.

Выбор хеш-функций для дедупликации в нашем исследовании обусловлен несколькими ключевыми факторами. Во-первых, хеш-функции обеспечивают высокую скорость обработки данных, что критически важно при

работе с большими объемами информации. Во-вторых, они позволяют значительно сократить объем необходимого хранилища, сохраняя только уникальные блоки данных. В-третьих, хеш-функции предоставляют достаточную надежность и точность для большинства приложений, так как современные алгоритмы хеширования минимизируют риск коллизий. Наконец, этот метод легко интегрируется в существующие системы и не требует сложной настройки, что делает его идеальным выбором для эффективного и надежного решения задачи оптимизации хранения данных.

Анализ существующих решений

В процессе разработки прототипа системы дедупликации был проведен анализ существующих решений на рынке, чтобы определить текущие тенденции, возможности и ограничения. Сравнение с аналогичными решениями позволило выявить ключевые аспекты, которые необходимо учесть при создании системы. Далее приведены некоторые популярных систем дедупликации и их особенности.

1. Data Domain (Dell EMC) [8]. Преимущества: поддерживает различные уровни данных и типы нагрузок; имеет высокую производительность и надежность. Ограничения: высокая стоимость решений, которая может быть неоправданной для малых и средних предприятий.
2. Microsoft Windows Server Deduplication [9]. Преимущества: интегрированная с Windows Server функция дедупликации, обеспечивающая удобство использования и управления при низкой стоимости. Ограничения: менее эффективна при большом объеме маленьких файлов и в условиях высокой нагрузки.
3. Veeam Backup & Replication [10]. Преимущества: предлагает решения, ориентированные на виртуальные среды, с возможностями резервного копирования и дедупликации. Ограничения: Преимущественно ориентирован на виртуальные и облачные среды, что может ограничивать его применение в традиционных IT-инфраструктурах.
4. Veritas NetBackup [11]. Преимущества: обеспечивает комплексное решение для защиты данных с высоким уровнем масштабируемости и поддержкой разнообразных типов данных и нагрузок. Ограничения: требует значительных инвестиций в лицензирование и поддержку.
5. Experian Data Quality Software [12]. Преимущества: обеспечивает высокое качество данных с функциями дедупликации, помогая организациям поддерживать чистоту и точность баз данных. Ограничения: может быть сложно интегрировать и настроить в существующие базы данных.

Многие из существующих решений требуют значительных начальных вложений и имеют высокую стоимость обслуживания. На основе проведенного анализа было принято решение разработать систему дедупликации, которая будет экономически доступна для малых и средних предприятий, обладая при этом высокой производительностью и простотой интеграции и управления.

Архитектура системы

Архитектура системы включает следующие компоненты (рис. 1).

- File Storage. Директория, где хранятся файлы для обработки.
- File Reader. Чтение/Запись файлов: Читывает файлы из/в хранилища.
- File Splitter. Разделение файлов на сегменты: Для процесса дедупликации файлы разделяются на сегменты одинакового размера. Соединение сегментов в файлы: Объединяет сегменты обратно в исходные файлы в процессе восстановления.
- Hash Generator. Генерация хеша из данных. Создает уникальный идентификатор для каждого сегмента файла, используя выбранный алгоритм хеширования.
- Deduplicator / Restorer. Сохранение сегментов и их хешей: Отвечает за сохранение уникальных сегментов и их соответствующих хешей. Чтение сегментов: извлекает сегменты из хранилища для обработки. Восстановление файлов из сегментов: собирает файлы из сегментов, удаляя дубликаты.
- Database Connector. Чтение/Запись в базу данных.
- Hash Table. Хранит хеши сегментов файлов для быстрого доступа и сопоставления.
- Segments Storage. Хранит уникальные сегменты файлов для последующего восстановления исходных файлов.

Стек технологий

Выбранный технологический стек для создания сервиса дедупликации данных включает использование Python, MongoDB и библиотеки MongoEngine [13].

MongoDB — это NoSQL база данных, которая предлагает ряд преимуществ для систем дедупликации. MongoDB не требует фиксированной схемы данных, что позволяет легко адаптировать базу данных под изменяющиеся требования к данным. MongoDB эффективно масштабируется, позволяя обрабатывать большие объемы данных и высокую нагрузку. MongoEngine — это библиотека-оболочка для MongoDB, написанная на Python. Она упрощает работу с MongoDB, предоставляя классы и функции, похожие на ORM, что облегчает манипуляцию данными. MongoEngine специально разработан для Python, он обеспечивает лучшую интеграцию и использование питонических идиом.

Выбор данного стека технологий обоснован необходимостью обработки больших объемов данных с гибкостью и эффективностью. Python обеспечивает удобную разработку и поддержку, MongoDB предлагает нужную производительность и масштабируемость для работы с большими объемами данных, а MongoEngine упрощает взаимодействие между Python и MongoDB, делая разработку более интуитивной и эффективной.

Алгоритм работы системы

Алгоритм дедупликации неструктурированных данных, применяемый в разрабатываемой системе, основывается на следующих последовательных шагах, которые обеспечивают оптимизацию процесса хранения данных:

1. Разделение входного потока данных. Исходные данные первоначально разделяются на сегменты фиксированного размера. Этот размер выбирается таким образом, чтобы обеспечить оптимальное

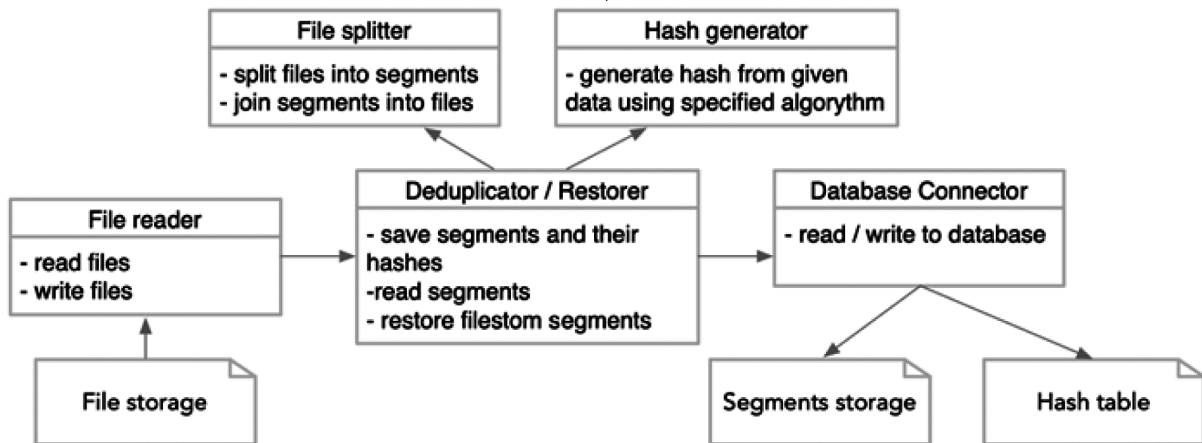


Рис. 1. Архитектура системы

сочетание производительности и эффективности хранения, минимизируя при этом дублирование содержимого.

2. Вычисление хеш-значений. Для каждого отдельного блока данных вычисляется уникальное хеш-значение. Этот процесс включает применение алгоритма хеширования, такого как SHA-256 или MD5, который преобразует блок данных в короткий числовой код, характеризующий данный блок.
3. Проверка наличия хеш-значения в таблице. Полученное хеш-значение каждого блока сравнивается с уже существующими хеш-значениями в таблице, которая содержит записи о всех ранее сохраненных блоках данных. Эта таблица служит своего рода индексом, позволяющим быстро определять, сохранялся ли ранее такой же блок данных.
4. Сохранение данных или создание ссылки. Если блок с таким же хеш-значением уже существует на носителе, то вместо повторного сохранения блока в хранилище создается только ссылка на уже существующий блок. Это позволяет избежать дублирования и значительно сократить объем используемого дискового пространства. Если же такого хеш-значения в таблице нет, новый блок данных сохраняется на диске, а его хеш-значение вместе с указанием на его расположение добавляется в таблицу.

Программная реализация

Структура проекта выглядит следующим образом (см. рис. 2).

Python-скрипты:

- `comparator.py`: Используется для сравнения данных до и после дедупликации.
- `config.py` и `config.ini`: Файлы конфигурации, где `config.py` может использоваться для чтения и обработки данных из `config.ini`.
- `deduplicator.py`: Основной скрипт для процесса дедупликации данных.
- `restorer.py`: Используется для восстановления исходных файлов из данных, полученных при дедупликации.
- `hasher.py`: Используется для создания хешей.
- `performance_measurer.py`: Используется для измерения производительности сервиса дедупликации.
- `reader_writer.py`: Скрипт для чтения и записи данных в файлы.
- `splitter.py`: Скрипт для разделения данных на сегменты и создания файлов из набора сегментов.

Директории:

- `database`: Содержит скрипты для работы с базой данных, включая инициализацию (`db.py`) и модели данных (`models.py`).

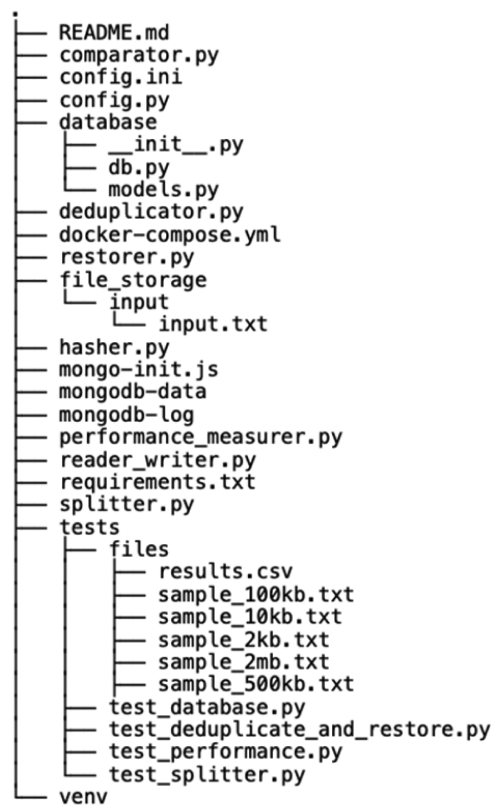


Рис. 2. Структура проекта

- `file_storage`: Используется для хранения входных файлов.
- `mongodb-data` и `mongodb-log`: Директории для хранения данных MongoDB и логов соответственно.
- `tests`: Содержит тесты для различных компонентов системы, включая базу данных, процесс дедупликации, производительность и сплиттер. Директория `files` содержит образцы файлов для тестирования.

Дополнительные файлы:

- `docker-compose.yml`: Используется для настройки и запуска Docker-контейнеров.
- `mongo-init.js`: Скрипт для инициализации MongoDB с предварительными настройками.
- `requirements.txt`: Содержит список зависимостей Python, необходимых для проекта.
- `venv`: Каталог для виртуального окружения Python, предназначенного для изоляции зависимостей проекта.

Результаты тестирования

В ходе тестирования выполнялась дедупликация и восстановление одного и того же файла с использованием разных значений входных параметров: изменялся алгоритм хеширования и варьировался размер сегмента.

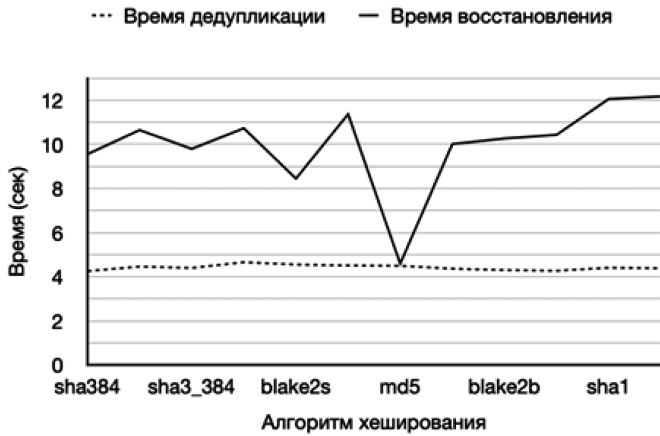


Рис. 3. Время выполнения с использованием различных алгоритмов хеширования

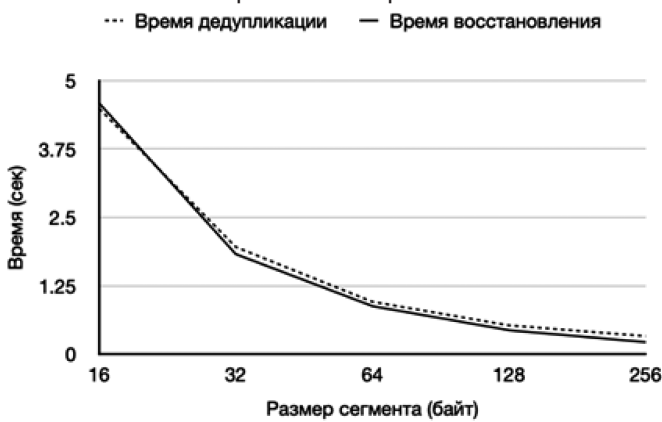


Рис. 4. Зависимость времени выполнения от размера сегмента

В процессе выполнения программы собирались следующие метрики:

- Затраченное время на дедупликацию (в секундах)
- Затраченное время на восстановление файла
- Соответствие восстановленного файла исходному (в процентах)
- Количество повторений сегментов
- Количество уникальных сегментов

По полученным результатам были построены зависимости, представим две из них. Зависимость времени выполнения программы от использованного алгоритма хеширования при размере сегмента 16 байт показывает эффективность алгоритма хеширования MD5 (рис. 3). Выбор MD5 как эффективного алгоритма хеширования обусловлен его скоростью, преимущественно в процессе восстановления файлов. Зависимость времени выполнения программы от размера сегмента при использовании алгоритма MD5 позволяет выбрать размер сегмента (рис. 4). Размер сегмента в 32 байта был определен как наилучший с точки зрения баланса между количеством дубликатов и временем выполнения программы.

Заключение

В ходе работы была успешно спроектирован и разработан модульный сервис, который не только обладает гибкостью в плане модификаций, но и демонстрирует высокую эффективность благодаря использованию Python, MongoDB и MongoEngine. Эти технологии были выбраны с учетом их сильных сторон, таких как гибкость схем данных и простота масштабирования, что обеспечило надежную основу для проекта.

Проведено тестирование сервиса и был определен наиболее эффективный алгоритм хеширования и размера сегмента данных. Были выбраны алгоритм хеширования MD5 и размер сегмента в 32 байта. В ходе тестирования не было выявлено ошибок после дедупликации и процесса обратного восстановлении исходного файла.

Эти результаты подтверждают, что предложенный подход к дедупликации обеспечивает не только общую производительность системы хранения данных, но и высокий уровень надежности и целостности данных. На основе полученных данных можно сделать вывод, что разработанный сервис подходит для предприятий, стремящихся минимизировать расходы на хранение больших объемов информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shynu P.G., Nadesh R.K., Menon V.G., Venu P., Abbasi M., Khosravi M.R. A secure data deduplication system for integrated cloud-edge networks // Journal of Cloud Computing. — 2020. — vol. 9. — no. 1.
2. Saeed A.S. M., George L.E., Fingerprint-based data deduplication using a mathematical bounded linear hash function // Symmetry. — 2021. — vol. 13. — no. 11.
3. Sujatha G., Raj J.R., A Comprehensive Study of Different Types of Deduplication Technique in Various Dimension // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. — 2022. — vol. 13. — no. 3.
4. Gadre A., Pund P., Ajmire G., Kale S., Signature Recognition Models: Performance Comparison // 2021 International Conference on Advancements in Electrical, Electronics, Communication, Computing and Automation. — 2021.
5. Devarajan V., Subramanian R., Analyzing semantic similarity amongst textual documents to suggest near duplicates // Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. — 2022. — vol. 25. — no. 3.
6. Wangikar V., Deshmukh S., Bhirud S., Exploring Research Pathways in Record Deduplication and Record Linkage // Communications in Computer and Information Science. — 2021.
7. Maze E., Dirhoussi A., Vernaz Y., Farahbakhsh R., Duplicate Detection of Technical Documents in Petroleum Context Based on Near-Duplicate Image Search, in Proceedings // SPE Annual Technical Conference and Exhibition. — 2023.

8. Faibish S., Armangau P., Gonczi I., Bassov I., Improving Data Reduction for SDNAS for Trident Backends. — 2019.
 9. Saab A., Nakhle V., G. al Hajj Chehade, Moussawi H., Testing and Comparing the Performances of Windows Server 2022 // Ubuntu 20.04 and CentOS 8 under DDoS Attacks. — 2021.
 10. Arora R. and Vetrithangam D., Advancements in deduplication techniques for efficient data storage // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. — 2024. — vol. 102. — no. 5.
 11. Pawar K., Phatale V., Kumari R., Kanade A., Ujgare S., Data De-Duplication Engine for Efficient Storage Management. — 2022.
 12. Naghmouchi M., Laurent M., Levallois-Barth C., and Kaaniche N., Comparative Analysis of Technical and Legal Frameworks of Various National Digital Identity Solutions. — 2023.
 13. Somasundar A., Chilakarao M., B.R.K. Raju, Behera S.K., Ramana C.V., Sethy P.K., MongoDB integration with Python and Node. js, Express. Js // 2024 Fourth International Conference on Advances in Electrical, Computing, Communication and Sustainable Technologies. — 2024.
-

© Пантюхин Андрей Максимович (panandafog@gmail.com); Гладун Владимир Вадимович (vladimir.gldn@gmail.com);
Малинин Илья Игоревич (malinin.ilja@gmail.com); Молодяков Сергей Александрович (molodyakov_sa@spbstu.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ДЕКЛАРАТИВНЫЙ ПОДХОД К ГЕНЕРАЦИИ ГОТОВЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Ризоев Бахтовар Махмадалиевич
НИУ Московский авиационный институт
mavlonov.rb@gmail.com

DECLARATIVE APPROACH TO GENERATING READY-TO-USE APPLICATIONS

B. Rizoiev

Summary. With modern development tools, project implementation has become a relatively easy task that can be automated. Considering that most applications involve input data, transforming data, enriching it with other data, and returning output data, we can take automation even further by making it declarative. This approach allows users to describe declaratively what they want to achieve, and then generate a ready-to-use application based on these descriptions. To accomplish this, it is necessary to create a domain-specific language (DSL) that has the necessary constructs to enable users to describe business tasks at a high level of abstraction. The generated description can be used as documentation for the application. This description is then transformed into a fully functional application using templates. This approach saves time in application development and eliminates the need for repetitive testing, as the templates only need to be tested once. Additionally, the proposed approach helps to unify the codebase, making it easy to change the technology stack, thus making the solution platform-independent. The second part of the paper presents the syntax of the proposed DSL and provides examples of templates used to create a typical application.

Keywords: code generation, templates, declarative approach, development automation.

Аннотация. С современными инструментами разработки реализация проектов превратилась в относительно легкую задачу, которую можно автоматизировать. Учитывая, что большая часть приложений — это входные данные, преобразование этих данных, обогащение другими данными и возвращение выходных данных, то можно пойти еще дальше и автоматизацию сделать декларативной — дать пользователю возможность декларативно описывать, что он хочет получить, а после генерировать готовое приложение. Для этого нужно создать специфический для предметной области язык, который будет обладать необходимыми конструкциями, позволяющими пользователям описывать бизнес задачи на высоком уровне абстракции. Сформированное описание можно использовать как документацию к приложению. После такое описание с помощью шаблонов превращается в полностью готовое приложение, которое можно использовать. Такой подход позволяет сэкономить время на написание приложений и избавляет от необходимости тестирования, так как нужно протестировать шаблоны всего один раз. Также предложенный подход помогает унифицировать кодовую базу, в которой к тому же легко поменять стек технологий — это делает решение платформонезависимым. Во второй части работы приведен синтаксис рассматриваемого специфического языка и приведен пример шаблонов — они используются для создания типичного приложения.

Ключевые слова: генерация кода, шаблоны, декларативный подход, автоматизация разработки.

Введение

Прогрессивное развитие информационных технологий и постоянное увеличение количества компьютерных систем в нашей повседневной жизни приводит к необходимости проектирования и разработки большого числа приложений, покрывающих различные аспекты работы предприятий, учреждений и организаций различных сфер и направлений [1]. Это подталкивает на создание большого количества однотипных приложений, которые выполняют сходные функции, но имеют различные вариации в связи с отсутствием общих принципов разработки. Одновременно с этим мы имеем высокую динамику развития инструментов разработки, фреймворков и библиотек, которая также создает цикл обновления приложений.

Задача разработчика в такой высокоразвитой области упрощается, но порождает рутину из написания одних и тех же блоков кода, их тестирования и эксплуа-

тации. Также не стоит забывать, что приложения постоянно обновляются и дополняются новым функционалом. Если учитывать общие свойства проектов, то можно автоматизировать этот процесс, чтобы позволять разработчикам акцентироваться больше на архитектуре приложений, думая о том, как масштабировать и наиболее оптимально построить высоконагруженные и стабильные сервисы.

Целью данного исследования является разработка эффективного инструмента для автоматического создания готовых приложений с помощью декларативного подхода. Для достижения этой цели нужно выработать методологию декларативного описания приложений и разработать сам генератор.

Литературный обзор

В разработке приложений широко применяются различные подходы, среди которых можно выделить Model-

Driven Engineering (MDE) и Domain-Specific Languages (DSL).

Model-Driven Engineering (MDE) является парадигмой разработки приложений, в которой процесс создания программного обеспечения основывается на моделях различных аспектов его функционирования и архитектуры [2]. MDE подразумевает работу с высокоуровневыми абстракциями и автоматическую генерацию результатов на основе этих моделей. Этот подход делает акцент на повышении уровня абстракции в разработке ПО и позволяет снизить зависимость от конкретной технологии, упростить процесс разработки, сократить затраты и повысить эффективность.

Domain-Specific Languages (DSL) — это специально разработанные языки программирования, созданные для решения конкретных задач в определенной предметной области [3]. В сравнении с общими языками программирования, DSL обеспечивают более высокий уровень абстракции, что может сделать процесс разработки приложений проще и быстрее. Однако, ограниченность DSL может затруднять их применение в различных контекстах и при интеграции с другими технологиями.

Декларативное программирование основывается на задании требований и ожидаемой функциональности приложения, а не его конкретной реализации. Это позволяет автоматизировать генерацию кода, снижая трудозатраты на разработку и улучшая качество решений. На практике довольно часто применяется такой подход к генерации [4], а также проводятся исследования на предмет декларативных шаблонов проектирования [5].

Также существуют на коммерческой основе инструменты, позволяющие графически или в тексте создавать свои приложения без непосредственного написания кода, например, [6]. Однако их функциональность ограничена и чаще всего они без открытого исходного кода, что затрудняет их модификацию и использование для специфических задач.

Материалы и методы

Разумеется, из команды в команду различается процесс разработки, но объединяющие этапы присутствуют [7]. Так, сбор требований, их анализ, называемый процессом аналитики, мы никак не оптимизируем. Мы рассматриваем процесс написания документации, разработку и тестирование. Для первого нужно создать стандарт, который, с одной стороны, будет легко читаем, не сложен в написании и при этом поддерживает все необходимое для понимания и написания приложения. Это также решает проблему того, что даже в рамках одной команды обычно в разных проектах одни и те же действия описываются по-разному, что приводит к расхождениям.

Для документации был выбран формат Emacs Org Mode [8]. Emacs — семейство многофункциональных расширяемых текстовых редакторов. Инструмент славится своими настраиваемостью и расширяемостью — в него легко можно добавить огромное количество плагинов и макросов, сделав его удобным под свои нужды. Org Mode — это текстовая версия ToDoList, это режим Emacs для содержания коротких заметок, TODO-списков, для планирования проектов, а также для организации любой информации, которую можно представить текстом и в виде дерева.

Декларативное описание — это спецификация сервиса (приложения), которую мы попытались максимально приблизить к документации сервиса. То есть нам нужен формат, в котором скрыты технические детали, но при этом есть достаточно инструментов для реализации бизнес-задач. Однако это не значит, что пользователь этого описания не должен иметь представление о многих технических деталях. Большинство приложений имеют структуру: входные данные, обработка этих данных, обогащение другими данными и выходные данные. Это позволяет нам определить модель приложения.

Описание имеет древовидную структуру, узлами которой являются логические модули, которые решают необходимую задачу. Пример таких модулей: обслуживание веб-запросов, работа с кафка-очередями. Модули в свою очередь состоят из следующих пунктов:

- тип
- конфигурация *
- название
- свойства
- блок кода *

Тип модуля определяет, какой шаблон использовать для генерации такого модуля, в то время как название является уникальным идентификатором. * обозначает, что данный пункт необязателен. Конфигурация определяет источник данных для некоторых модулей. Например, для баз данных — это файл конфигурации подключения к БД. Свойства определяются пользователем и используются непосредственно в шаблонах. Либо для их выбора, либо для кастомизации. Например, для модуля взаимодействия с БД — это свойство dbtype, которое определяет, какая БД используется и какой шаблон БД, соответственно, нужно выбрать. Блок кода описывает вставку пользовательского кода в шаблон. Например, это запрос БД.

Приложение — это множество модулей, которые выполняют свои функции. Главный модуль, объединяющий все остальные модули в приложение, находится в самой вершине дерева. После идут операции — это основная логика приложения, они определяют последовательность действий при получении входного запроса или со-

общения. Такие модули включают в себя другие. Отсюда появляется вложенность и древовидная структура.

Модули бывают двух видов:

- пользовательские — непосредственно описываются в документации
- служебные — генерируются на основе данных из документации, но не напрямую задаются в нем

Служебные модули необходимы для работы сервиса и скрывают в себе часть его реализации. Отвечают они, к примеру, за сбор логов, метрик, обработку исключений и последовательность выполнения действий. Пользовательские модули реализовываются разработчиками под определенный стек технологий. Генератор позволяет определять новые модули, которые написаны в определенном формате.

Сложно представить себе современное приложение без условий и различных веток выполнения кода. Для этого в документации есть специальный функционал, который позволяет после модуля перейти в любой другой внутри операции. По умолчанию последующий модуль будет следующим. Внутри этот механизм реализован посредством конечного автомата, где состояния — это различные модули, а условия переходов отвечают за условия между ними.

Перейдем к шаблонам — это структура или фрагмент кода в программировании, рассчитанный на повторное использование, в котором определенные части могут быть изменены или настроены при помощи маркеро-заполнителей (placeholders). Маркеры-заполнители — это специальные выражения или символы, которые служат в качестве заполнителей для будущих значений или данных. Такой инструмент является основой для генерации кода и широко используется, например, [9]. Для более свободного использования в шаблонах есть не просто метки, куда будут вставлены значения, а также механизм преобразования этих значений. Шаблоны, как и сам проект, написаны на языке программирования Java. В приведенных примерах используется фреймворк Spring [10]. Однако генератор позволяет писать шаблоны для любого языка и фреймворка, ведь он достает значения из документации по стандарту, а в шаблонах метки заменяются на значения — таким образом, шаблоны никак за исключением меток не преобразуются во время генерации, это и позволяет писать на любом языке и фреймворке шаблоны и сами приложения.

Шаблоны состоят из двух частей — самого шаблона и файла конфигурации шаблона. Шаблон описан выше, а конфигурация — это описание, откуда взять шаблон и куда его положить. Также в файле конфигурации есть возможность объединять файлы с помощью последнего механизма. Например, это нужно для файла pom.xml

для Maven в Java, где указывается информация для программного проекта. Этот механизм позволяет указывать какие строки включать в конечный файл и как их сравнивать в случае, если такие строки уже существуют.

В свою очередь работа генератора заключается в синтаксическом анализе документации, которая была описана выше, а потом подстановки значений в шаблоны, которые также описаны выше. На первый взгляд это легкая задача, но при детальном разборе появляется ряд проблем, если спроектировать что-то неправильно.



Рис. 1. Блок-схема генератора

После синтаксического разбора идет заполнение информации, которая находится внутри самого модуля — это и есть локальная информация. Затем следует заполнение глобальной информации: например, условные переходы, для заполнения которых нужна информация о всей операции. После идет заполнение свойств — тех, которые определяются пользователем, и тех, которые нужны для генерации. Некоторые свойства могут повторяться, поэтому нужно дополнительно объединять их. Теперь есть вся необходимая информация для заполнения шаблонов — это следующий шаг. И финальное действие — создание этих файлов и размещение их по папкам. Нужно учесть, что в ходе всех этих шагов могут возникнуть ошибки, которые приведут к остановке программы и прекращению генерации. Пользователю нужно исправить эти ошибки и заново попробовать сгенерировать приложение. Таким образом мы получаем готовое приложение, в которое нужно вставить файлы конфигурации. Для Spring Java — application файлы.

Результаты

Разработанное декларативное описание легче всего разбирать на примере. Рассмотрим следующую документацию:

```

* приложение dec-test-app
- contract_path: contract.yaml
- entry: openapi
- description: Сервис взаимодействия с коммуникациями
- version: 0.0.1
- url: /dec_app

** веб-операция getAllCommunications
** кафка-операция insertCommunications
- consumer_type: json
- topic_name: communication.input
- auto_startup: true
- retry: false
** веб-операция sendNewClientId
** функции
  
```

Рис. 2. Документация приложения без подробностей

Как видно, древовидная структура достигается с помощью *, что является стандартом для формата org. Одной * всегда определяется модуль всего сервиса — в нем перечислены самые верхнеуровневые свойства. Двумя ** определяется операция — это модуль, который объединяет в себя несколько модулей логики и определяет последовательность действий при получении входного запроса или сообщения. Также двум ** соответствует модуль функций — это область, где перечислены пользовательские функции, про них подробнее будет написано ниже. Три и более *** обозначают принадлежность модуля операциям.

Каждый модуль обладает своим синтаксисом, свойствами и всегда принимает данные и возвращает данные. Исключением для последнего являются модули кафка-операции и кафка-продюсера, которые только принимают данные.

В главном модуле — приложении — свойства description и version не влияют никак на приложение. Интересное свойство — это entry, которая в данном случае равна orepari. Orepari представляет собой стандарт для описания и документирования RESTful API, который обеспечивает универсальность, расширяемость и поддержку инструментов для создания, развертывания, интеграции и тестирования веб-сервисов [11]. В данном случае мы в нужном формате пишем контракт — документ, содержащий описание API с точки зрения входных параметров, вызываемых методов (операций), ответов и всех связанных деталей. После с помощью плагинов в готовом приложении создаются интерфейсы — именно их и переопределяет генератор, добавляя туда логику, которую пользователь в веб-операциях описал. Свойство contract_path определяет путь до контракта orepari, а url определяет корневой URL приложения.

Рассмотрим первую операцию более подробно (см. рис. 3).

Веб-операция является веб-сервером. Orepari по контракту генерирует интерфейс, который переопределяется шаблоном веб-операции. У модуля веб-операции нет никаких свойств, только вложенные модули. Конвертер — это модуль, который отвечает за преобразование данных. Например, в данном случае достает из query параметров запроса строку и присваивает другой строке. Также модуль позволяет применять над данными пользовательские функции, которые описаны в модуле функций. В отличие от привычно сгенерированных веб-серверов orepari в генератор заложены шаблоны, которые позволяют обращаться к данным запроса напрямую, что более удобно: bodyParam, queryParams и pathParams обозначают тело запроса, query и path параметры соответственно. Отдельно хочется обратить внимание на таблицы, которые используются в конвертере — это еще одно преимущества формата org, который «на лету» рисует такие таблицы. Название колонок таблицы говорят сами за себя.

Вложенный модуль «база» представляет модуль базы данных. В данном случае конфигурация БД, Communication, значит, что только один раз создается файл конфигурации, а дальше можно его переиспользовать. В приложении могут быть несколько видов БД, и, разумеется, работа с ними в коде тоже различается — именно поэтому в модуле БД есть свойство dbtype, которая обозначает тип БД. Свойство strategy имеет два значения: all, first — которые обозначают выборку всех результатов запроса или только первого соответственно. Далее идет блок кода, начало и конец которого ограничиваются соответствующими маркерами.

```

** веб-операция getAllCommunications
*** конвертер GetAllCommunicationsApiRequest -> DBSelectInput
| Input Name | Input Type | -> | Output Name | Output Type | Описание |
|-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| queryParams.userId | String | | userId | String |
|-----+-----+-----+-----+-----+
- MDC: queryParams.user_id:userId

*** база Communication GetCommunications
- dbtype: postgres
- strategy: all
#+BEGIN_SRC sql
SELECT * FROM communication WHERE user_id = :user_id
#+END_SRC

*** (end) конвертер DBSelectOutput -> GetAllCommunicationsApiResponse
| Input Name | Input Type | -> | Output Name | Output Type | Описание |
|-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| rows[].id | Long | | bodyParam.communications[].id | Long |
| rows[].name | String | | bodyParam.communications[].name | String |
| rows[].status | String | | bodyParam.communications[].status | String |
|-----+-----+-----+-----+-----+
| rows[].time | Timestamp | timestampToString | bodyParam.communications[].time | String |
|-----+-----+-----+-----+-----+
    
```

Рис. 3. Подробности первой операции

```

@Slf4j
@Component
@RequiredArgsConstructor
public class ${#property methodId}Logic {
    private static final RowMapper<${#property mapperOutputType}> mapper = new RwMapper();
    private final NamedParameterJdbcTemplate namedParameterJdbcTemplate${#property config};

    public ${#property outputType} logic(${#property inputType} input) {
        var parameters = new MapSqlParameterSource();
        ${#template filling_parameters[idx]:###}
        parameters.addValue("${#property \lowerCase{\camelusToSnake{daoInputFieldNames}}[__idx__]}",
            input.get${#property \upFirst{daoInputFieldNames}[__idx__]}());###}
        ${#conditional [${#property strategy} == "first"]:###}
        var response = namedParameterJdbcTemplate${#property config}
            .queryForObject("${#property codeBlock}", parameters, mapper);
        var response_json = new Gson().toJson(response);
        log.debug("${#property methodId} response: " + response_json);
        return response;###}

        ${#conditional [${#property strategy} == "all"]:###}
        var list = new ArrayList<${#property mapperOutputType}>(
            namedParameterJdbcTemplate${#property config}.query(
                "${#property codeBlock}", parameters, mapper));
        var response_json = new Gson().toJson(list);
        log.debug("${#property methodId} response: " + response_json);
        var output = new ${#property outputType}();
        output.set${#property \upFirst{mapperOutputName}}(list);
        return output;###}
    }
}

```

Рис. 4. Шаблон базы данных

Если опустить импортирование зависимостей в файл, то шаблон выглядит так (см. рис. 4).

В приведенном шаблоне есть следующие маркеры за исключением Java кода: `property methodId` — название модуля; `property outputType` — название выходного объекта модуля и т.д.

Маркер `template filling_parameters[idx]` — начало цикла, шаблон, который цикл заполняет начинается с трех `###` и заканчивается ими же. В данном случае это поля, которые отмечены в модуле конвертера после модуля базы в документации — то есть таблица в генераторе представлена списком этих полей.

Не менее интересным маркером является `conditional`, который завязывается на проверке какого-то свойства — в данном случае свойства стратегии. В зависимости от нее по-разному происходит обработка ответа базы данных.

Так выглядит файл конфигурации шаблона (см. рис. 5).

Как видно, присутствуют пути откуда брать шаблон и куда сохранить готовый файл. Также сама конфигурация является шаблонизируемым: в путь подставляются значения в соответствующие маркеры.

Само же приложение представляет из себя типичное Java приложения на фреймворке Spring. Каждая операция представляет собой конечный автомат, который содержит в себе словарь всех модулей операции, так как данные одного модуля могут быть использованы в другом модуле. Структура проекта тоже похоже на типичную (см. рис. 6).

Обсуждение

С помощью разработанного метода генерации готовых приложений можно значительно сократить время

```

transfers:
- sourceLocation:
  origin: INTERNAL
  path: "/config_templates/datasourceConfig"
  targetLocation:
  path: "/src/main/java/${#property groupId}/${#property \withoutDashes{projectName}}/config/db/${#property config}DsConfig.java"
- sourceLocation:
  origin: INTERNAL
  path: "/config_templates/hikariConfig"
  targetLocation:
  path: "/src/main/java/${#property groupId}/${#property \withoutDashes{projectName}}/config/db/${#property config}HikariConfig.java"

```

Рис. 5. Конфигурация шаблона базы данных

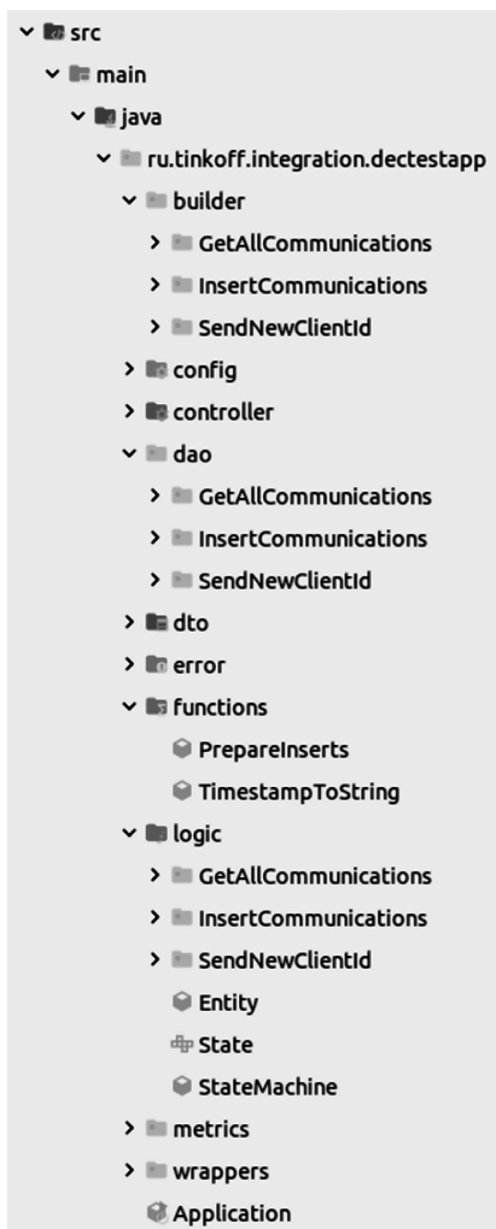


Рис. 6. Структура созданного проекта

для решения рутинных задач, а при должном внимании к данному подходу и вовсе обходиться без разработчика для создания простых сервисов.

Разумеется, нужна работа разработчика на начальном этапе, чтобы настроить правильно генератор, написать шаблоны под нужный стек технологий и протестировать их. Однако после такой начальной настройки, которая происходит один раз, даже аналитик без глубоких знаний разработки может сгенерировать приложение, так как ему всего лишь нужно написать документацию в нужном формате. Стоит подчеркнуть, что

документацию аналитик пишет для любого сервиса, поэтому в данном случае это не является дополнительной работой, но при этом помогает поддерживать некий стандарт для написания документация.

В среднем время для разработки простых сервисов при должном понимании генератора и декларативного описания без учета начальной настройки может сократиться на более, чем 50%. Данная цифра подтверждается на практике и основана на генерации веб-сервисов и сервисов, поддерживающий кафка-очереди.

Ограничением декларативного генератора приложений является сложность генерации приложений с уникальной запутанной логикой. При написании больших приложений появляется сложность в виде значительного роста файла декларативного описания. Однако для большинства типовых приложений и стандартных интеграций разработанный генератор позволяет заметно сократить время на разработку.

Заключение

Таким образом, исходная цель достигнута — был разработан эффективный инструмент для автоматического создания готовых приложений. Выработана методология декларативного описания приложений, которая предоставляет широкие возможности для документирования. Также разработан генератор, позволяющий генерировать проекты на основе декларативного подхода с помощью шаблонов.

Декларативный генератор приложений показывает хороший потенциал для дальнейшей адаптации и расширения. В современных требованиях к стеку, который довольно часто меняется и обновляется, такой подход позволяет сэкономить приличное количество времени, так как при смене библиотек и фреймворков меняется не само описание, а только шаблоны.

Одним из направлений для дальнейшего улучшения декларативного генератора приложений является разработка графического пользовательского интерфейса, который позволит более наглядно видеть связи между модулями и проще редактировать документацию, которая сейчас только в текстовом виде.

Благодаря разработке и применению декларативного генератора приложений, данное исследование вносит вклад в упрощение процесса разработки ПО, способствуя сокращению затрат и времени на создание типовых приложений.

ЛИТЕРАТУРА

1. L. Yang, Q. Liu. Brief Talk about the Modern Application of Computer Software Technology and the Development Trend of Research // Journal of Physics Conference Series 1992. 2021.
2. M. Brambilla, J. Cabot, M. Wimmer. Model-Driven Software Engineering in Practice // Synthesis lectures on software engineering. 2012. Lecture No 4. pp. 2328–3327.
3. G. Karsai, H. Krahn, C. Pinkernell, B. Rumpe, M. Schindler, S. Völkel. Design Guidelines for Domain Specific Languages // OOPSLA Workshop on Domain-Specific Modeling. 2009. Vol. 9.
4. Корытов П.В. Беляев С.А. Опыт создания программа автоматической генерации веб-приложения по формальным требованиям // Cloud of science. 2020. Т. 7. № 3. С. 559–576.
5. Mohan A., Jayaraman S., Jayaraman B. A declarative approach to detecting design patterns from Java execution traces and source code // Information and Software Technology. 2024. Vol. 171. P. 107457.
6. R. Barton. Talend Open Studio Cookbook. UK: Packt Publishing, 2013. 270 p.
7. Саяпин О.В., Тиханычев О.В., Безвесильная А.А. Организационные проблемы реализации гибких подходов в разработке прикладного программного обеспечения // Программные продукты и системы. 2022. Т. 35. № 4. С. 533–540.
8. C. Dominik, B. Guerry. Org Mode // Org Mode official site. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://orgmode.org/index.html>: (дата обращения: 01.05.2024).
9. I. Ullah. I. Inayat. Template-based Automatic code generation for Web application and APIs Using Class Diagram // International Conference on Frontiers of Information Technology (FIT). 2022. pp. 332–337.
10. G. Walls. Spring in Action, Six Edition. NY: Manning Publications, 2022. 520 p.
11. J.S. Ponelet, L.L. Rosenstock. Designing APIs with Swagger and OpenAPI. NY: Manning Publications, 2022. 426 p.

© Ризоев Бахтовар Махмадалиевич (mavlonov.r@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОДНОСТОРОННЕГО ДВИЖЕНИЯ НА УЛИЦАХ ГОРОДА

Сидорков Владимир Владимирович

канд. техн. наук, доцент, Тихоокеанский
государственный университет, г. Хабаровск
sidorkov@pnu.edu.ru

EFFICIENCY OF ONE-WAY CITY STREETS TRAFFIC

V. Sidorkov

Summary. Improving the efficiency of traffic in the urban road network is an important, urgent and difficult task. Efficiency can be improved by reducing the number of conflict points at the street road network. This can be achieved by replacing two-way traffic with one-way traffic. To make a decision on switching to one-way traffic, it is necessary to answer the question about the effectiveness of this method of organizing traffic. It is not possible to conduct research in the conditions of a real street road network. The costs of conducting such research can exceed all reasonable limits and bring chaos into the usual life cycles of the street road network of any city. To minimize the costs of a full-scale experiment to change the traffic pattern of road transport in an urban environment, simulation modeling can be used. The development and implementation of a simulation model for the movement of vehicles in a city will make it possible to make a preliminary assessment of the effectiveness of the approach itself to changing the traffic mode from two-way to one-way. In addition, the simulation model will make it possible to determine rational parameters of the traffic mode that ensure high efficiency of traffic flow and ensure the necessary level of safety of the city's street road network.

Keywords: one-way traffic, city's street road network, simulation model, traffic management.

Аннотация. Повышение эффективности дорожного движения в сети городских дорог является важной, актуальной и сложной задачей. Повысить эффективность можно за счет снижения количества конфликтных точек уличной дорожной сети. Этого можно добиться, заменив двустороннее движение на одностороннее. Для принятия решения о переходе на одностороннее движения необходимо ответить на вопрос об эффективности такого способа организации дорожного движения. Проводить исследования в условиях реальной уличной дорожной сети не представляется возможным. Издержки на проведение таких исследований могут превысить все разумные размеры и внести хаос в привычные жизненные циклы уличной дорожной сети любого города. Для минимизации издержек от натурального эксперимента по изменению схемы движения автомобильного транспорта в условиях городской среды можно использовать имитационное моделирование. Разработка и реализация имитационной модели движения автотранспортных средств в условиях населенного пункта позволит произвести предварительную оценку эффективности самого подхода к изменению режима движения с двустороннего на односторонний. Кроме того, имитационная модель позволит определить рациональные параметры режима движения транспорта, при которых обеспечивается высокая эффективность движения транспортного потока и обеспечивается необходимый уровень безопасности уличной дорожной сети города.

Ключевые слова: одностороннее движение, уличная дорожная сеть, имитационная модель, организация дорожного движения.

Одним из отличительных параметров городской транспортной сети (уличной дорожной сети) от дорог, связывающих между собой населенные пункты, является наличие большого количества перекрестков. Этот элемент уличной дорожной сети существенно снижает эффективность работы транспортной системы в целом и является источником повышенной опасности для участников дорожного движения [1, 2, 3].

Поскольку радикально изменить ситуацию невозможно (перекресток — это неотъемлемая часть уличной дорожной сети), задачу по увеличению пропускной способности сети городских дорог, по повышению безопасности дорожного движения в городских условиях, по обеспечению эффективной организации движения транспортных потоков, решают несколькими способами.

Строительство многоуровневых развязок, начиная с запатентованного еще в 1916 году инженером Артуром Хале из Мериленда (США) пересечения в виде клеверного листа, является распространенным и достаточно

эффективным способом трансформации перекрестка в особый элемент дорожной сети — развязку. Современные дорожные развязки радикально сложнее и эффективнее «старого клевера», но выполняют ту же задачу фактически исключая перпендикулярное пересечение двух дорог, двух транспортных потоков.

Однако в условиях городской застройки реализовать строительство многоуровневых развязок зачастую просто невозможно или избыточно затратно из-за отсутствия необходимого пространства между зданиями и сооружениями. Поэтому другим способом исключить из дорожного движения место пересечения автомобильных потоков стало строительство круговых перекрестков. Такой вид организации дорожного движения при пересечении дорог очень распространен в Европе [4, 5]. Круговые перекрестки используют только два вида маневров транспортных средств: слияние и ответвление, исключая самый опасный — пересечение. За счет этого радикально снижается общая конфликтность перекрестка как места пересечения дорог, места пере-

сечения транспортных потоков. При этом интенсивность транспортного потока не снижается, а часто, наоборот, увеличивается по сравнению с регулируемым перекрестком.

Однако, круговые перекрестки, как и развязки, тоже требуют дополнительного места для проезжей части дороги, которого в условиях существующей городской застройки, как правило, не хватает.

Вариантом решения задачи увеличения пропускной способности сети городских дорог является использование существующих дорог (улиц) исключительно в режиме одностороннего движения [6, 7, 8]. В этом случае любое пересечение двух улиц будет иметь одну конфликтную точку «пересечение», по две конфликтных точек «слияние» и «ответвление», а сумма баллов при пятибалльной системе оценки конфликтности составит для такого перекрестка 13 баллов. Это меньше, чем для перекрестка с круговым движением, у которого общая конфликтность составляет 16 баллов (по четыре точки «ответвления» и «слияния»). Выигрыш не велик, но у простого пересечения улиц с односторонним движением есть ощутимое преимущество по сравнению с круговым перекрестком — не нужны дополнительные площади для организации движения по кольцу и не нужно ничего перестраивать. Нужно лишь правильно организовать и взаимно увязать интересы, требования, параметры и характеристики всех участников движения. Такая задача, очевидно, содержит слишком большое количество переменных, а математическое описание взаимосвязей между ними уходит далеко за рамки линейного модели-

рования и скорее относится к классу задач, решаемых способом «пока не попробуешь — не узнаешь» (натурный эксперимент). Но экспериментировать с изменениями дорожной ситуации в натуральных условиях, в реальной уличной дорожной сети, не всегда представляется возможным. Такие эксперименты слишком дороги и в экономическом, и в социальном плане [9]. Например, замена двустороннего движения на одной из улиц города на одностороннее вызовет необходимость реорганизовать ряд смежных узлов уличной дорожной сети, элементов систем управления движением, транспортной инфраструктуры, потребует изменений транспортных и пешеходных потоков.

Имитационное моделирование дорожного движения является хорошим инструментом для оценки вариантов организации дорожного движения. Системы имитационного моделирования достаточно хорошо генерируют условно случайные события в моделируемой системе и позволяют проверять эффективность управленческих, технологических и организационных изменений, например, в транспортной инфраструктуре города.

Для сравнения транспортной системы условного города при двустороннем и одностороннем движении по улицам была составлена геометрически равнобедренная схема улично-дорожной сети (рис. 1).

Точкой начала движения транспортных средств является левый верхний «угол» города. Ширина одной полосы проезжей части установлена 3,5 м. Расстояние между всеми соседними перекрестками установлено 100 м

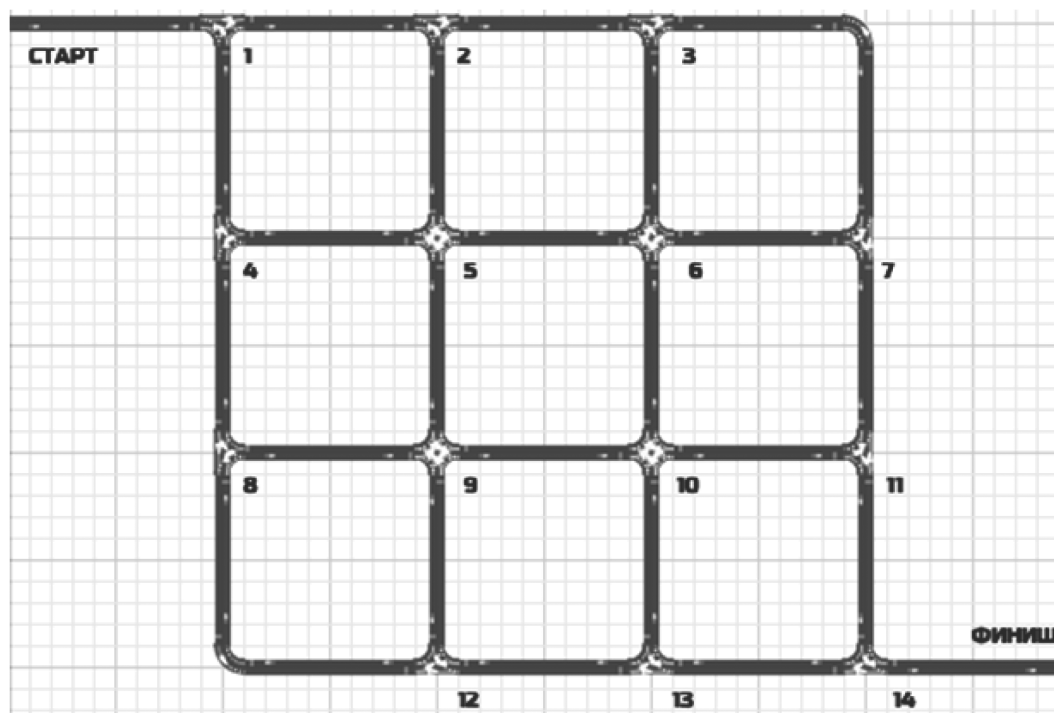


Рис. 1. Геометрическая схема улично-дорожной сети города

(по осям дорог). Точкой окончания движения транспортного средства является правый нижний «угол» города. Задача транспортного средства: проехать весь город от точки старта до точки финиша.

В модели с односторонним движением геометрия условного города сохранена прежней, но в каждом направлении движения теперь используется две полосы. Транспортные средства по «внешнему кольцу» города двигаются по часовой стрелке, а по «внутреннему кольцу» — против часовой стрелки. Соответственно магистрали 8-4-1 и 13-10-6-3 (рис. 1) обеспечивают движение транспортного потока с юга на север, а магистрали 2-5-9-12 и 7-11-14 с севера на юг. Магистрали 1-2-3 и 8-9-10-11 обеспечивают движение с запада на восток, а магистрали 7-6-5-4 и 14-13-12 с востока на запад (рис. 1).

Все перекрестки нерегулируемые и на них запрещены развороты. Более того, для исключения ситуации, когда все транспортные средства будут двигаться по кратчайшему пути к точке финиша, моделью предусмотрена рандомизация выбора направления движения на каждом из перекрестков по пути следования.

Очевидно, что для города с двусторонним движением время в пути на любом маршруте должно быть меньше, чем в городе с односторонним движением, поскольку длина маршрута в городе с односторонним движением будет больше, чем длина маршрута в городе с двусторонним движением. С другой стороны — в городе с односторонним движением на дорогах больше свободного места (по две полосы), а значит пропускная способность таких дорог выше, чем в городе с двусторонним движением. Перекрестки в городе с односторонним движением являются более простыми с минимальным количеством конфликтных точек. Такие условия движения способствуют более быстрому прохождению маршрута от точки старта к точке финиша.

Серия экспериментов имитационного моделирования в среде Anylogic (c) (the.anylogic.com) выявило ряд интересных закономерностей. Например, максимальное время проезда города от точки старта до точки финиша в городе с двусторонним движением составило 134,774 с, а при одностороннем движении — 175,418 с. Общее количество автомобилей, которые за 1 час успели добраться до точки финиша при двустороннем движении составило 354 шт, а при одностороннем 352 шт. На основании сравнения данных о движении машин можно сделать вывод, что замена двустороннего режима движения на односторонний не приводит к радикальному ухудшению дорожной ситуации. Время в пути при одностороннем движении ожидаемо увеличивается на небольшую величину, но общее количество машин, достигших финишной точки, не меняется. То есть, введение одностороннего режима движения при всех про-

чих условиях, равных двустороннему режиму движения, не ведет к существенному ухудшению ситуации на дорогах города [10]. Замена двустороннего дорожного движения на одностороннее, без изменения геометрии проезжей части дает положительный эффект и с точки зрения увеличения объемов перевозок, и с точки зрения количественных параметров транспортного потока, и с точки зрения повышения безопасности дорожного движения за счет радикального снижения количества конфликтных точек на перекрестках и снижения средней скорости движения транспортных средств.

Если рассмотреть изменения характеристик транспортного потока при двустороннем и одностороннем движении с точки зрения затрат времени, то результаты моделирования также не показывают радикального и безоговорочного ухудшения дорожной обстановки для условного города с односторонним движением.

На рис. 2 (двустороннее движение) хорошо видно, что по длительности прохождения маршрута от старта до финиша все автомобили условно «разделились» на две группы. Самая многочисленная из них — это группа, автомобили которой потратили на преодоление маршрута от 50 до 80 с. Таких автомобилей оказалось 295 шт. Вторая группа — это автомобили, которые потратили на проезд через город больше 80 с, их оказалось 59 шт. То есть 80 % автомобилей передвигаются по городу с двусторонним движением достаточно быстро, а 20 % вынуждены «задерживаются» на дорогах, теряя время на перекрестках или осуществляя дополнительное маневрирование, объезжая квартал за кварталом на пути к точке «финиша».

На рис. 3 (одностороннее движение) хорошо видно, что все автомобили условно «разделились» на три группы. Самая многочисленная из них — это группа, автомобили которой потратили на преодоление маршрута также, как и при двустороннем движении, от 50 до 80 с. Таких автомобилей при одностороннем движении оказалось 221 шт. Это не на много меньше, чем при двустороннем движении (295 шт). Вторая группа — это автомобили, которые потратили на проезд через город больше 80 с, но меньше 140 с. Их оказалось 110 шт — фактически половина от «нормально едущих» автомобилей первой группы. Третья группа — это автомобили, которые дольше всех ездил по городу (их оказалось 21 шт.) и потратили на это от 160 до 180 с.

Таким образом, введение одностороннего движения, как и предполагалось, неизменно ведет к увеличению длительности пребывания транспортного средства на маршруте. Однако, это увеличение не носит кратного характера. И при двустороннем движении, и при одностороннем, большая часть автомобилей одинаково быстро проезжает через исследуемый участок улично-до-

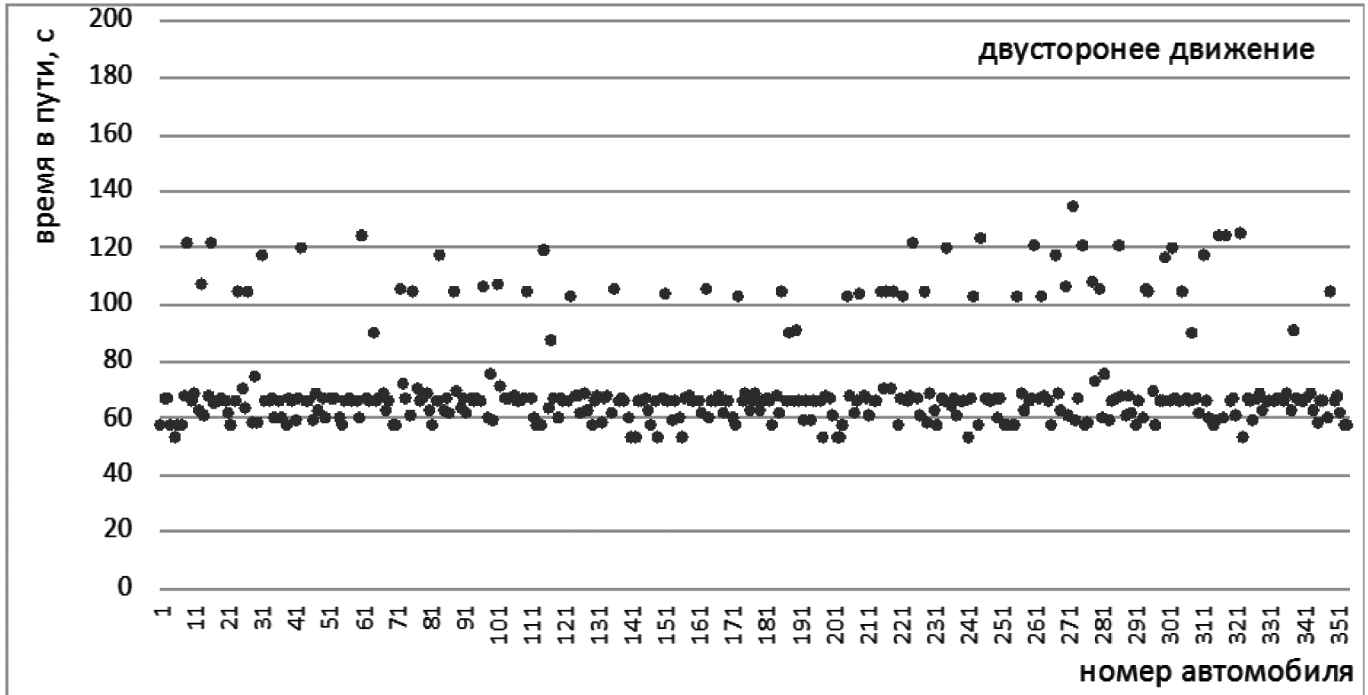


Рис. 2. Время в пути автомобилей в городе с двусторонним движением

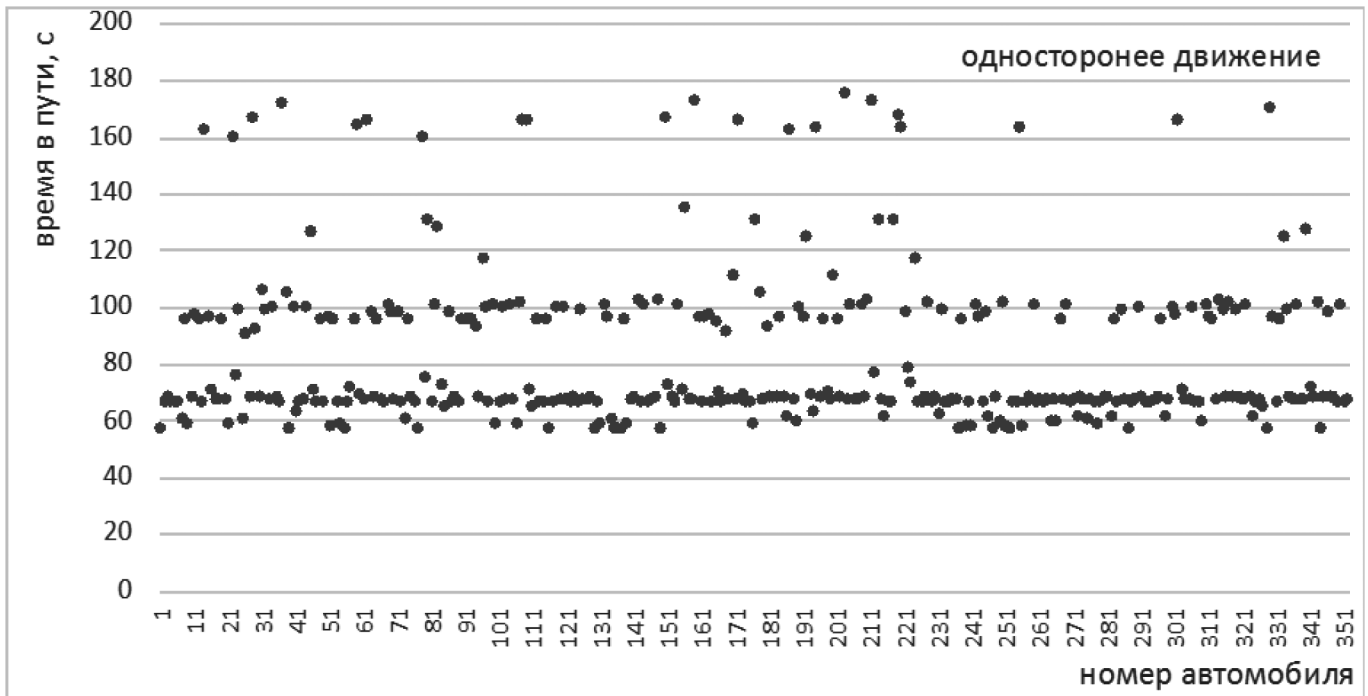


Рис. 3. Время в пути автомобилей в городе с односторонним движением

рожной сети. Введение одностороннего движения дает снижение количества общей массы быстро передвигающихся автомобилей всего на четверть.

Переход от двусторонней схемы движения к односторонней не приводит к радикальному увеличению времени движения автомобилей. Основная масса транспортных средств продолжает быстро и эффективно перемещаться по улицам города, перевозя пассажиров и грузы. При этом, на всех перекрестках в городе с одно-

сторонним движением радикально снижена конфликтность. Для уличной дорожной сети города с двусторонним движением суммарная конфликтность составляет 718 баллов. Для такой же улично-дорожной сети с односторонним движением суммарная конфликтность составляет 134 балла. Это в 5 раз меньше. Потенциальная опасность дорог в городе с односторонним движением в 5 раз меньше, чем опасность в городе с «удобным» двусторонним движением.

Более того, на дорогах с односторонним движением отсутствует встречное движение как таковое, а значит существенно повышена безопасность дорожного движения. У участников движения нет возможности «встретиться в лобовую», а значит тяжесть и ущерб от дорожно-транспортных происшествий радикально снижается.

Все это дает основание утверждать, что вопрос об замене двусторонней организации дорожного движения в пользу одностороннего при всей затратности и «непривычности» можно и нужно рассматривать как один из важнейших вопросов обеспечения эффективности дорожного движения в городских условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Капский Д.В. Методика прогнозирования аварийности по методу конфликтных зон в конфликте «транзитный транспорт — пешеход» на основе моделей движения на регулируемом перекрестке / Д.В. Капский, П.А. Пегин // Наука и техника. — 2015. — 5. — с. 46–52.
2. Худяков В.А. Повышение безопасности дорожного движения на перекрестках с учётом опасности конфликтных точек / В.А. Худяков, М.Р. Янучков, О.А. Сучкова // Прогрессивные технологии в транспортных системах: Евразийское сотрудничество: Сборник материалов XV международной научно-практической конференции, Оренбург, 09–11 декабря 2020 года. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2020. — с. 655–662.
3. Буйлова М.В. Организация дорожного движения правоповоротных потоков на регулируемом перекрестке / М.В. Буйлова, А.И. Когтева // Прогрессивные технологии в транспортных системах: Материалы XVII международной научно-практической конференции, Оренбург, 17–18 ноября 2022 года; — Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2022. — с. 52–57.
4. Добрынин А.О. Строительство объектов транспортной инфраструктуры в Европе и Российской Федерации с привлечением частных инвестиций / А.О. Добрынин, А.Ю. Полевая // Химия. Экология. Урбанистика. — 2021. — 5. — с. 18–22.
5. Петрищев Ю.Р. Проектирование дорог в жилой зоне на примере европейских стран / Ю.Р. Петрищев // Инновации и долговечность объектов транспортной инфраструктуры (материалы, конструкции, технологии): Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 14 ноября 2019 года; под ред. Клевкиной М.П. — СПб: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. — с. 59–62.
6. Анисимов И.А. К вопросу об актуальности введения одностороннего движения на отдельных улицах г. Тюмени / И.А. Анисимов, Л.В. Чернышова, Т.А. Бережная // Транспортные и транспортно-технологические системы. Материалы Международной научно-технической конференции; — Тюмень: ТИУ, 2010. — с. 12–17.
7. Ахмедиярова А.Т. О влиянии одностороннего движения на величину потока / А.Т. Ахмедиярова, Н.И. Иванов // Проблемы информатики. — 2014. — 2 (23). — с. 59–65.
8. Аршанов В.И. Новые подходы к организации одностороннего движения / В.И. Аршанов // Вопросы проектирования и эксплуатации наземного колесного транспорта сборник статей и тезисов докладов Всероссийской заочной научно-практической конференции; — Тверь: Тверской государственный технический университет, 2016. — с. 60–67.
9. Зимоздра О. Неделя — Урал / О. Зимоздра // Российская газета. — 2022. — №259. — URL: <https://rg.ru/2022/11/16/reg-urfo/doroga-vedet-v-tupik.html>. (дата обращения: 10.04.24)
10. Сидорков В.В. Однонаправленный город / В.В. Сидорков, Муянь Лян // Автомобильный транспорт Дальнего Востока — 2023: материалы XI Международной научно-практической конференции, Хабаровск, 22 сентября 2023 г.; под ред. Володькина П.П. — Хабаровск: Издательство ТОГУ, 2023. — с. 205–212.

© Сидорков Владимир Владимирович (sidorkov@pnu.edu.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СВЯЗЬ ГАМИЛЬТОНОВОСТИ И ПЛОТНОСТИ ОТНОШЕНИЯ СМЕЖНОСТИ ГРАФА

Смирнов Данила Антонович

учитель, Физико-технический лицей №1, г. Саратов
sad.97@list.ru

RELATION OF HAMILTONIAN AND DENSITY OF THE GRAPH ADJACENCY RELATION

D. Smirnov

Summary. In the process of considering pairs of different characteristics of graphs, a search was made for a possible correlation between any one pair of such characteristics. As a result, a conjecture about pancyclic graphs was formed, which is the main conclusion of the experiments. The calculations were carried out using the parallelization of the calculation process, all source codes were written in the object-oriented language C++ and executed under the control of a Unix-like Debian open source community system. In order for the calculations not to become too time-consuming, dynamic programming techniques were used to search for the Hamiltonian cycle, however, even with this optimization, the graphs generated by the Nauty package are considered only up to 12 vertices, since it becomes too laborious to carry out calculations on a larger number of vertices even with optimizations.

Keywords: graph, cycle, pancyclicity, dynamic programming, parallel programming.

Аннотация. В процессе рассмотрения пар различных характеристик графов был произведен поиск возможной связи между какой-нибудь одной парой таких характеристик. В результате сформирована гипотеза о панциклических графах, являющаяся основным выводом экспериментов. Расчеты проводились с применением распараллеливания процесса вычисления, все исходные коды написаны на объектно-ориентированном языке C++ и исполнялись под управлением системы Unix-подобной Debian opensource-сообщества. Для того, чтобы расчеты не становились слишком требовательными по времени применены техники динамического программирования для поиска Гамильтонова цикла, однако даже при данной оптимизации генерируемые пакетом Nauty графы рассмотрены только до 12 вершин, так как на большем числе вершин расчеты даже с оптимизациями проводить становится чересчур трудоемко.

Ключевые слова: граф, цикл, панциклическость, динамическое программирование, параллельное программирование.

Введение

Теория графов в современном мире нашла применение в таких областях как компьютерные сети, построение оптимальных маршрутов, строительство железных дорог и мостов, создание схем электронно-вычислительных машин, схем авиалиний, карт звездного неба, построение генеалогического древа.

В данной научной работе было рассмотрены характеристики графов с целью выявить возможную связь каких-либо характеристик.

Основным результатом является гипотеза о панциклических графах.

Тема панциклическости была рассмотрена в [5], [6], [7], [8].

Теоретическая часть

Рассмотрим используемую в работе теорему, полученную в ходе работы гипотезу и используемые алгоритмы. Будем считать, что все вершины пронумерованы с 0 до $n - 1$ и n — число вершин в рассматриваемом графе. Если говорится о вершине i , подразумевается вершина с номером i . Во всех алгоритмах полагается $n \geq 3$, при-

чем все графы связные, следовательно и число ребер $m \geq n - 1$, так как минимальное число ребер, необходимое, чтобы соединить n вершин равно $n - 1$.

Отношение ϕ на множестве A называется плотным если для любых $x, y \in A$, отличных друг от друга и таких, что $(x, y) \in \phi$, найдется $z \in A$, отличный и от x и от y , такой, что $(x, z) \in \phi$ и $(z, y) \in \phi$ [4].

Граф называется панциклическим, если содержит все циклы от треугольника до гамильтонова [2].

Теорема Дирака

Пусть G — неориентированный граф и w — минимальная степень его вершин. Если $n \geq 3$ и $w \geq \frac{n}{2}$, то G — гамильтонов граф [2].

Гипотеза о панциклических графах

С благодарностью Богу, в ходе работы была получена следующая гипотеза: все графы, удовлетворяющие теореме Дирака и имеющие плотное отношение смежности — панциклические.

Проверка проводилась на всех связных графах имеющих от 3 до 12 вершин включительно.

Условия теоремы Дирака

Сложность проверки на условия теоремы Дирака составляет $O(n)$, где n — число вершин графа, так как для нахождения минимальной степени вершин надо перебрать все n вершин.

Алгоритм проверки отношения смежности графа на плотность

Рассмотрим все ребра графа. Зафиксируем ребро (u, v) . Если не существует вершины t , которая смежна с обоими вершинами u, v , то отношение смежности графа не является плотным. Вершину t достаточно перебрать среди всех вершин, смежных вершине u . Общая сложность функции равна $O(nm)$, где n — число вершин графа, m — число ребер графа. Это справедливо, так как в худшем случае каждая вершина имеет $n - 1$ смежную, а число ребер равно m .

Алгоритм проверки графа на гамильтоновость

В данном разделе под m подразумевается представление некоторого множества в виде числа в двоичной системе счисления. Например, в графе из трех вершин множество, состоящее из вершин с номерами 0 и 2 вершин, имеет двоичное представление 101, так как 0 и 2 разряды равны 1. Нумерация разрядов от младшего к старшему идет справа налево, начиная с нуля. Под n подразумевается число вершин графа.

Предположим, что в графе есть гамильтонов цикл, заканчивающийся в вершине h (то есть в вершине с номером h). Положим значения таблицы динамического программирования $D_{i,j} = 0$ для всех $i = \overline{0, n-1}$ и $j = \overline{0, 2^n - 1}$. Ячейки таблицы содержат численные значения: 1 или 0. Пусть $m_0 = 2^n - 1$, то есть во множестве m_0 есть все вершины графа. Будем последовательно рассматривать все вершины, смежные с вершиной h и находящиеся во множестве m_0 . Пусть одна из таких вершин — это вершина j . Тогда удалим из текущего множества m_0 вершину i и перейдем в вершину j рекурсивно. Для того, чтобы удалить вершину i из множества m_0 , достаточно просто вычесть из его двоичного представления число 2^i . В этом рекурсивном переходе и состоит весь алгоритм. Рассмотренное множество m_0 является начальным, то есть функция запускается с таким значением $m_0 = 2^n - 1$.

Рассмотрим рекурсивную функцию $F(m, i)$, где m — маска текущего множества вершин, а i — текущая вер-

шина. Функция будет задаваться последовательностью следующих шагов:

1. Если $D_{i,m} \neq 0$ завершить выполнение функции.
2. Положить $D_{i,m} = 1$.
3. Если $m = 2^i$, то выполнить следующее: если вершина h смежна с вершиной i , то завершить выполнение функции с результатом: «найден гамильтонов цикл»; иначе завершить выполнение функции с результатом: «найден гамильтонов путь».
4. Рассмотрим номера всех вершин, смежных с вершиной i . Пусть одна из них — вершина с номером j . Тогда, если $m \& 2^j \neq 0$ (где операция $\&$ подразумевает операцию побитового «И»), то выполнить следующее:
 - 4.1. Вызвать функцию $F(m - 2^i, j)$.
 - 4.2. Если результат вызова — «найден гамильтонов цикл», завершить выполнение функции с результатом: «найден гамильтонов цикл».
 - 4.3. Если результат вызова — «найден гамильтонов путь», запомнить, что на этапе 4.1 был найден хотя бы 1 гамильтонов путь.
5. Если на этапе 4.1 был найден хотя бы один гамильтонов путь, завершить выполнение функции с результатом: «найден гамильтонов путь». Иначе завершить выполнение функции с результатом: «ничего не найдено».

Для того, чтобы узнать, имеет ли граф хотя бы один гамильтонов цикл или хотя бы один гамильтонов путь, необходимо запустить функцию $F(2^n - 1, i)$ для всех $i = \overline{0, n-1}$. Если был найден хотя бы один гамильтонов цикл — значит граф гамильтонов. Если цикл не был найден, но найден хотя бы один гамильтонов путь — значит граф содержит гамильтонов путь. Если не был найден и гамильтонов путь — значит граф не содержит ни гамильтонова пути ни гамильтонова цикла. Общая сложность функции $O((2^n) \cdot n^2)$. Это справедливо, так как заполняемая таблица для динамического программирования имеет размер $(2^n) \cdot n$, а в худшем случае каждая вершина имеет $n - 1$ смежную.

Алгоритм проверки существования простого цикла заданной длины

Если добавить в проверку графа на гамильтоновость условие, при котором функция будет завершаться не когда в текущем множестве m осталась одна вершина, а $n - \alpha$ вершин, где α — длина цикла, то получится именно функция проверки существования простого цикла заданной длины. Положим значения $D_{i,j} = 0$ для всех $i = \overline{0, n-1}$ и $j = \overline{0, 2^n - 1}$. Рассмотрим рекурсивную функцию $F(i, m, l, c)$, где m — маска текущего множества вершин, i — текущая вершина, l — число пройденных

вершин, c — длина искомого цикла. Функция будет задаваться последовательностью следующих шагов:

1. Если $D_{i,m} \neq 0$ завершить выполнение функции.
2. Положить $D_{i,m} = 1$.
3. Если $l = c$, то выполнить следующее: если вершина h смежна с вершиной i , то завершить выполнение функции с результатом: «найден цикл».
4. Рассмотрим номера всех вершин, смежных с вершиной i . Пусть одна из них — вершина с номером j . Тогда, если $m \& 2^j \neq 0$ (где операция $\&$ подразумевает операцию побитового «И»), то выполнить следующее:
 - 4.1. Вызвать функцию $F(j, m - 2^j, l + 1, c)$.
 - 4.2. Если результат вызова — «найден цикл», завершить выполнение функции с результатом: «найден цикл».
5. Завершить выполнение функции с результатом: «ничего не найдено».

Для того, чтобы узнать, имеет ли граф хотя бы один цикл длины c , необходимо запустить функцию $F(i, 2^n - 1, 1, c)$ для всех $i = 0, n - 1$. Если был найден хотя бы один цикл — значит граф содержит искомым цикл.

Общая сложность функции $O(n^2(C_n^1 + C_n^2 + \dots + C_n^c))$, так как число возможных подмножеств множества вершин графа из 1 элемента C_n^1 , число возможных подмножеств множества вершин графа из 2 элементов C_n^2 , и так далее до числа возможных подмножеств множества вершин графа из c элементов C_n^c . Кроме того каждая вершина в худшем случае имеет $n - 1$ смежную, а сама функция запускается n раз из каждой вершины графа.

Это справедливо, так как алгоритм последовательно рассматривает все подмножества, пока их мощность не станет равна c . Как только мощность множества становится равной c алгоритм проверяет совпадение последней рассмотренной вершины со стартовой. В случае совпадения результат — в данном графе есть некоторый цикл длины c . Сам цикл в точности находить не требуется, достаточно установить его наличие.

Каталог графов

Ниже приведены изображения графов, удовлетворяющих рассмотренной гипотезе.

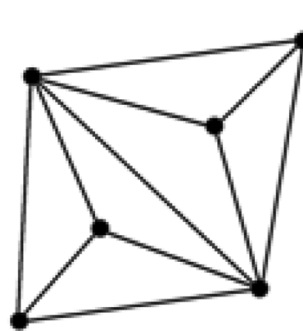


Рис. 1

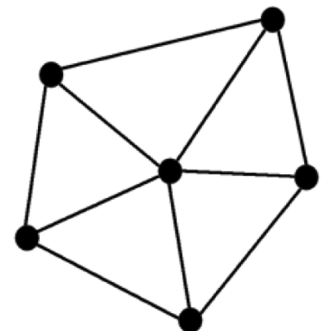


Рис. 2

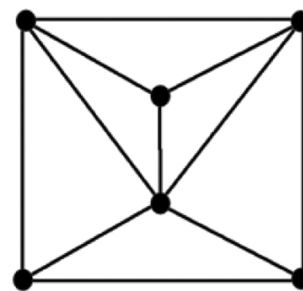


Рис. 3

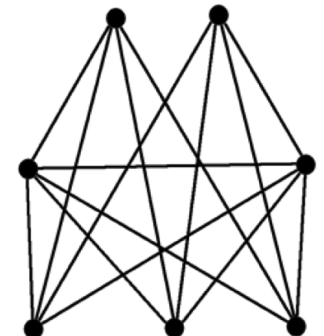


Рис. 4

ЛИТЕРАТУРА

1. Абросимов, М.Б. Практические задания по графам: учебное пособие / М.Б. Абросимов, А.А. Долгов. Сар.: Научная книга, 2009. 76 с.
2. Карпов Д.В. Теория графов. — Москва: МЦНМО, 2022. 560 с.
3. Н.К. Верещагин, А. Шень. Лекции по математической логике и теории алгоритмов. Часть 1. Начала теории множеств. 2-е изд., исправленное. М.:МЦНМО, 2002, 128 с.
4. Специальные свойства бинарных отношений [Электронный ресурс] // Математический форум Math Help Planet. URL: <http://mathhelpplanet.com/static.php?p=spetsialnyye-svoystva-binarnykh-otnosheniy> (дата обращения: 01.05.2020).
5. J.A Bondy, Pancyclic graphs I, Journal of Combinatorial Theory, Series B, Volume 11, Issue 1, 1971, Pages 80–84, ISSN 0095-8956, [https://doi.org/10.1016/0095-8956\(71\)90016-5](https://doi.org/10.1016/0095-8956(71)90016-5).
6. Pancyclic graphs and conjecture of Bondy and Chvatal. E.F. Schmeichel and S.L. Hakimi. Northwestern University, Evanston, Illinois 60201. Communicated by W.T. Tutte. Received December 28, 1973
7. Pancyclicity of Hamiltonian graphs. Nemanja Draganić, David Munhá Correia, Benny Sudakov.
8. Chvátal-Erdős condition for pancyclicity. Nemanja Draganić, David Munhá Correia, Benny Sudakov

© Смирнов Данила Антонович (sad.97@list.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ ПЕРИТОНИТЕ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

PROBLEMS OF CREATING SYSTEMS FOR PREDICTING COMPLICATIONS IN PERITONITIS BASED ON MACHINE LEARNING METHODS

D. Sukhoi
M. Polidanov
M. Barulina
V. Maslyakov
A. Parshin
K. Volkov

Summary. Early detection and prevention of complications remain a challenge due to individual patient characteristics and complex interaction of various risk factors. *The purpose of the study.* To investigate different approaches to develop a system for predicting complications arising from peritonitis using machine learning algorithms. *Materials and methods of research.* Data from 1558 patients hospitalized with the diagnosis of peritonitis were examined. The mean age was 44 ± 8 years. To achieve the goal, a subtask was solved to find exactly those indicators that influenced the occurrence of complications. The constructed model showed good predictive ability in predicting the occurrence or non-occurrence of complications. In search of a reliable predictive model, we evaluated three most dissimilar and generally recognized as the most effective algorithms of classical machine learning: K-nearest neighbors (KNN), support vector machines (SVM), and gradient boosting on decision trees. *Results.* So, we investigated different approaches for developing a system for predicting the probability of peritonitis complication probability by artificial intelligence methods. For the problem at hand, the most effective algorithm was found to be KNN, which was tuned using cross-validation and grid-based hyperparameter search. *Conclusion.* As future work, the model should continue to be monitored and updated to reflect changing trends in data and medical practice. The study demonstrates the potential of using machine learning algorithms to improve the prediction of complications of peritonitis, thereby helping to improve the quality of patient care and treatment.

Keywords: peritonitis; early detection of complications; prediction of complications; machine learning.

Сухой Даниил Владимирович

ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный
исследовательский университет»

Полиданов Максим Андреевич

специалист научно-исследовательского отдела,
ассистент, Университет «Реавиз», г. Санкт-Петербург;
аспирант,

Медицинский университет «Реавиз», г. Саратов
maksim.polidanoff@yandex.ru

Барулина Марина Александровна

д.ф.-м.н., профессор, профессор, Медицинский
университет «Реавиз», г. Саратов

д.ф.-м.н., директор Физико-математического
института, ФГАОУ ВО «Пермский государственный
национальный исследовательский университет»;
заведующий лабораторией «Анализ и синтез
динамических систем в прецизионной механике»,
Саратовский научный центр РАН, Институт проблем
точной механики и управления РАН

Масляков Владимир Владимирович

д.м.н., профессор, профессор, ФГБОУ ВО
«Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России;
д.м.н., профессор, профессор, Медицинский университет
«Реавиз», г. Саратов

Паршин Алексей Владимирович

к.м.н., доцент, доцент, ФГБОУ ВО
«Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России

Волков Кирилл Андреевич

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России

Аннотация. Раннее выявление и профилактика осложнений остаются сложной задачей из-за индивидуальных особенностей пациента и сложного взаимодействия различных факторов риска. *Цель исследования.* Исследование различных подходов для разработки системы прогнозирования осложнений, возникающих при перитоните, с использованием алгоритмов машинного обучения. *Материалы и методы исследования.* Были исследованы данные 1558 пациентов, которых госпитализировали с диагнозом перитонит. Средний возраст — 44 ± 8 лет. Для достижения поставленной цели была решена подзадача нахождения именно тех показателей, которые влияли на возникновение осложнений. Построенная модель показала хорошую предсказательную способность по предсказанию возникновения или не возникновения осложнений. В поисках надежной прогностической модели мы оценили три наиболее непохожих друг на друга и общепризнанно самых эффективных алгоритма классического машинного обучения: K-ближайших соседей (KNN), машины опорных векторов (SVM) и градиентный бустинг на решающий деревьях. *Результаты.* Таким образом, нами



Введение

Перитонит остается одной из актуальных проблем из-за его высокой летальности при несвоевременном или недостаточном лечении [1–5], а также возникновении послеоперационных осложнений, которые существенно осложняют реабилитацию и восстановление пациента [6–10]. Поэтому модели, позволяющие прогнозировать осложнения на основе данных, полученных при госпитализации пациента, несомненно, смогут помочь скорректировать схему лечения и повысить качество реабилитационного периода. Несмотря на достижения современной медицины, раннее выявление и профилактика осложнений остаются сложной задачей из-за индивидуальных особенностей пациента и сложного взаимодействия различных факторов риска. Для решения этих проблем мы предлагаем использовать алгоритмы машинного обучения для выявления закономерностей в большом наборе данных клинических переменных, связанных с пациентами с перитонитом.

Цель исследования

Исследование различных подходов для разработки системы прогнозирования осложнений, возникающих при перитоните, с использованием алгоритмов машинного обучения.

Материалы и методы

Были исследованы данные 1558 пациентов, которых госпитализировали с диагнозом перитонит. Среди всех пациентов представителей мужского пола — 952 пациента, женского — 606. Однако, уточним, что от распределения по полу не зависели симптомы заболевания, в связи с чем «пол пациента» не стал входить в критерии отбора параметров. Средний возраст пациентов составил 44 ± 8 лет. Исходя из комплекса результатов обследования, отобраны пациенты, соответствующие следующим критериям включения: больные с диагнозом перитонит;

были исследованы разные подходы для разработки системы прогнозирования вероятности осложнения перитонита методами искусственного интеллекта. Для рассматриваемой задачи наиболее эффективным алгоритмом оказался KNN, который был настроен с использованием перекрестной проверки и поиска гиперпараметров по сетке. *Заключение.* В качестве будущей работы необходимо продолжать мониторинг и обновление модели, учитывая изменяющиеся тенденции в данных и медицинской практике. Исследование демонстрирует потенциал использования алгоритмов машинного обучения для улучшения прогнозирования осложнений перитонита, тем самым способствуя повышению качества медицинского обслуживания и лечения пациентов.

Ключевые слова: перитонит; раннее выявление осложнений; прогнозирование осложнений; машинное обучение.

отсутствие предшествующих операций на брюшной полости, а также сопутствующих заболеваний брюшной полости, требующих оперативного вмешательства; наличие информированного согласия на проводимое оперативное вмешательство. Исходя из критериев включения были также сформулированы критерии исключения: пациенты, имеющие в анамнезе предшествующие операции, локализованные в брюшной полости, имеющие онкологические заболевания, а также пациенты с обострившимися хроническими заболеваниями. При поступлении пациентов были проведены следующие клинико-диагностические и инструментальные исследования согласно клиническим рекомендациям по острому перитониту (код по МКБ 10: K65.0) [11] (таблица 1). Разрешение на проведение исследования отражено локальным этическим комитетом (ЛЭК) Саратовского медицинского университета «Реавиз» (протокол ЛЭК номер 2 от 16.10.2023). Исследование проводили при наличии добровольных информированных согласий пациентов в соответствии с декларацией о соблюдении международных, а также Российских этических принципов и норм (выписка из протокола №19 заседания комитета по биоэтике от 26 октября 2018 года). Исследование выполнено в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (в ред. 2013 года). Для достижения поставленной цели была решена подзадача нахождения именно тех показателей, которые влияли на возникновение осложнений.

Для исследования важности признаков (данных соматического и хирургического анамнеза, данных о течении и исходах заболевания, показателей гемостатических, биохимических и коагулологических исследований, сведений о проводимой терапии основного заболевания) на возникновение осложнений были использованы методы классической статистики — попарная корреляция Пирсона [12] и методы машинного обучения — градиентный бустинг на решающих деревьях [13]. Формула для вычисления корреляции Пирсона имеет вид:

Таблица 1.

Клинико-диагностические и инструментальные исследования, выполненные при госпитализации пациентов, и их кодовое обозначение

Исследование	Код
ОАК_Гемоглобин	ОАКГМГЛ
ОАК_Гематокрит%	ОАКГМТК
ОАК_Тромбоциты	ОАКТРМБ
ОАК_Эритроциты	ОАКЭРТР
ОАК_Лейкоциты	ОАКЛЙКЦ
ОАК_СОЭ	ОАКСОЭ
ОАК_Цветовой показатель	ОАКЦВЕТ
ОАК_Ретикулоциты	ОАКРТКЛ
ОАК_Тромбокрит %	ОАКТРБК
ОАК_Эозинофилы	ОАКЭЗФ
ОАК_Базофилы	ОАКБЗФ
ОАК_Лимфоциты	ОАКЛМФЦ
ОАК_Моноциты	ОАКМНЦТ
ОАК_Средний объем эритроцитов	ОАКСРОЭР
ОАК_Палочкоядерные гранулоциты (нейтрофилы)	ОАКПЛГР
ОАК_Сегментоядерные гранулоциты (нейтрофилы)	ОАКСГГР
ОАМ_Сахар	ОАМСХР
ОАМ_Кетоновые тела	ОАМКТН
ОАМ_Общий азот мочи	ОАМОБАЗТ
ОАМ_Мочевина	ОАММЧВН
ОАМ_Мочевая кислота	ОАММЧК
ОАМ_Креатинин	ОАМКРТ
ОАМ	ОАМАММК
БХ крови_Общий белок	БХКОББ
БХ крови_С-реактивный белок	БХКСРБ
БХ крови_ЛДГ ВС	БХКЛДГ
БХ крови_Креатинин	БХККРТ
БХ крови_Мочевина	БХКМЧВН
БХ крови_АЛТ	БХКАЛТ
БХ крови_АСТ	БХКАСТ

Исследование	Код
БХ крови_Прокальцитонин	БХКПРКН
БХ крови_К	БХКК
БХ крови_Са	БХКС
БХ крови_Na	БХКН
Коагулограмма_ВСК	КЛГВСК
Коагулограмма_ПТИ	КЛГПТИ
Коагулограмма_АЧТВ	КЛГАЧТВ
посевы_из брюшной полости	ПСВБП
посевы_крови	ПСВКР
посевы_мочи	ПСВМЧ
УЗИ брюшной полости_Размеры печени 1	УЗИБРП1
УЗИ брюшной полости_Размеры печени 2	УЗИБРП2
УЗИ брюшной полости_пульс	УЗИБРПС
УЗИ брюшной полости_Узи почек 1	УЗИБПУП1
УЗИ брюшной полости_Давление	УЗИБПД
УЗИ брюшной полости_диурез	УЗИБПДЗ
УЗИ брюшной полости_объем выпота	УЗИБПОВ
УЗИ брюшной полости_спайки	УЗИБПСП
УЗИ брюшной полости_фибрин	УЗИБПФБ
Лечение_Объем инфузии	ЛЕЧОФ
Лечение_Количество инфузий	ЛЕЧКЛФ
Лечение_Препарат	ЛЕЧПР
Общее_Возраст	ЛЕЧВЗ
Лечение_Характер перитонита	ЛЕЧХП
Осложнения, возникшие на этапе лечения	ОСЛЖН
Общее_Болевой синдром	БОЛЬСН
УЗИ брюшной полости_Узи почек 2	УЗИБПУП2
Общее_Характер перитонита_диффузный	ОХПДИФУЗ
Общее_Характер перитонита_местный	ОХПМЕСТ
Общее_Характер перитонита_распространенный	ОХПРАСПР

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

где r — коэффициент корреляции, x_i — значения переменной x в выборке, \bar{x} — среднее значение переменной x , y_i — значения переменной y в выборке; \bar{y} — среднее значение переменной y .

Градиентный бустинг же на сегодняшний день фактически первый из двух подходов в машинном обучении, которые используются на практике (второй — нейросети). Бустинг на деревьях способен эффективно находить нелинейные зависимости в данных различной природы. Дерево решений — это метод машинного обучения, при котором значение целевой переменной предсказывается с помощью применения последовательности простых решающих правил. Бустинг на деревьях комбинирует деревья решений таким образом, чтобы каждое следу-

Осложнения, возникшие на этапе лечения	1
Общее_Болевой синдром	0.88
УЗИ брюшной полости_объем выпота	0.7
Общее_Характер перитонита_распространенный	0.13
Общее_Характер перитонита_диффузный	0.074
УЗИ брюшной полости_спайки	0.063
УЗИ брюшной полости_Размеры печени2	0.043
ОАК_Моноциты	0.034
ОАК_Тромбоциты	0.033
УЗИ брюшной полости_Узи почек2	0.028
БХ крови_Общий белок	0.028
БХ крови_АЛТ	0.027
ОАК_Лейкоциты	0.021
посевы_крови	0.019
БХ крови_С-реактивный белок	0.019
ОАК_Базофилы	0.015
ОАМ_Мочевина	0.014
БХ крови_Na	0.014
Коагулограмма_АЧТВ	0.013
ОАК_Гематокрит%	0.012
БХ крови_АСТ	0.012
БХ крови_K	0.011
ОАК_Ретикулоциты	0.011
посевы_мочи	0.0085
посевы_из брюшной полости	0.0085
ОАК_Лимфоциты	0.0083
ОАМ_Аммиак	0.0062
ОАК_Сегментоядерные гранулоциты (нейтрофилы)	0.0055
БХ крови_Ca	0.0052
ОАМ_Общий азот мочи	0.0037
УЗИ брюшной полости_Узи почек1	0.0013
ОАК_Палочкоядерные гранулоциты (нейтрофилы)	8e-05
УЗИ брюшной полости_Давление	-0.00021
Коагулограмма_ВСК	-0.0032
ОАМ_Мочевая кислота	-0.01
ОАК_Цветовой показатель	-0.01
ОАК_СОЭ	-0.011
ОАК_Гемоглобин	-0.012
УЗИ брюшной полости_Пульс	-0.013
ОАМ_Белок	-0.017
БХ крови_Прокальцитонин	-0.018
БХ крови_Креатинин	-0.02
УЗИ брюшной полости_Размеры печени1	-0.023
БХ крови_Мочевина	-0.024
ОАК_Эритроциты	-0.025
БХ крови_ЛДГ	-0.029
ОАМ_Креатинин	-0.03
Коагулограмма_ПТИ	-0.032
ОАК_Эозинофилы	-0.033
Общее_Возраст	-0.047
ОАК_Средний объем эритроцитов	-0.048
УЗИ брюшной полости_фибрин	-0.053
ОАК_Тромбокрит %	-0.055
Общее_Характер перитонита_местный	-0.19
УЗИ брюшной полости_диурез	-0.52

Осложнения, возникшие на этапе лечения

Рис. 1. Корреляция с целевым признаком

ющее дерево уменьшало ошибку всех предыдущих. Для оценки качества получившейся модели использовали метрики precision, recall и F1-метрику, формулы для вычисления которых имеют вид:

$$precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$F1 = 2 * \frac{precision * recall}{precision + recall}$$

где TP — количество пациентов, у которых было осложнение, и модель предсказала осложнение; FP — количество пациентов, у которых не было осложнений,

но модель предсказала осложнение; FN — количество пациентов, у которых были осложнения, но модель не предсказала осложнение.

Другими словами, precision — это доля пациентов, у которых возникло осложнение из всех пациентов, которым модель предсказала осложнение. Recall (полнота) показывает, какую долю пациентов с осложнением из всех пациентов с осложнением смогла найти модель.

Построенная модель [14–17] показала хорошую предсказательную способность по предсказанию воз-

никновения или не возникновения осложнений у пациентов после операции на основе данных, собранных при поступлении пациента в приемное отделение.

Мнение, что чем больше параметров используется для обучения, тем лучше, не соответствует действительности. Неважные параметры зачастую «зашумляют» важные данные, перетягивая на себя внимание обучаемой модели. В связи с чем, в поисках надежной прогностической модели мы оценили три наиболее непохожих друг на друга и общепризнанно самых эффективных алгоритма классического машинного обучения: K-ближайших соседей (KNN), машины опорных векторов (SVM) и градиентный бустинг на решающий деревьях.

Результаты

Построение корреляционной матрицы Пирсона позволило нам наблюдать сильные корреляции между целевой переменной и несколькими признаками. Три признака показали очень высокие корреляции, причем болевой синдром был самым сильным — 0,88 (рис. 1).

Использование mutual information из Sklearn для выявления нелинейных взаимосвязей подтвердило основные характеристики, выявленные корреляционной матрицей Пирсона. Учитывая высокую корреляцию с болевым синдромом, достижение точности в 88 % стало возможным просто за счет постоянного прогнозирования осложнений при его наличии. Теперь наша цель сместилась в сторону повышения качества прогнозирования за счет использования оставшейся информации.

После подготовки нашего набора данных, разделения его на обучающие, валидационные и тестовые наборы и выполнения нормализации данных для KNN и SVM мы провели k-кратную перекрестную проверку наряду с рандомизированным поиском для оптимизации гиперпараметров.

В ходе этого процесса мы выявили в наших данных критическую особенность, связанную с тремя наиболее важными признаками: диурезом, объемом выпота и болевым синдромом [14-17] (рис. 2). Из-за их ограниченных вариаций эти факторы генерировали всего 200 уникальных комбинаций, что создавало проблему, при которой дополнительные данные, если обучать модель и делать предсказание только по этим трем признакам, представляли собой дубликаты. Эта особенность требовала полного изменения подхода к обучению.

Столкнувшись с этим препятствием, мы разработали два решения, показавших свою эффективность.

Первый подход заключался в использовании возможностей KNN, поскольку мы исходили из того, что идентичные исходные данные приведут к дублированию записей, которые при этом будут иметь разные метки классов, что делает оценку вероятности возникновения каждого набора из трёх признаков необходимой для определения распространенности (рис. 3 и рис. 4). Пример: если у 95 человек возникнут осложнения при заданном наборе трёх признаков, а у 5 других, при таком же наборе трёх признаков не возникнут осложнения, то, с точки зрения статистики, правильный ответ будет указывать на осложнения в 95 % случаев. По совпадению, KNN вычисляет вероятности точно так, как описано. Однако в данном случае большая часть «соседей» будет совпадать с входным экземпляром, находясь в пространстве признаков в одной и той же точке, расстояние до которой будет равно 0.

Во втором подходе (рис. 5), мы реализовали своеобразный feature engineering, объединив другие менее значимые признаки с нашими тремя доминирующими, применив далее нелинейный метод главных компонент (Kernel PCA) для получения новых непрерывных призна-

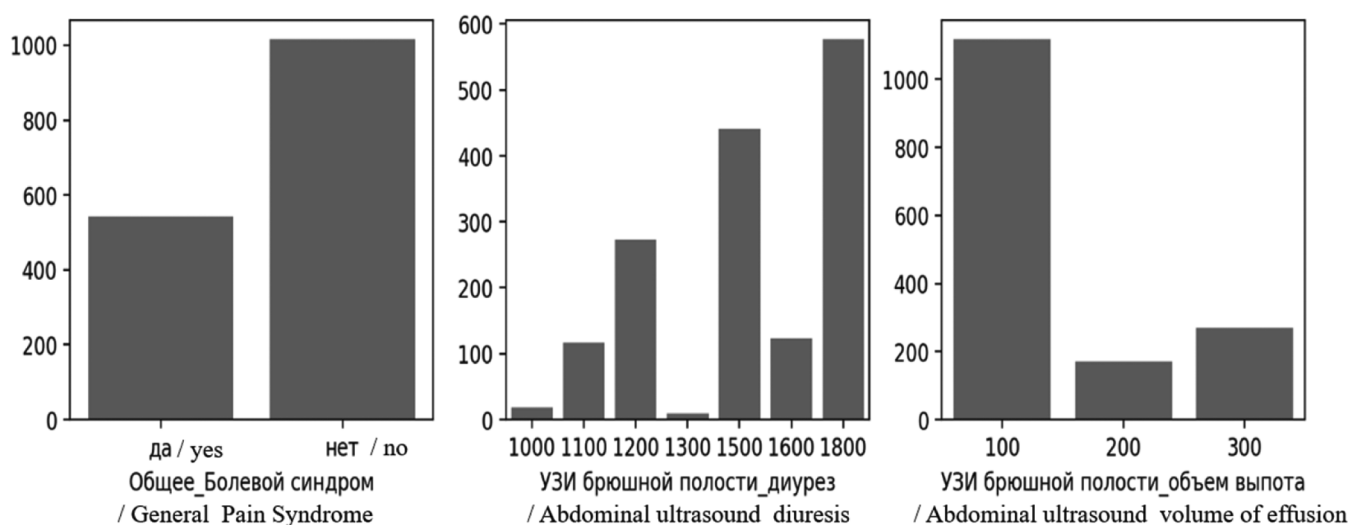


Рис. 2. Ограниченные вариации наиболее важных признаков

ков, которые уже можно передать бустингу без опасения присутствия дубликатов.

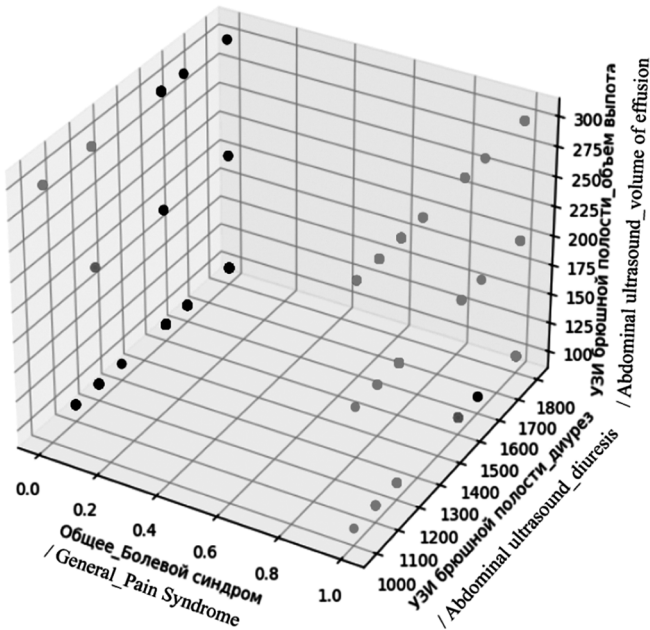


Рис. 3. Признаковое пространство с перекрывающимися точками

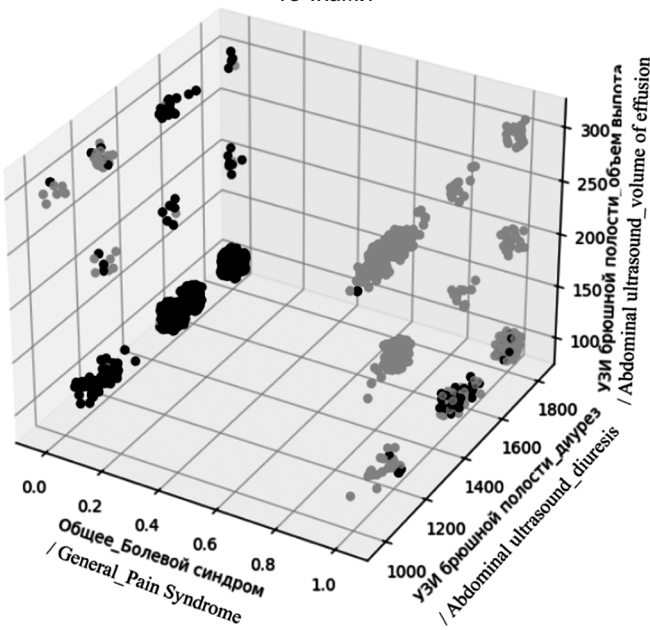


Рис. 4. Признаковое пространство с принудительно зашумленными точками

Примечание: для иллюстрационных целей понижение сделано до двухмерного пространства. Также в данном понижении не использовался самый важный признак — болевой синдром, который после понижения добавляется в качестве нового столбца к получившимся данным.

Оба подхода продемонстрировали схожую эффективность, но был выбран подход с KNN, т.к. он использовал меньше признаков и был более интерпретируемый.

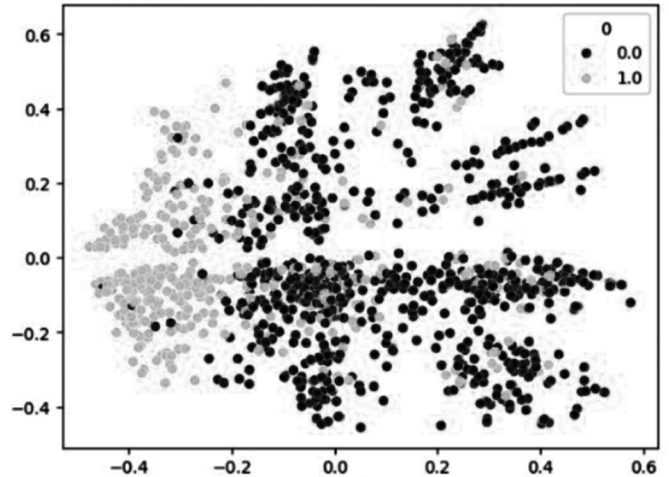


Рис. 5. Признаковое пространство после понижения размерности

Используя KNN, мы достигли значения ROC-AUC (рис. 6), равного 0,98, при этом показатели precision (доля пациентов, у которых возникло осложнение из всех пациентов, которым модель предсказала осложнение) и recall (полнота; показывает, какую долю пациентов с осложнением из всех пациентов с осложнением смогла найти модель) колебались в пределах $\pm 0,95$ для положительного класса, демонстрируя незначительные колебания, обусловленные изменением разбиения набора данных на обучающие и тестовые наборы (рис. 7).

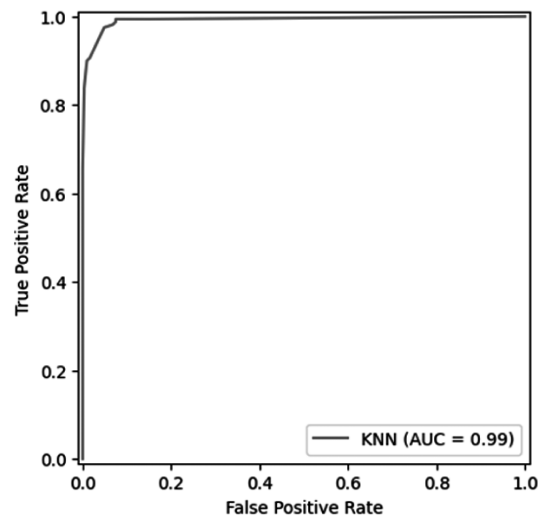


Рис. 6. ROC кривая

Classification Report:

	precision	recall	f1-score	support
0	0.95	0.98	0.97	308
1	0.97	0.91	0.94	160
accuracy			0.96	468
macro avg	0.96	0.95	0.95	468
weighted avg	0.96	0.96	0.96	468

Рис. 7. Метрики на тестовом множестве

В целом, предложенные методы успешно справились с уникальными задачами, связанными с нашим набором данных, что привело к получению точного и надежного прогнозирующего решения.

Обсуждение результатов

В настоящем исследовании представлен новый подход к прогнозированию осложнений перитонита с использованием алгоритмов машинного обучения. Была проведена тщательная работа по сбору, обработке и анализу клинических данных о пациентах с перитонитом. Были предприняты шаги по предварительной обработке и подготовке данных к моделированию.

Тремя wybranными алгоритмами машинного обучения для сравнения их производительности в прогнозировании осложнений перитонита были опорные вектора SVM, градиентный бустинг и k-ближайших соседей (KNN). После тщательного анализа и сравнения, наиболее эффективным алгоритмом оказался KNN, который был настроен с использованием перекрестной провер-

ки и поиска гиперпараметров по сетке. Результаты демонстрируют высокую степень точности и надёжности прогнозирующего решения.

Заключение

Таким образом, нами были исследованы разные подходы для разработки системы прогнозирования вероятности осложнения перитонита методами ИИ. Для рассматриваемой задачи наиболее эффективным алгоритмом оказался KNN, который был настроен с использованием перекрестной проверки и поиска гиперпараметров по сетке. Однако на данном этапе внедрение модели в клиническую практику пока преждевременно. В качестве будущей работы необходимо продолжать мониторинг и обновление модели (улучшение характеристик), учитывая изменяющиеся тенденции в данных и медицинской практике. Исследование демонстрирует потенциал использования алгоритмов машинного обучения для улучшения прогнозирования осложнений перитонита, тем самым способствуя повышению качества медицинского обслуживания и лечения пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайличенко В.Ю., Воронков Д.Е., Кисляков В.В., Цап А.А. Лечение тяжелых форм распространенного гнойного перитонита. Таврический медико-биологический вестник. 2022; 25 (1): 20–26.
2. Савельев В.С., Филимонов М.И., Подачин П.В., Чубченко С.В. Ошибки выбора тактики хирургического лечения распространенного перитонита. Анналы хирургии, 2008; 1: 26–32.
3. Bassetti M., Eckmann C., Giacobbe D.R., Sartelli M., Montravers P. Post-operative abdominal infections: epidemiology, operational definitions, and outcomes. Intensive Care Med, 2020; 46 (2): 163–172.
4. Piraino V. Innovations in Treatment Delivery, Risk of Peritonitis, and Patient Retention on Peritoneal Dialysis. Semin Dial, 2017; 158–163.
5. Алипов В.В., Тахмезов А.Э., Полиданов М.А., Мусаелян А.Г., Кондрашкин И.Е., Волков К.А., Алипов А.И. Улучшение результатов лечения и диагностики послеоперационных осложнений в абдоминальной хирургии с применением многофункционального устройства. Медицинская наука и образование Урала, 2023; 24 (1;113): 67–71.
6. Schmidt S., Ismail T., Puhan M.A., Soll C., Breitenstein S. Meta-analysis of surgical strategies in perforated left colonic diverticulitis with generalized peritonitis. Langenbecks Arch Surg, 2018; 403 (4): 425–433.
7. Moriwaki Y., Sugiyama M., Mochizuki Y., Yamazaki Y., Suda T., Hasegawa S., Matsuda G., Karube N., Uchida K., Yamamoto T. A pitfall of the diagnostic process of differentiating bile peritonitis from acute appendicitis. Hepatogastroenterology. 2019; 51 (56): 353–356.
8. Balanescu L., Baetu A.E., Cardoneanu A.M., Moga A.A., Bălănescu R.N. Predictors of Complicated Appendicitis with Evolution to Appendicular Peritonitis in Pediatric Patients. Medicina (Kaunas). 2022; 59 (1): 21 p.
9. Bozan M.B., Kanat B.H., Yazar F.M., Kutluer N., Azak Bozan A., Aksu A., Boran Ö.F., Güler Ö. A Diagnostic Dilemma for Acute Abdomen: Sclerosing Encapsulating Peritonitis (Abdominal Cocoon Syndrome); A Retrospective Cohort Study. Arch Iran Med. 2021; 24 (6): 447–452.
10. Gandhi K., Prasad D., Malhotra V., Agrawal D., Beniwal P., Leon Dsouza A.V. Clinicoepidemiological profile of peritonitis complicating acute peritoneal dialysis: A single-center experience. Saudi J Kidney Dis Transpl. 2017; 28 (5): 1133–1137.
11. Клинические рекомендации. Острый перитонит. Утверждены Минздравом РФ. Кодирование по Международной статистической классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем: K65.0/K65.8/K65.9/K67/K67.0/K67.1/K67.2/K67.3. Год утверждения: 2023. Ссылка активна на 12.06.2024: <https://clck.ru/39cMnx>
12. Pearson correlation criterion. The link is active as of 12.06.2024: <https://medstatistic.ru/methods/methods8.html?ysclid=lgce2phu7s101348257>
13. CatBoost. The link is active as of 12.06.2024: <https://catboost.ai/?ysclid=lgce8l4u2w627918923>
14. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2024612173 / 29.01.2024. Заявка от 25.12.2023. Барулина М.А., Полиданов М.А., Сухой Д.В., Волков К.А., Масляков В.В., Паршин А.В., Высоцкий Л.И. Система предсказания вероятности наступления осложнений после проведения операции больным с перитонитом. Ссылка активна на 12.06.2024: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_60782434_97687051.PDF.
15. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2024615898 / 13.03.2024. Заявка от 03.03.2024. Барулина М.А., Полиданов М.А., Сухой Д.В., Волков К.А., Масляков В.В., Паршин А.В., Высоцкий Л.И. Интернет-сервис для предсказания вероятности наступления послеоперационных осложнений у больных с перитонитом. Ссылка активна на 12.06.2024: <https://fips.ru/EGD/098da9a5-5ad1-45d3-9376-da9cdb9cd898>

16. Полиданов М.А., Волков К.А., Масляков В.В., Барулина М.А., Паршин А.В., Сухой Д.В., Высоцкий Л.И., Дягель А.П., Мезиров Г.Г., Марченко В.С., Кудашкин В.Н. Возможности использования алгоритмов градиентного бустинга для предсказания осложнений у пациентов с хирургическим перитонитом. Оперативная хирургия и клиническая анатомия (Пироговский научный журнал), 2024; 8 (3).
17. Полиданов М.А., Сухой Д.В. Система помощи принятия врачебных решений по прогнозу возникновения осложнений при перитоните. Сборник проектов конкурса «Всероссийская научная школа «Медицина молодая»: III научно-образовательный форум, Москва, 07 декабря 2023 года. Москва: Международный фонд развития биомедицинских технологий им. В.П. Филатова, 2023; 1154–1157.

© Сухой Даниил Владимирович; Полиданов Максим Андреевич (maksim.polidanoff@yandex.ru);
Барулина Марина Александровна; Масляков Владимир Владимирович; Паршин Алексей Владимирович;
Волков Кирилл Андреевич
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АДАПТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

ADAPTIVE TECHNOLOGIES IN DISTANCE LEARNING: MODERN APPROACHES AND PERSPECTIVES

O. Tarasov

Summary. This article examines modern approaches and perspectives on the use of adaptive technologies in distance learning. Adaptive learning, based on the use of algorithms and artificial intelligence, allows for the personalization of the educational process by adapting it to the knowledge level, abilities, and needs of each student. Special attention is given to microlearning as a content delivery method that helps reduce cognitive load and improve the assimilation of educational material. Within adaptive learning, three main models are highlighted: the knowledge domain model, the learner model, and the pedagogical model. These models interact to create an effective system for adapting the learning process. Research shows that adaptive technologies improve academic performance, reduce dropout rates, and increase satisfaction with the educational process. The article emphasizes the importance of further research for optimizing and more widely implementing adaptive educational systems.

Keywords: adaptive learning, distance learning, artificial intelligence, microlearning, educational technologies, learning personalization.

Тарасов Олег Васильевич

Аспирант, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
технологический университет «МИСИС» (Москва)
m1807712@edu.misis.ru

Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы и перспективы использования адаптивных технологий в дистанционном обучении. Адаптивное обучение, основанное на использовании алгоритмов и искусственного интеллекта, позволяет персонализировать учебный процесс, адаптируя его под уровень знаний, способности и потребности каждого учащегося. Особое внимание уделяется микрообучению как методу доставки контента, который способствует снижению когнитивной нагрузки и улучшению усвоения учебного материала. В рамках адаптивного обучения выделяются три основные модели: модель области знаний, модель обучающегося и педагогическая модель. Эти модели взаимодействуют для создания эффективной системы адаптации учебного процесса. Проведенные исследования демонстрируют, что адаптивные технологии повышают успеваемость, снижают уровень отсева и повышают удовлетворенность учебным процессом. Статья подчеркивает важность дальнейших исследований для оптимизации и более широкого внедрения адаптивных образовательных систем.

Ключевые слова: адаптивное обучение, дистанционное обучение, искусственный интеллект, микрообучение, образовательные технологии, персонализация обучения.

Введение

В 1984 году Бенджамин Блум заявил, что школьники, которые занимаются с учителем индивидуально, достигают результатов на два стандартных отклонения выше, чем у тех, кто обучается по той же программе в составе класса, без индивидуальных инструкций [1].

В этой работе шла речь о влиянии различных обстоятельств на качество усвоения материала учащимся. Где репетиторство, по мнению Б.Блума получило 2 отклонения, поощрения учеников 1,2, а корректирующая обратная связи, подсказки и объяснения — 1.

Другими словами, 98 % одноклассников обходит средний ученик репетитора. Однако обеспечить индивидуальный подход к каждому ученику в массовой школе слишком дорого. Бенджамин Блум предложил «найти методы группового обучения, столь же эффективные, как репетиторство» [1].

И долгое время реализация решалась педагогическими и организационными методами. Например, это

внедрение дифференцированного обучения и использование различных материалов и подходов для разных групп; работа в малых группах с активным вовлечением каждого участника; использование заданий, где ученики учат друг друга или где один ученик выполняет роль наставника для другого; это и индивидуальные проекты и исследования и т.д.

Однако с развитием технологий в XXI веке произошла революция в образовании благодаря развитию ИКТ. Теперь стало возможным реализовать индивидуализированный подход к обучению.

Но следует учитывать, что «индивидуализация обучения» воспринимается по-разному.

В своей работе Владимир Рахтеенко, создатель платформы управления индивидуальными образовательными траекториями Modeus выделяет 3 типа индивидуализации: индивидуальная траектория обучения, индивидуальный подход к обучению, смешанный тип индивидуализации. (Рис. 1)

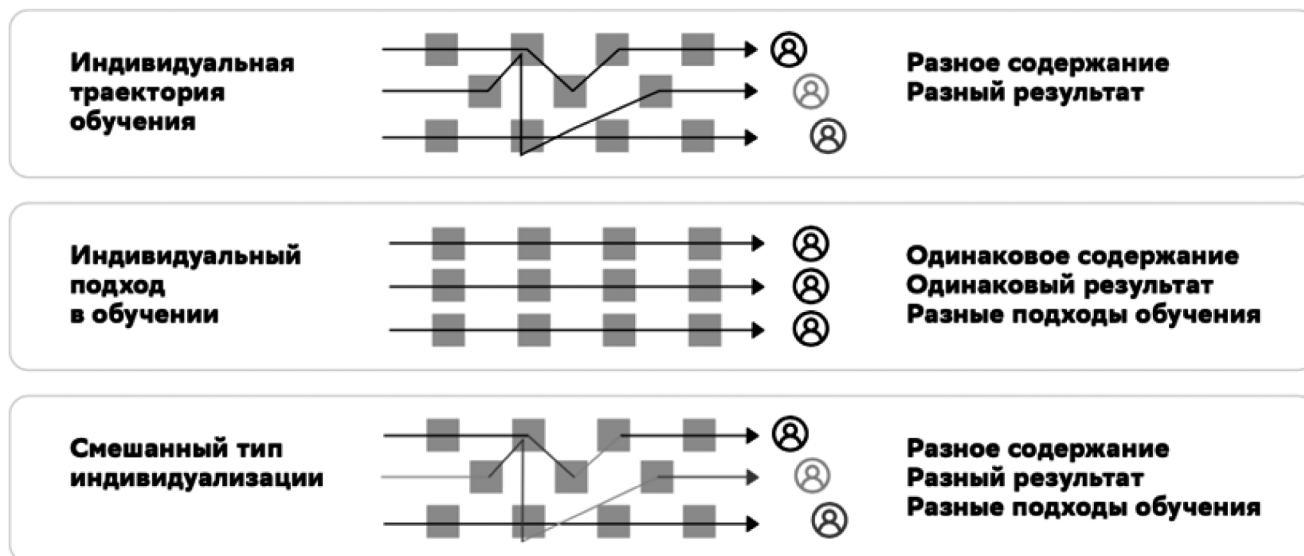


Рис. 1. 3 типа индивидуализации

В рамках концепции «адаптивного обучения» прежде всего мы говорим про индивидуальную траекторию обучения. Адаптивное обучение использует алгоритмы и искусственный интеллект для того, чтобы подстраивать учебные материалы под уровень знаний и скорость усвоения каждого ученика. Это позволяет обеспечить высокую эффективность обучения, приближая её к результатам индивидуального репетиторства, но в массовом масштабе.

«**Адаптивное обучение** (*adaptive learning*) — технология обучения, основанная на построении индивидуальной учебной траектории для обучающегося с учетом его текущих знаний, способностей, мотивации и других характеристик» [2].

Структура системы адаптивного обучения

При проектировании системы адаптивного обучения принято выделять 3 модели: модель области знаний; модель обучающегося; педагогическая модель. [3]

Модель области знаний — это область знаний дисциплины. Чаще всего представляется в виде графа. Чем более точно структурированы знания в предметной области, тем эффективнее будет персонализация.

Модель обучающегося — это область знания пользователя в предметной области. Также сюда включают и другие полезные критерии/метрики, например эмоциональное состояние, уровень вовлеченности, длительность и глубина изучения образовательного элемента и т.д.

Педагогическая модель — это подход, который использует данные о каждом ученике для адаптации учеб-

ного процесса в реальном времени, используя диагностику уровня знаний, обратную связь и др.

На рис. 2. изображена схема взаимодействия этих трех моделей. [3]

Любое взаимодействие обучающего с образовательным элементом оставляет цифровой след. В ходе этого процесса собираются большие объемы данных, которые используются алгоритмом для корректирования траектории персонализации. Этот процесс происходит до тех пор, пока обучающийся не достигнет ожидаемого образовательного результата.

При проектировании адаптивного обучения необходимо определить какие модели закладываются в модель адаптации, как именно происходит взаимодействие между пользователем и учебным элементом и как поддерживается эта работа [4].

А также необходимо определить, что является объектом адаптации: контент, задание или порядок предоставления учебных элементов.

Самым популярным объектом автоматизации большинства систем является — порядок предоставления материалов. При этом считается, что данный тип адаптации является самым сложным, т.к. для него требуется большое количество актуальных данных. В таких системах имеет место быть использования предиктивной аналитики.

Вторым по популярности является адаптация контента. Особенность такой адаптации заключается в точечной обратной связи учащемуся. Она может выражаться в виде: подсказки или дополнительного учебного мате-



Рис. 2. Схема взаимодействия 3 моделей при проектировании адаптивного обучения

риала по теме [5]. Среди действующих компаний кто использует и порядок предоставления, и контент, как объект адаптации, можно привести следующие компании: Smart Sparrow, MyLab, CogBooks [4].

В своей очередь платформы, где объектом адаптации является задание используют современную теорию тестирования. Сначала создается банк знаний, разделенный на уровни трудности. Если в ходе тестирования учащийся отвечает не верно, то ему будет предложено задание из уровня ниже [6]. И наоборот, если задание решено верно. При этом важным отличие от объекта адаптации контента является отсутствие обращения за обратной связью. Примером компаний, кто использует задание и порядок предоставления материалов, как объект адаптации являются: Aleks и LearnSmart.

Микрообучение

В свою очередь адаптивные системы могут использовать микрообучение, как метод доставки контента, предоставляя учащимся персонализированные микрозадачи и материалы. Например, платформа Duolingo, обучающая языкам, использует микрообучение для создания коротких уроков, которые адаптируются в зависимости от успехов пользователя в изучении языка.

Микрообучение — обучение небольшому объему материала за короткий промежуток времени. Каждый элемент обучающего контента должен быть привязан к получению конкретных знаний, умений, навыков. Именно поэтому, прежде чем приступить к созданию контента, необходимо разработать «Карту результатов обучения». Необходимо определить, что ученик должен знать, уметь по окончании обучения. Определить ключевые результаты обучения по курсу. Каждый ключевой результат декомпозировать до уровня элементарных знаний, навыков и умений. (Рис. 3)



Рис. 3. Пример структуры карта Результатов Обучения

Микрообучение является современным образовательным подходом, базирующимся на принципе дробления учебного контента на небольшие, легко усваиваемые фрагменты. Этот подход поддерживается теорией когнитивной нагрузки, согласно которой переработка

больших объемов информации требует значительных усилий и времени, что может привести к когнитивному перенапряжению. Микрообучение предполагает использование таких форматов, как видеоролики, инфографика, интерактивные задания и короткие тексты, которые могут быть усвоены в течение нескольких минут. Например, обучающие видео на платформах, таких как Khan Academy или Coursera, часто представляют собой 5–10 минутные сегменты, позволяющие учащимся фокусироваться на одном концепте за раз.

Эффективность микрообучения также подтверждается его способностью противодействовать «кривой забывания», концепции, предложенной Германом Эббингаузом. Согласно данной концепции, большая часть изученного материала забывается в течение первых нескольких дней после обучения. Микрообучение, благодаря регулярному повторению и обновлению небольших порций материала, способствует закреплению знаний и предотвращает их быстрое забывание. Этот подход позволяет учащимся интегрировать обучение в повседневную жизнь, что повышает мотивацию и делает процесс обучения более гибким и удобным.

Эффективность

Эффективность адаптивного обучения прежде всего в качестве знаний учащегося, что можно проверить при тестировании на остаточность знаний спустя время. Однако в работе П. Йозаннеса и А. Лагерсторма дополнительно рассматриваются длительность обучения; уровень отсева после первых модулей и удовлетворенность обучения [7].

Исследования, направленные на оценку эффективности адаптивного обучения, начались в 2005 году в Университете Карнеги-Меллон. В течение двух лет студентам предлагалось заменить традиционный курс по статистике на адаптивный курс, разработанный в рамках Open Learning Initiative. Результаты показали, что студенты, обучавшиеся по адаптивной программе, достигли аналогичных образовательных результатов, затратив при этом меньше времени. [8]

В 2011 году Университет Нового Южного Уэльса внедрил адаптивные курсы для студентов инженерных специальностей. Сравнение с предыдущими когортами студентов продемонстрировало, что адаптивные курсы способствовали повышению оценок и увеличению числа завершивших обучение. Эти результаты свидетельствуют о потенциале адаптивного обучения в повышении образовательных достижений. [9]

Проект ALMAP (Adaptive Learning Market Acceleration Program), проведенный в 2013–2015 годах при поддержке фонда Билла и Мелинды Гейтс, включал 14 аме-

риканских вузов и более 20 000 студентов. Несмотря на противоречивые результаты, исследование показало, что в некоторых дисциплинах адаптивное обучение способствовало улучшению образовательных результатов и повышению вовлеченности студентов. [10]

В 2017/18 учебном году в университетах штата Мэриленд был реализован проект Adaptive Learning in Statistics (ALiS), в котором приняли участие почти четыре тысячи студентов. Результаты показали, что студенты, обучавшиеся по адаптивному курсу, получили более высокие оценки. Однако преподаватели отметили необходимость улучшения поддержки студентов в процессе самостоятельного обучения. [11]

В Техническом университете Колорадо адаптивные курсы по тригонометрии и алгебре показали значительное снижение уровня отсева [12]. Этот результат подтверждает, что адаптивные системы могут эффективно поддерживать студентов в сложных дисциплинах.

Однако, наряду с положительными результатами, исследование адаптивного обучения выявило и неоднозначные эффекты. Например, в проекте Adaptive Learning in Statistics (ALiS) студенты, хотя и получали более высокие оценки, выражали меньшее удовлетворение процессом обучения, отмечая, что адаптивный курс занимал больше времени и требовал дополнительных усилий [13]. Это подчеркивает необходимость дальнейших исследований для более глубокого понимания влияния адаптивного обучения и оптимизации его применения в образовательных системах.

Таким образом, многочисленные исследования подтверждают потенциал адаптивного обучения в улучшении образовательных результатов, повышении вовлеченности студентов и снижении уровня отсева. Эти положительные эффекты свидетельствуют о необходимости дальнейшего изучения и совершенствования адаптивных образовательных систем.

Заключение

В данной статье был проведен комплексный анализ современных подходов и перспектив использования адаптивных технологий в дистанционном обучении. Адаптивное обучение, базирующееся на алгоритмах искусственного интеллекта и анализе больших данных, предоставляет уникальные возможности для персонализации образовательного процесса, что способствует повышению эффективности усвоения учебного материала. Обобщенные результаты исследований подтверждают, что адаптивные технологии могут значительно улучшить качество обучения, обеспечивая дифференцированный подход к каждому обучающемуся.

Одной из ключевых составляющих адаптивного обучения является использование трех основных моделей: модели области знаний, модели обучающегося и педагогической модели. Модель области знаний представляет собой структурированное представление дисциплинарных концептов и их взаимосвязей, что позволяет эффективно персонализировать учебный контент. Модель обучающегося включает данные о текущих знаниях, способностях и эмоциональном состоянии обучающегося, что обеспечивает более точную адаптацию учебного процесса. Педагогическая модель интегрирует данные о содержании и обучающемся для динамической адаптации образовательного контента в реальном времени.

Особое внимание уделено методу микрообучения, который, дробя учебный материал на небольшие, легко усваиваемые фрагменты, снижает когнитивную нагрузку и повышает эффективность запоминания. Микрообучение также способствует борьбе с кривой забывания, обеспечивая регулярное повторение и обновление учебного материала. Данный подход подтверждается теорией когнитивной нагрузки, согласно которой переработка больших объемов информации требует значительных усилий и может приводить к когнитивному перенапряжению.

Эмпирические исследования демонстрируют, что внедрение адаптивных образовательных технологий способствует повышению учебных достижений, снижению уровня отсева и увеличению удовлетворенности учебным процессом. Например, проекты в Университете Карнеги-Меллон и Университете Нового Южного Уэльса показали, что студенты, обучающиеся по адаптивным программам, достигли аналогичных или более высоких результатов по сравнению с традиционными методами обучения, при этом затратив меньше времени.

В заключение, адаптивное обучение представляет собой перспективное направление в области образовательных технологий, способное существенно изменить подходы к организации учебного процесса. Дальнейшие исследования и разработки необходимы для оптимизации адаптивных систем, повышения их эффективности и широкого внедрения в образовательные учреждения. Особое внимание следует уделить разработке алгоритмов и моделей, способных учитывать индивидуальные особенности обучающихся и обеспечивать высокую степень персонализации учебного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. BLOOM, B. S. (1984). The 2 Sigma Problem: The Search for Methods of Group Instruction as Effective as One-to-One Tutoring. *Educational Researcher*, 13(6), 4–16. <https://doi.org/10.3102/0013189X013006004>
2. Гребцов П.Н. Адаптивное обучение как анализ способностей и прошлого опыта обучающегося // Педагогическая наука и практика. 2022. №3 (37). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/adaptivnoe-obuchenie-kak-analiz-sposobnostey-i-proshlogo-opyta-obuchayuschegosya> (дата обращения: 17.06.2024).
3. Luckin, Rose; Holmes, Wayne; Griffiths, Mark and Forcier, Laurie B. (2016). *Intelligence Unleashed: An argument for AI in Education*. Open Ideas; Pearson Education, London. URL: <https://oro.open.ac.uk/50104/1/Luckin%20et%20al.%20-%202016%20-%20Intelligence%20Unleashed.%20An%20argument%20for%20AI%20in%20Educ.pdf>
4. Адаптивное обучение в высшем образовании: за и против / К.А. Вилкова, Д.В. Лебедев; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Институт образования. — М.: НИУ ВШЭ, 2020. — 36 с. — 200 экз. — (Современная аналитика образования. No 7 (37))
5. Van der Linden W.J., Hambleton R.K. (ed.). *Handbook of modern item response theory*. Springer Science & Business Media, 2013
6. Chen C.M., Lee H.M., Chen Y.H. Personalized e-learning system using item response theory // *Computers & Education*. 2005 Vol. 44 №. 3 P. 237–255.
7. Brusilovsky P., Peylo C. Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems // *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 2003. No 13. P. 156–169.
8. Natriello G. The Adaptive Learning Landscape // *Teachers College Record*. 2017. Vol. 119. No. 3.
9. Prusty B.G., Russell C. Engaging students in learning threshold concepts in engineering mechanics: adaptive eLearning tutorials // 17 th International Conference on Engineering Education (ICEE). 2011.
10. Yarnall L., Means B., Wetzel T. Lessons learned from early implementations of adaptive courseware // *SRI Education*, April. 2016.
11. Joo J., Spies R.R. Aligning Many Campuses and Instructors around a Common Adaptive Learning Courseware in Introductory Statistics. Lessons from a Multi-Year Pilot in Maryland. <<https://sr.ithaka.org/wp-content/uploads/2019/10/SR-Report-Adaptive-Learning-in-Statistics-Summary-Report-11072019.pdf>>.
12. Daines J., Troka T., Santiago J. Improving Performance in Trigonometry and Pre-Calculus by Incorporating Adaptive Learning Technology into Blended Models on Campus // 123rd Annual ASEE Conference & Exposition, New Orleans, Louisiana. 2016.
13. Briggs A., Anderson T., Gebrekristos S., Simon A., Mei A. Evaluation of Adaptive Learning in Statistics (ALiS): Testing an Online Adaptive Learning Platform at Nine Postsecondary Institutions in Maryland. Research Report // Urban Institute. 2019.

© Тарасов Олег Васильевич (m1807712@edu.misis.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ФАКТОРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КИБЕРУСТОЙЧИВОСТИ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ СФЕРЫ¹

THE FACTORS OF ENSURING CYBER STABILITY OF INFORMATION SPHERE OBJECTS

**A. Tsaregorodtsev
M. Valeev**

Summary. The digitalization policy of the Russian Federation provides for the implementation of the following directions in order to ensure strategic stability and cyber stability: changing approaches to ensuring information security, transition to technological independence, development of digital ecosystems, development of the regulatory framework in the field of information security and information law, development of the personnel base, development of mechanisms of resistance to information and psychological impact, development of methods to counter organized cyber attacks on critical information infrastructure facilities, work to ensure the security of information and communication technologies operating on the basis of cloud platforms. The article considers the main factors of ensuring cyber stability of information facilities.

Keywords: control system, cyber stability, information security, digital sovereignty, information asset.

Царегородцев Анатолий Валерьевич

*Д.т.н., профессор, главный научный сотрудник,
ФГБОУ ВО «Финансовый университет
при Правительстве Российской Федерации» (Москва)
anvtsaregorodtsev@fa.ru*

Валеев Михаил Владимирович

*Аспирант, ФГБОУ ВО «Финансовый университет
при Правительстве Российской Федерации» (Москва)
waleew.miha@hotmail.com*

Аннотация. Политика цифровизации Российской Федерации предусматривает реализацию следующих направлений в целях обеспечения стратегической стабильности и киберустойчивости: изменение подходов к обеспечению информационной безопасности, переход к технологической независимости, развитие цифровых экосистем, развитие нормативно-правовой базы в области информационной безопасности и информационного права, развитие кадровой базы, разработка механизмов резистентности к информационно-психологическому воздействию, разработка методик противодействия организованным кибератакам на объекты критической информационной инфраструктуры, работы по обеспечению безопасности ИКТ, функционирующих на основе облачных платформ. В статье рассмотрены основные факторы обеспечения киберустойчивости объектов информационной сферы.

Ключевые слова: система управления, киберустойчивость, информационная безопасность, цифровой суверенитет, информационный актив.

Введение

Современное общество сталкивается с целым рядом вызовов, которые связаны с его цифровизацией. Стремительное развитие и распространение информационных технологий, и их проникновение во все сферы деятельности существенным образом определяют векторы развития цифрового государства. Информационные технологии выходят на новый трансграничный уровень и становятся катализатором экономических отношений, а также определяют темпы развития цифрового общества. Цифровое государство в значительной степени закладывает фундамент для всего общества в целом и для общественно-политических институтов в частности. Таким образом, складывается определенная система экономических, политических, социальных, культурных, правовых оснований, определяющих новые стандарты жизни в глобализованном цифровом обществе.

Интенсивное развитие цифровых технологий, с одной стороны, открывает новые перспективы для общественных институтов с точки зрения доступа к неограниченным потокам информации, и, с другой стороны — в условиях глобализации и повсеместной интеграции такие возможности становятся инструментом для реализации политических целей и задач, которые не всегда отвечают принятым международно-правовым нормам и служат осуществлению интересов, подрывающих стратегическую стабильность и международную безопасность.

Расширяются масштабы использования отдельными государствами средств оказания информационно-психологического воздействия, направленного на дестабилизацию экономической ситуации в различных регионах мира и приводящего к подрыву суверенитета и нарушению территориальной целостности других государств.

Реализация политики открытости субъектов, возможность получения открытых данных способствует возник-

¹ Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансового университета.

новению дополнительных рисков. Эпидемиологическая ситуация в мире напрямую повлияла на переход большого количества организаций на удаленную работу, увеличение экономических сделок в сети интернет, и, как следствие, создало благоприятные условия, способствующие росту киберпреступности.

Специалисты в области информационной безопасности и политики солидаризируются во мнении, что традиционное понимание государственного суверенитета сегодня претерпевает заметные изменения. Цифровизация создает дополнительные риски с точки зрения стратегической стабильности государств. Мы становимся свидетелями появления нетипичных способов военно-политического воздействия, к которым можно отнести информационные/кибервойны. Такое положение дел формулирует для государства своего рода сверхзадачу — обеспечение государственного суверенитета в его цифровом измерении — цифрового суверенитета.

1. Система управления обеспечением киберустойчивости объектов информационной сферы

В соответствии с Федеральным законом от 26.07.2017 № 187-ФЗ [6] введено понятие критической информационной инфраструктуры (КИИ) и ее безопасности. Субъек-

тами КИИ являются государственные органы и учреждения, российские юридические лица и индивидуальные предприниматели, которым на праве собственности или на ином законном основании принадлежат автоматизированные информационные системы (АИС), автоматизированные системы управления (АСУ) и информационно-телекоммуникационные сети (ИТС), функционирующие в критически важных для государства областях деятельности.

С позиций объектов информационной сферы киберустойчивость гарантирует, что восстановление системы происходит с учетом правил взаимосвязанных компонентов кибернетической инфраструктуры и объектов информационной сферы. Таким образом, киберустойчивость представляет собой набор принципов для обеспечения бесперебойной работы систем с целью обеспечения выполнения их миссии и состоит из трёх ключевых компонент: обеспечение кибербезопасности, обеспечение непрерывности деятельности, управление информационными рисками.

На рис. 1. представлен цикл обеспечения киберустойчивости, который устанавливает последовательность действий для развёртывания и обеспечения программы обеспечения киберустойчивости, включающую «целеполагание — анализ факторов риска — разработку

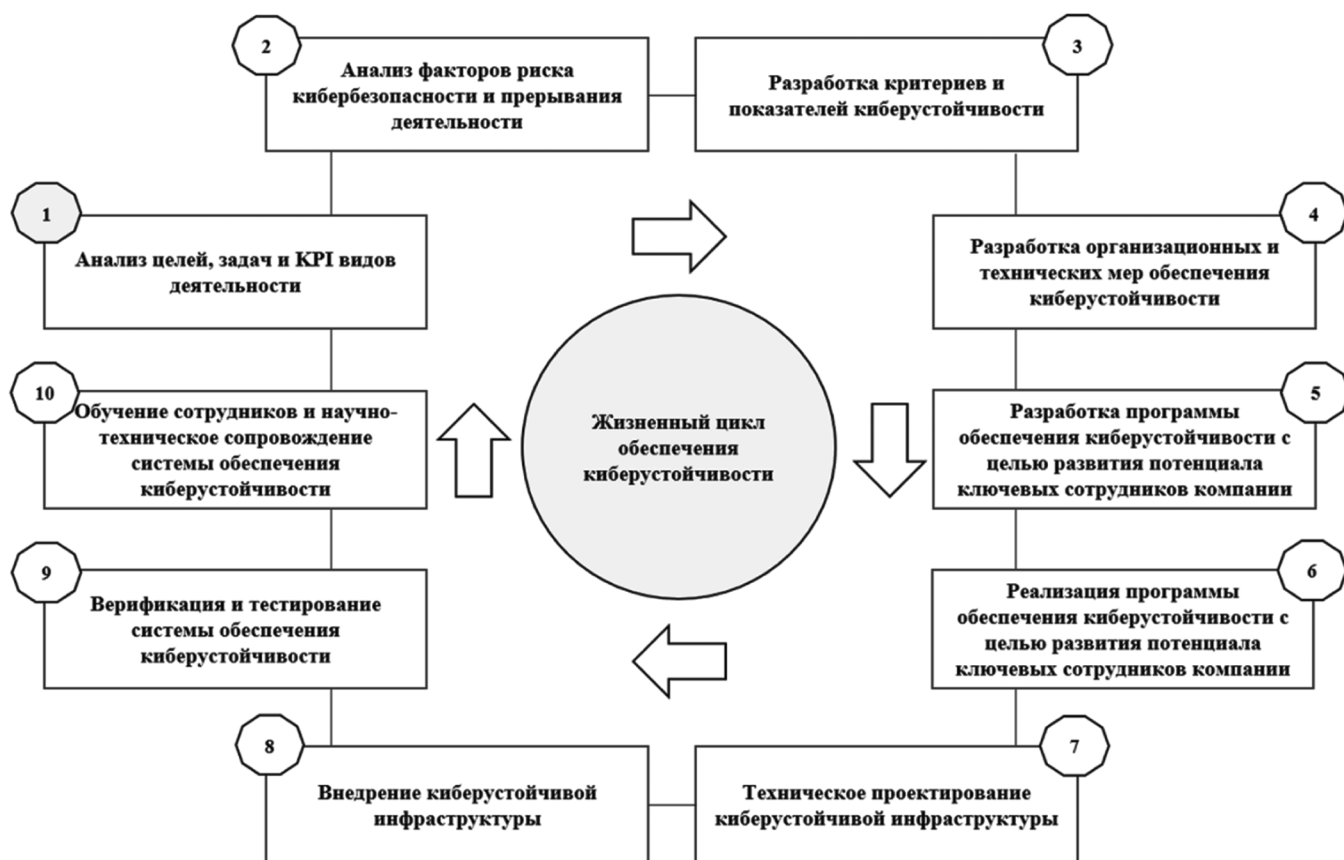


Рис. 1. Жизненный цикл обеспечения киберустойчивости

показателей киберустойчивости — разработку технических мер — программу переподготовки сотрудников — техническое проектирование — внедрение — верификацию достигнутых результатов».

При выборе разумного баланса между процедурами предотвращения инцидентов киберустойчивости, обнаружения потенциально опасных событий и реагирования на инциденты киберустойчивости организация должна учитывать, являются ли экономически эффективным акцент на предотвращение инцидентов киберустойчивости и следует ли вместо этого обеспечить быстрое обнаружение потенциально опасных событий и обеспечить быстрое реагирование на инциденты киберустойчивости. Подобные решения должны приниматься в рамках единой согласованной концепции, основанной на оценке и склонности организации к риску.

Разработка и внедрение средств управления киберустойчивостью на основе риск-ориентированного подхода должны быть достигнуты путем внедрения системы управления, движимой стратегическими целями и задачами организации. Концепция киберустойчивости организации должна использовать жизненный цикл управления устойчивым развитием, а именно, «стратегия — проектирование — трансформация — эксплуатация — непрерывное совершенствование».

Существуют альтернативные методы и подходы, которые могут быть использованы как самостоятельно, так и в сочетании с данной моделью жизненного цикла обеспечения киберустойчивости.

2. Факторы обеспечения киберустойчивости

На уровень киберустойчивости информационной системы (ИС) влияет ряд факторов, сложным и, зачастую, противоречивым образом. В данном разделе будут рассмотрены некоторые из этих факторов и то, каким образом можно ими управлять или использовать для повышения уровня устойчивости ИС.

Фактор управления сложностью ИС

Устойчивость ИС во многом зависит от сложности связей между компонентами ИС. Для повышения устойчивости в некоторых случаях следует использовать более сложную связь между двумя компонентами ИС, создавая избыточность её функций. С другой стороны, большая сложность ИС может снизить отказоустойчивость сети за счет большого количества способов, которыми один отказавший компонент ИС может вызвать отказ другого. Поэтому в большинстве случаев следует, по возможности, избегать большей сложности, если она напрямую не поддерживает функции устойчивости.

Фактор выбора топологии ИС

Выбор топологии ИС является определяющим фактором повышения киберустойчивости. Большинство ранних исследований касались фундаментальных уязвимостей различных сетей в зависимости от их топологических свойств. Особый интерес вызвала классификация свойств сетей в соответствии с распределением степени их узлов на сети с экспоненциальным распределением узлов (Wireless Network, Mesh Network) и немасштабируемые сети, в применении к теории графов. Немасштабируемые графы гораздо более устойчивы к случайным сбоям и ошибкам узлов, чем графы с экспоненциальным распределением степеней, но немасштабируемые модели сетей (Web, Power Greed) становятся все более уязвимыми для целевых атак (дискредитация высокоуровневых узлов). Доказана устойчивая зависимость между топологией и методами анализа влияния топологии на устойчивость; разработаны, основанные на топологии, методы анализа распространения кибератак и их влияния на киберустойчивость компонент ИС.

Фактор избыточности ресурсов ИС

Дополнительные компоненты ИС повышают отказоустойчивость. В частности, наращивание ёмкости узлов сети генерации и распределения электроэнергии может снизить вероятность каскадных отказов и ускорить восстановление услуг. Добавление локального хранилища и влияние на распределение узлов с различными функциями в сети также приводит к повышению устойчивости за счет наличия дополнительных ресурсов.

Отказоустойчивость может быть улучшена путем добавления нескольких функциональных возможностей к каждому узлу (обычно подразумеваемая потребность в дополнительных ресурсах), путем обработки большего количества источников ввода (требующих большего количества ресурсов для получения входных данных и для обработки) или путем комбинации нескольких механизмов параллельной обработки. Тем не менее, стратегия наращивания ресурсов и создание избыточности на постоянной основе являются фактором увеличения сложности и может стать причиной увеличения времени восстановления ИС в случае сбоя или отказа в обслуживании.

Резервирование следует использовать имея чёткое представление о том, что, добавляя идентичное избыточное программное обеспечение или оборудование, вредоносное ПО сможет скомпрометировать несколько избыточных ресурсов одновременно. В случае, если вводится определённое разнообразие и избыточные ресурсы существенно различаются, возрастает сложность ИС, что потенциально негативным образом воздействует на киберустойчивость.

Фактор дизайна процесса восстановления ИС

Компоненты ИС должны быть спроектированы таким образом, чтобы в случае отказа или взлома была возможность возврата в безопасный устойчивый режим функционирования. При проектировании процессов восстановления ИС, необходимо руководствоваться следующими ключевыми принципами:

- компонент ИС в неисправном режиме не должен причинять никакого вреда себе или другим компонентам ИС и её окружению;
- должна быть предусмотрена возможность гибко изменить состояние компонента ИС в процессе восстановления системы.

Отказы, сбои, связанные с физической неисправностью оборудования, воздействием человеческого фактора, зачастую необратимы или требуют существенно времени и трудозатрат на устранение последствий. В случае отказа логических компонент ИС (например, баз данных), возврат к нормальному состоянию работы ИС проходит по другим сценариям, без привлечения существенных ресурсов на восстановление работоспособности ИС. Однако следует заметить, что стандартная практика обеспечения киберустойчивости одной компоненты ИС может не обеспечивать функцию ИС «поглощать отказ» (оставаться работоспособной в условиях воздействия дестабилизирующих факторов), и, следовательно, снизить общую устойчивость ИС.

Фактор влияния каскадных сбоев функционирования ИС

Для повышения способности ИС поглощать кибервоздействия, одним из определяющих факторов является способность ИС защищаться от каскадных сбоев. Каскадный сбой — сложное событие, состоящее из цепи независимых друг от друга сбоев или отказов компонент ИС. Архитектура ИС может иметь склонность к «эффекту домино» вследствие отсутствия контроля факторов риска обеспечения киберустойчивости, что может привести к существенным негативным последствиям даже при незначительных отклонениях от нормального функционирования.

Каскадный сбой значительно ограничивает объем ресурсов ИС, который может быть задействован для эффективного поглощения и восстановления ИС и, как следствие, обеспечить её отказоустойчивое функционирование. Следовательно, зависимости или связи между узлами (компонентами) ИС должны разрабатываться таким образом, чтобы свести к минимуму вероятность легко распространяется последствий отказов или сбоев от одного узла к другому. В идеале ссылки (переходы) от одной компоненты ИС к другой должны пассивно и активно фильтровать распространение сбоев. Одной из возможных форм такой фильтрации является буферизация.

Фактор использования буферизации данных ИС

Ключевая функция ИС состоит в том, чтобы обеспечить беспрепятственный непрерывный доступ пользователей к набору определённых услуг. Буферизация данных (кэширование, локальных хранилища данных) составляет механизм киберустойчивости, который исключает необходимость постоянного доступа к компонентам ИС. Если одна из компонент глобальной ИС (источник данных) становится недоступной, должна быть предусмотрена возможность переключиться на локальный источник данных.

Фактор использования агентов обеспечения киберустойчивости ИС

Агенты обеспечения киберустойчивости — люди или инструменты, созданные на основе методов машинного обучения (искусственные агенты), которые способны применять активные, заранее определённые меры по анализу причин и сдерживанию последствий распространения кибератак на ИС и её компоненты, включая меры по «поглощению воздействий» и адаптации ИС к работе в условиях ограниченного функционирования её компонент.

Для эффективной работы агенты должны иметь планы действий в чрезвычайной и непредвиденной ситуации, операционные процессы функционирования и взаимодействия и соответствующую профессиональную подготовку (в случае, если агентом обеспечения киберустойчивости является человек). Возможно использование в качестве агентов обеспечения киберустойчивости пользователей ИС. Однако там, где это возможно, ИС должна быть обеспечена набором искусственных автономных (частично автономных) интеллектуальных агентов, которые способны выполнять действия по «поглощению воздействий» и восстановлению ИС в автономном режиме.

Фактор анализа рисков обеспечения киберустойчивости ИС

Анализ угроз обеспечения киберустойчивости ИС должен быть направлен на выявление адаптивных методов и процедур адресного воздействия злоумышленников на состояние киберустойчивости ИС с целью разработки предиктивных мер «поглощения воздействий», реактивных мер по сдерживанию распространения кибератак и скорейшему восстановлению работоспособности ИС.

Для создания риск ориентированной среды активного подавления атак злоумышленников необходимо использовать методы теоретико-игрового и сценарного анализа, которые позволяют учитывать возможности,

намерения, тактику, методы и процедуры вероятного противника, а также разрабатывать механизмы и процессы «поглощения воздействий» и восстановления таким образом, чтобы с большей вероятностью успеха противостоять действиям злоумышленника.

Фактор микросегментации компонент ИС

Благодаря микросегментации киберустойчивость становится более динамичной, масштабируемой и согласованной как внутри ИС, так и в среде обмена данными. Компоненты ИС могут быть развернуты быстрее и переконфигурированы с меньшим количеством ошибок.

Микросегментация решает проблемы блокирования горизонтального перемещения данных путем деления ИС на управляемые разделы. Это делает киберустойчивость динамичной, позволяя, в частности, выразить политики кибербезопасности в терминах концепций компонент ИС и реконфигурировать их автоматически при изменениях инфраструктуры. Кроме этого, микросегментация — экономичное решение, если использовать уже имеющиеся инфраструктурные компоненты.

Заключение

Реализация информационной функции государства оказывается сопряжённой со значительными рисками на внешнем уровне и влечет получение обществом ложной, искаженной или неполной информации. Очевидно,

что подобные риски формируют неблагоприятное отношение общества к органам государственной власти, обостряют социальные, экономические и политические противоречия, что свидетельствуют о возможности их трансформации в масштабную угрозу национальной безопасности.

Структура информационного риска в контексте киберустойчивости представлена рядом факторов гетерогенного характера, которые не могут быть однозначно отнесены к той или иной сфере деятельности, в частности риски утраты целостности и подотчетности финансовых данных, потери конфиденциальности данных о клиентах, потери доступности производственных систем, утраты конфиденциальности интеллектуальной собственности, нарушения целостности систем управления могут иметь источник происхождения на любом уровне технологического пакета, включая системы средств массовой информации (социальные медиа) через механизмы влияния и методы социальной инженерии. В этой связи в статье предлагается рассматривать формирование принципов обеспечения киберустойчивости через понятие «информационной сферы» как среды обращения информации по стадиям жизненного цикла (создание — распространение — использование — хранение — уничтожение), при котором субъекты реализуют свои потребности и возможности по отношению к информации. Авторами рассмотрены ключевые факторы обеспечения киберустойчивости объектов информационной сферы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Царегородцев, А.В. Цифровой суверенитет: актуальные проблемы и решения: монография / А.В. Царегородцев, С.В. Романовский. — Москва: ИНФРА-М, 2024. — 209 с.
2. Бухарин В.В. Компоненты цифрового суверенитета Российской Федерации как техническая основа информационной безопасности // Вестник МГИМО Университета. 2016. № 6 (51). С. 76–91. <https://vestnik.mgimo.ru/jour/article/view/640/625#>
3. Ефремов А.А. Обеспечение государственного суверенитета Российской Федерации в информационном пространстве в документах стратегического планирования // Академический юридический журнал. 2017. № 2. С. 11–20.
4. Лившиц И.И., Неклюдов А.В. Обеспечение цифрового суверенитета России // Стандарты и качество. 2017. № 8. С. 58–61.
5. Царегородцев А.В. Анализ рисков в процессах обеспечения информационной безопасности жизненного цикла финансовых автоматизированных информационных систем: монография / А.В. Царегородцев, С.В. Романовский, С.Д. Волков. — М.: Научно-издательский центр «ИНФРА-М», 2024. — 198 с.
6. Aydın A., Bensghir T.K. Digital Data Sovereignty: Towards a Conceptual Framework // 2019 1st International Informatics and Software Engineering Conference (UBMYK). IEEE, 2019. С. 1–6. DOI: 10.1109/UBMYK48245.2019.8965469
7. Couture S. The Diverse Meanings of Digital Sovereignty // Network Sovereignty Blog. August 5th, 2020. [Электронный ресурс]: <https://globalmedia.mit.edu/2020/08/05/the-diverse-meanings-of-digital-sovereignty/>
8. Khrustaleva O. From national sovereignty to digital sovereignty. Russia's data localization law and its implications [Электронный ресурс]: https://www.researchgate.net/publication/318452584_From_national_sovereignty_to_digital_sovereignty_Russia's_data_localization_law_and_its_implications
9. Kolontaevskaya I.F., Kamenskaya E.V., Uvarova I.A. Legal enforcement of import substitution in the field of digital sovereignty protection of the Russian Federation // International Scientific and Practical Conference on Digital Economy (ISCDE 2019). Atlantis Press. 2019. Vol. 105. P. 844–847. <https://www.atlantis-press.com/proceedings/iscde-19/125924721>
10. Avizienis, A.; Laprie, J.-C.; Randell, B.; Landwehr, C. Basic concepts and taxonomy of dependable and secure computing. IEEE Trans. Dependable Secur. Comput. 2004, 1, 11–33. [Google Scholar] [CrossRef]
11. Hopkins, S.; Kalaimannan, E.; John, C.S. Foundations for Research in Cyber-Physical System Cyber Resilience using State Estimation. In Proceedings of the 2020 SoutheastCon, Raleigh, NC, USA, 28–29 March 2020; IEEE: Piscataway, NJ, USA, 2020; pp. 1–2, ISBN 978-1-7281-6861-6. [Google Scholar].

© Царегородцев Анатолий Валерьевич (anvtsaregorodtsev@fa.ru); Валеев Михаил Владимирович (waleew.miha@hotmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КИБЕРУСТОЙЧИВОСТИ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ СФЕРЫ¹

STRATEGIC PRINCIPLES OF ENSURING CYBER STABILITY OF INFORMATION SPHERE FACILITIES

A. Tsaregorodtsev
M. Valeev

Summary. The use of digital technologies is an undeniable incentive for the development of the economy and the transformation of public and state institutions, but at the same time they are sources of new risks. Digitalization and openness of economic entities pose certain threats to the sovereignty of states, create additional opportunities for information and technological impact from the outside world on the information infrastructure of the state. The article discusses the main directions of ensuring strategic stability and cyber stability, as well as the key principles of ensuring cyber stability of information sphere objects.

Keywords: control system, cyber resilience, information security, digital sovereignty, information asset.

Царегородцев Анатолий Валерьевич

Д.т.н., профессор, главный научный сотрудник,
ФГБОУ ВО «Финансовый университет
при Правительстве Российской Федерации» (Москва)
anvtsaregorodtsev@fa.ru

Валеев Михаил Владимирович

Аспирант, ФГБОУ ВО «Финансовый университет
при Правительстве Российской Федерации» (Москва)
waleew.miha@hotmail.com

Аннотация. Применение цифровых технологий являются неоспоримым стимулом развития экономики и трансформации общественных и государственных институтов, но одновременно являются источниками новых рисков. Цифровизация и открытость экономических субъектов создают определённые угрозы суверенитету государств, создают дополнительные возможности информационного и технологического воздействия со стороны внешнего мира на информационную инфраструктуру государства. В статье рассматриваются основные направления обеспечения стратегической стабильности и киберустойчивости, а также ключевые принципы обеспечения киберустойчивости объектов информационной сферы.

Ключевые слова: система управления, киберустойчивость, информационная безопасность, цифровой суверенитет, информационный актив.

Введение

Реализация информационной функции государства оказывается сопряжённой со значительными рисками на внешнем уровне и влечет получение обществом ложной, искаженной или неполной информации. Очевидно, что подобные риски формируют неблагоприятное отношение общества к органам государственной власти, обостряют социальные, экономические и политические противоречия, что свидетельствуют о возможности их трансформации в масштабную угрозу национальной безопасности.

Структура информационного риска в контексте киберустойчивости представлена рядом факторов гетерогенного характера, которые не могут быть однозначно отнесены к той или иной сфере деятельности, в частности риски утраты целостности и подотчетности финансовых данных, потери конфиденциальности данных о клиентах, потери доступности производственных систем, утраты конфиденциальности интеллектуальной собственности, нарушения целостности систем управления могут иметь источник происхождения на любом уровне

технологического пакета, включая системы средств массовой информации (социальные медиа) через механизмы влияния и методы социальной инженерии. В этой связи в статье предлагается рассматривать формирование принципов обеспечения киберустойчивости через понятие «информационной сферы» как среды обращения информации по стадиям жизненного цикла (создание — распространение — использование — хранение — уничтожение), при котором субъекты реализуют свои потребности и возможности по отношению к информации.

1. Жизненный цикл обеспечения киберустойчивости объектов информационной сферы

С позиций объектов информационной сферы киберустойчивость представляет собой набор принципов для обеспечения бесперебойной работы систем с целью обеспечения выполнения их миссии и состоит из трёх ключевых компонент: обеспечение кибербезопасности, обеспечение непрерывности деятельности, управление информационными рисками.

¹ Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финансового университета.

Концепция киберустойчивости организации должна использовать жизненный цикл управления устойчивым развитием, а именно, «стратегия — проектирование — трансформация — эксплуатация — непрерывное совершенствование»:

1. Стратегия обеспечения киберустойчивости — деятельность по обеспечению киберустойчивости основана на четко понимаемых целях и способствует достижению целей управления организацией. Стратегические инициативы затрагивают критические информационные активы: информацию, инфраструктуру, процессы, услуги, заинтересованные стороны и пр., в терминах рисков киберустойчивости.
2. Проектирование процессов киберустойчивости — создание системы управления, «люди — процессы — технологии» и средств контроля (контрольная среда), которые должны соответствовать замыслу стратегии. При проектировании выбираются соответствующие меры контроля, процедуры, проводится обучение сотрудников, в целях предотвращения нанесения вреда наиболее важным информационным активам.
3. Трансформация процессов обеспечения киберустойчивости — результаты проектирования внедряются в процессы операционной деятельности организации. В ходе трансформации проверяется правильность работы средств управления: привязка инцидента к критическим информационным активам и, однозначное понимание ущерба от реализации события инцидента.
4. Эксплуатация системы управления киберустойчивостью — управление элементами системы обеспечения киберустойчивости, а также выявление событий и инцидентов, связанных с киберустойчивостью, и управление ими. Управление элементами системы обеспечения киберустойчивости включает в себя постоянное тестирование средств контроля, с целью убедиться, что они эффективны и адекватны.
5. Непрерывное совершенствование процессов обеспечения киберустойчивости — процессы эффективны в постоянно меняющейся среде. Процесс восстановления после инцидента включает в себя анализ «причина — следствие — ущерб» с целью извлекать уроки из своего опыта, соответствующим образом внося изменения в процедуры, обучение, дизайн и стратегию.

2. Стратегические принципы обеспечения киберустойчивости

Принцип управления критическими информационными активами

Информационные активы (ИА), которые являются общими для реализации нескольких функций органи-

зации, следует относить к критическим информационным активам (КИА). Компрометация КИА увеличивает возможности злоумышленников получить контроль сразу над несколькими функциями организации. Анализ КИА должен включать:

- Определение видов операционных процессов организации, в которых задействован КИА — является общим для нескольких видов деятельности, является уникальным для определённых видов деятельности и процессов, критически важен для выполнения определённых процедур.
- Определение того, какие свойства или атрибуты КИА делают информационный актив критическим, обладающим высокой ценностью для выполнения операционных процедур организации, понимание приемлемого уровня отказа.

Приемлемый уровень отказа — обратная величина уровня общей надёжности КИА, которая варьируется в зависимости от реализуемого свойства и вида деятельности организации.

Определение компромиссов между критическими свойствами и приемлемыми уровнями отказов является центральным элементом эффективного управления рисками обеспечения киберустойчивости.

На основе стратегий, которые лучше всего подходят для данного типа КИА, можно определить наиболее подходящие принципы структурного проектирования, которые позволяют приоритезировать объекты инфраструктуры в соответствии с выбранными методами обеспечения киберустойчивости, и, тем самым, снизить уровень риска.

Принцип адаптивности архитектуры информационных систем

Принцип адаптивности архитектуры информационных систем имеет целью развитие киберустойчивости через признание необходимости гибкости использования методов как в части стратегии управления рисками, так и в части допущения о том, что непредвиденные изменения будут происходить в технической и операционной среде на протяжении всего срока службы ИС.

В контексте киберустойчивости гибкость — это свойство ИС или инфраструктуры, которую можно переконфигурировать, в которой можно перераспределять ресурсы и в которой можно повторно использовать те или иные компоненты с целью обеспечения глубины киберзащиты, способности выбирать и использовать стратегии контрмер для широкого спектра сбоев или злонамеренных действий. Принцип адаптивности согласуется с представлением о том, что инфраструктура позволяет быстро изменять форму систем и настроек для достижения тактических целей обеспечения киберустойчивости.

Таким образом, при анализе уязвимостей необходимо учитывать способность к адаптивному реагированию и закладывать необходимую избыточность для формирования гибкости к деструктивным воздействиям.

Принцип анализа скорости распространения и снижения уровня деструктивных последствий кибератаки

Большинство архитектур обеспечения киберустойчивости рассматривают внешние ИС как вредоносные. Этот принцип прослеживается в архитектурах киберфизических систем (CPS) и Интернета вещей (IoT). Однако ИС и их компоненты могут быть скомпрометированы на длительное время без обнаружения факта самого факта компрометации, в некоторых случаях факт взлома может оставаться незамеченным на протяжении длительного периода.

Этот принцип подразумевает необходимость анализа механизмов возможности снижения скорости распространения атак и величины потенциальных последствий успешного взлома ИС, в частности продолжительность и охват деструктивных последствий, вызванных действиями злоумышленника, а также скорость их распространения. Анализ скорости распространения и снижения уровня деструктивных последствий кибератаки включает определение различных типов или форм системных последствий и привязку этих системных последствий к видам деятельности организации.

Принцип предиктивного анализа появления новых угроз

Киберпреступники вкладывают время и ресурсы в сбор разведывательных данных на ИС в целях совершенствования существующих и разработки новых тактик, методов и процедур (TTPs) взлома. Через некоторое время инструменты, разработанные злоумышленниками, становятся общедоступными, что ещё больше ставит под угрозу киберустойчивость ИС. Принцип предиктивного анализа появления новых угроз подразумевает метод анализа и комплексной имитации реальных атак на ИС, в котором злоумышленник явным образом представлен в качестве интеллектуального субъекта (Red Teaming), инициатора атаки.

Принципы структурного (операционного) проектирования обеспечения киберустойчивости

Принципы структурного проектирования служат отправной точкой для внедрения методов и средств киберустойчивости. Отдельные принципы проектирования киберустойчивости сформулированы с целью формирования операционной и конструктивной избыточности, здесь может быть сформулирован более конкретный единый принцип проектирования, который демонстри-

рует, каким образом разнообразие архитектурных компонент и избыточность должны использоваться вместе в целях обеспечения гибкости, и как найти компромисс между обеспечением гибкости и уменьшением области атаки. Принципы структурного проектирования должны формироваться на этапе проектирования и соответствовать концептуальному принципу «cyber resilience by design».

Принцип оценки уровня доверия к информационным системам

Принцип оценки уровня доверия к ИС — ограничение количества доверенных элементов системы, наращивание усилий, по обеспечению защиты и мониторинга объектов информационной сферы.

Уменьшение размера набора доверенных объектов за счет минимизации предположений о том, чему можно доверять, снижает площадь поверхности атак и затраты на обеспечение кибербезопасности. Когда ИС уже разработана, внесение изменений в архитектуру ИС приводят к увеличению затрат.

Другой формой применения данного принципа проектирования заключается в ограничении наследования полномочий, это означает, что привилегии или права доступа, связанные с одним классом компонентов ИС, не распространяются на классы или экземпляры ИС «по умолчанию».

Сведение к минимуму количества элементов с требованиями постоянной надежности снижает количество контролей, необходимых для определения постоянной надежности, и, тем самым, снижается стоимость сопровождения компонент ИС.

Принцип контроля прозрачности использования информационных систем

Принцип контроля прозрачности использования ИС — контроль компонент ИС, которые могут быть обнаружены и исследованы злоумышленником в процессе сканирования инфраструктуры организации.

Контроль прозрачности позволяет противодействовать попыткам разведки извне или внутри системы. Прозрачность использования информационных ресурсов организации, возможно контролировать, например, намеренно добавляя «мусор» к сетевому трафику. Прозрачность процедур обмена информацией, процесса разработки или проектирования ИС может быть ограничена за счет обеспечения сокрытия проведения операций (OPSEC), а также сегрегации процессов проектирования и эксплуатации ИС.

Прозрачность процедур обмена информацией должна контролироваться на уровне физического, логического и/или гибридного методов обеспечения кибербезопасности.

Принцип контроля наличия субъективного вмешательства в функционирование ИС

Принцип контроля наличия субъективного вмешательства в функционирование ИС — ограничение причин и последствий реализации событий рисков компрометирующих действий в отношении ИС, связанных с нарушением функций управления киберустойчивостью по причине отсутствия согласованных действий в части снижения площади распространения кибератак.

Анализ операционных полномочий субъекта должен выявлять характер поведения, который приемлем только в отношении его должностных обязанностей. Выявление любых исключений из правил предотвращает нежелательные последствия такого поведения. Поведение субъекта может стать компромиссом между утверждёнными правилами и гибкостью, обоснованной необходимостью выполнения операционных процедур «в срок». Должна быть обеспечена возможность прерывания деятельности субъекта на основе данных мониторинга, в случае, когда есть объективные основания для подозрений в ошибочных действиях.

Принцип эшелонированной защиты функционирования ИС

Принцип эшелонированной защиты функционирования информационной системы — сочетание принципа зонирования защиты и разделения полномочий. Эшелонированная защита — интеграция людей, процессов и технологий для создания системы защиты организации на различных уровнях её функционирования. Эшелонированная защита — архитектура безопасности, построенная путем применения набора согласованных друг с другом структурированных методов реализации контрмер в целях предотвращения и сдерживания атак злоумышленников. Эшелонированная защита ограничивает продвижение злоумышленника по вертикали многоуровневой архитектуры ИС, защита на одном уровне предотвращает распространение взлома на другом уровне.

Принцип планирования и управления разнообразием

Принцип планирования и управления разнообразием заключается в создании неоднородностей характеристик архитектуры, программного обеспечения ИС, возможностей пользователей. Разнообразие — это свойство, которое способно повысить устойчивость ИС в отношении внешних воздействий. Планирование

и управление разнообразием это подход, при котором компоненты ИС и программного обеспечения, не являются копиями, а независимо разработаны для удовлетворения требований системы. В этой парадигме необходимо получать свидетельства того, что отказы компонент ИС происходят независимо, поскольку рост числа совпадающих отказов свидетельствует о несостоятельности реализации принципа планирования и управления разнообразием. Разнообразие (обычно в сочетании с избыточностью) — это хорошо зарекомендовавший себя метод повышения устойчивости системы.

Можно выделить несколько подходов к достижению разнообразия — архитектурное разнообразие, разнообразие проектов, синтетическое (или автоматизированное) разнообразие, информационное разнообразие, разнообразие методов управления и пр.

Реализация принципа планирования и управления разнообразием потенциально может увеличить площадь поверхности атаки.

Принцип обеспечения избыточности

Принцип обеспечения избыточности — устоявшийся принцип проектирования устойчивой архитектуры ИС. Реализация данного принципа повышает доступность критически важных функций, но требует защиты избыточных ресурсов.

Поскольку вредоносные программы могут распространяться по однородным компонентам ИС, избыточность для обеспечения киберустойчивости необходимо применять в сочетании с разнообразием, избыточность необходимо рассматривать для всех уровней многоуровневой архитектуры ИС. Вместе с тем, избыточность, в сочетании с распределённой архитектурой, может повысить сложность ИС и создать проблемы масштабируемости.

Принцип обеспечения универсальности расположения ресурсов

Принцип обеспечения универсальности расположения ресурсов — это формирование архитектуры компонент ИС, для которых не требуется фиксированное пространственное местоположение. Для создания архитектуры компонент ИС с изменяющимся местоположением могут использоваться различные подходы — виртуализация, репликация, распределение (функциональности или хранимых данных), физическая мобильность и функциональное перемещение. Репликация может осуществляться по географическим точкам, аппаратным платформам или виртуальным машинам.

Принцип обеспечения универсальности расположения ресурсов подразумевает использование динамиче-

ского позиционирования, обеспечивает избыточность и гибкость в управлении данными.

Принцип мониторинга состояния информационных систем

Принцип мониторинга состояния информационных систем заключается в обеспечении ситуационной осведомленности, выявлении потенциально подозрительного поведения компонент ИС и прогнозировании необходимости внесения изменений в целях повышения уровня безопасности и надёжности компонент ИС.

В силу особенностей проектирования архитектур системные компоненты ИС могут не иметь возможности обмениваться информацией о состоянии друг друга, что создаёт определённые трудности соблюдения политик безопасности и мониторинга соответствия политикам. Однако практически каждый компонент современных ИС предоставляет данные по его доступности для взаимодействия. Корреляция данных мониторинга, включая данные о состоянии компонент ИС на всех уровнях архитектуры ИС может выявить потенциальные проблемы на раннем этапе, что позволит предотвратить инцидент.

Принцип обеспечения ситуационной осведомленности

Ситуационная осведомленность — это восприятие событий в отношении времени и пространства, понимание их значения и понимание их статуса в ближайшем будущем.

Целью ситуационной осведомленности являются активное обнаружение и анализ информации, относящейся к немедленной операционной стабильности и безопасности, и координация такой информации на предприятии, чтобы гарантировать, что все организационные подразделения работают в рамках общей операционной картины. Ситуационная осведомленность позволяет организации понять операционную среду критичных сервисов и среду влияния на их работу.

Принцип адаптивного управления ресурсами с учётом рисков

Принцип адаптивного управления ресурсами с учётом рисков включают изменение частоты запланированных изменений, повышение уровня кибербезопасности, перераспределение ресурсов, изоляция подозрительных компонент ИС. Принцип адаптивного управления ресурсами с учётом рисков может применяться в сочетании с динамическим изменением привилегий пользователей.

Принцип адаптивного управления ресурсами с учётом рисков должен основываться на ситуационной осведомленности — управленческие решения должны основываться на признаках изменений в характеристиках действий злоумышленника, изменений в характеристиках компонент ИС, изменений в операционных процедурах пользователей, выявлении новых угроз киберустойчивости.

Принцип постоянства обновлений

Принцип постоянства обновлений заключается в перманентном обновлении элементов системы, что сводит к минимуму продолжительность нахождения злоумышленников в ИС, позволяет удалить вредоносное программное обеспечение и восстановить поврежденные данные. Принцип постоянства обновлений — это стратегия уменьшения площади поверхностей атак во временном измерении.

Принцип обеспечения надёжности

Принцип обеспечения надёжности заключается в периодическом контроле целостности и корректности данных, программного обеспечения (ПО), поведения отдельных пользователей, работы системных компонентов и служб, что способствует снижению вероятности взлома ИС.

Принцип снижения площади поверхности атаки

Поверхность атаки — это совокупность компонент ИС, которые доступны потенциальному нарушителю. Принцип снижения площади поверхности атаки — это уменьшение объема выполняемого кода, уменьшение количества точек входа в ИС, доступных для ненадежных пользователей, исключение услуг, запрашиваемых относительно небольшим числом пользователей.

Заключение

Информационные риски в контексте киберустойчивости разнообразны и затрагивают разные сферы деятельности. Угрозы, такие как утечка финансовых данных, потеря конфиденциальности информации о клиентах, сбои в информационных системах, могут возникать на любом уровне информационной инфраструктуры. В статье предложено рассматривать киберустойчивость через призму «информационной сферы» — среды, где информация проходит жизненный цикл от создания до уничтожения. Авторы анализируют стратегические принципы обеспечения киберустойчивости объектов в этой сфере.

ЛИТЕРАТУРА

1. Царегородцев, А.В. Цифровой суверенитет: актуальные проблемы и решения: монография / А.В. Царегородцев, С.В. Романовский. — Москва: ИНФРА-М, 2024. — 209 с.
2. Рубанов В. Цифровой суверенитет хранения и обработки данных // Деловой журнал Neftegaz.RU. 2019. № 4 (88). С. 76–78. <https://magazine.neftgaz.ru/articles/tsifrovizatsiya/504404-tsifrovoy-suverenitet-khraneniya-i-obrabotki-dannykh/>
3. Соловых Н.Н. Цифровизация: риски и угрозы обеспечения цифрового суверенитета России // Потенциал роста современной экономики: возможности, риски, стратегии. 2018. С. 1302–1310.
4. Царегородцев А.В. Анализ рисков в процессах обеспечения информационной безопасности жизненного цикла финансовых автоматизированных информационных систем: монография / А.В. Царегородцев, С.В. Романовский, С.Д. Волков. — М.: Научно-издательский центр «ИНФРА-М», 2024. — 198 с.
5. Bodeau, D.; Graubart, R. Cyber Resilience Metrics: Key Observations 2016. Available online: <https://www.mitre.org/sites/default/files/publications/pr-16-0779-cyber-resilience-metrics-key-observations.pdf> (accessed on 15 November 2023).
6. Hukerikar, S.; Engelmann, C. Resilience Design Patterns-A Structured Approach to Resilience at Extreme Scale (version 1.0). 2016. Available online: <https://arxiv.org/abs/1708.07422> (accessed on 15 November 2023).
7. Carias, J.F.; Labaka, L.; Sarriegi, J.M.; Hernantes, J. An Approach to the Modeling of Cyber Resilience Management. In Proceedings of the 2018 Global Internet of Things Summit (GloTS), Bilbao, Spain, 4–7 June 2018; IEEE: Piscataway, NJ, USA, 2018; pp. 1–6, ISBN 978-1-5386-6451-3. [Google Scholar]

© Царегородцев Анатолий Валерьевич (anvtsaregorodtsev@fa.ru); Валеев Михаил Владимирович (waleew.miha@hotmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ НАЗНАЧЕНИЯ ПРОЦЕДУР РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ ТУБЕРКУЛЕЗОМ

EXPERIENCE IN APPLYING MACHINE LEARNING METHODS FOR REHABILITATION OF TUBERCULOSIS PATIENTS

P. Chernavin
N. Chernavin
Yu. Chugaev
I. Cherniaev
L. Kalinina

Summary. Sanatorium-resort treatment is an important stage in the organization of medical rehabilitation of patients with tuberculosis. Help in solving this issue can be provided by the use of machine learning (ML) methods for prescribing treatment procedures. The article presents the author's approach to solving this issue using real data from a sanatorium for the rehabilitation of patients who have suffered tuberculosis. Calculations were carried out on the basis of 18 qualitative and 25 quantitative characteristics taken into account upon admission to the sanatorium. The purpose of the study was to identify the most suitable machine learning methods for prescribing 37 rehabilitation procedures.

Keywords: machine learning, precedent-based learning, mathematical programming, classification tasks, committee method, sanatorium treatment, tuberculosis.

Чернавин Павел Федорович
к.э.н., доцент, Уральский федеральный
университет (Екатеринбург)
chernavin.p.f.@gmail.com

Чернавин Николай Павлович
ассистент, Уральский федеральный
университет (Екатеринбург)
ch_k@mail.ru

Чугаев Юрий Петрович
д.м.н, профессор, Уральский государственный
медицинский университет (Екатеринбург)
doctorchugaev@mail.ru

Черняев Игорь Анатольевич
старший преподаватель, Уральский государственный
медицинский университет (Екатеринбург)
obluborg@yandex.ru

Калинина Людмила Васильевна
заместитель директора ФГБУ «Туберкулезный
санаторий «Голубая бухта»
Минздрава России» (Геленджик)
ivanovagolubayabuhta@yandex.ru

Аннотация. Санаторно-курортное лечение является важным этапом в организации медицинской реабилитации больных туберкулезом. Помощь в решении данного вопроса может оказать применение методов машинного обучения (МО) для назначения лечебных процедур. В статье представлен авторский подход к решению этого вопроса на реальных данных санатория для реабилитации пациентов, перенесших туберкулез. Расчеты проводились на основе 18 качественных и 25 количественных признаков, учитываемых при поступлении в санаторий. Цель исследования состояла в выявлении наиболее подходящих методов машинного обучения для назначения 37 реабилитационных процедур.

Ключевые слова: машинное обучение, обучение по прецедентам, задачи классификации, метод комитетов, санаторно-курортное лечение, туберкулез.

Введение

Санаторно-курортное лечение является важным этапом в организации медицинской реабилитации больных туберкулезом [1, 2]. Физические факторы, применяемые в комплексе лечебных мероприятий при туберкулезе, принято по характеру лечебного воздействия подразделять на три группы: 1) физические факторы, обладающие преимущественно противовоспалительным, в том числе туберкулоостатическим и гипосенсибилизирующим действием, способствуют повышению концентрации антибактериальных препаратов

в очаге воспаления, активации местных защитных тканевых реакций. 2) факторы, применяемые для рассасывания инфильтративных изменений, обеспечения рубцевания полостей деструкции, биостимулирующего и адаптогенного действия, с целью активации естественных защитных механизмов организма пациента: ультразвук, лазерная терапия и магнитотерапия. 3) физические факторы, способствующие минимизации остаточных туберкулезных изменений, предотвращению избыточного образования фиброзной ткани, рассасыванию спаек и рубцов, повышению активности обмена веществ, улучшение микроциркуляции и трофики лёгочной ткани.

В настоящее время физиотерапевтические методы применяются у 89,3 % пациентов санаториев [4]. Многообразие немедикаментозных способов лечения, вошедших в клиническую практику достаточно давно и применяемых в условиях противотуберкулезных санаториев, требует оценки эффективности на основе методов доказательной медицины [2]. В условиях внедрения современной концепции здравоохранения «Медицина 4П» [5,6], составляющими которого являются персонализация (индивидуальный подход к каждому пациенту), предикция (выявление предрасположенности к развитию заболевания), превентивность (предотвращение появления заболеваний) и партисипативность (мотивированное участия пациента), особую значимость приобретает возможность построения индивидуальных траекторий реабилитации больных туберкулезом. Помощь в решении данного вопроса может оказать применение методов машинного обучения (МО) для назначения лечебных процедур. Синонимом американского термина «машинное обучение» является русскоязычное словосочетание «обучение по прецедентам», так как по сути МО является обобщением предыдущего опыта в виде решающих правил, на основе которых можно принимать решения в текущей ситуации.

Следует отметить, что, конечно, научно-исследовательские работы в этом направлении ведутся различными авторами [8,9]. Целью данного исследования было: на основе реальных данных за предшествующие периоды действующего санатория по реабилитации больных туберкулезом создать компьютерную систему (КС), которая бы подсказывала на основе предыдущего опыта какие процедуры лечения следует назначить конкретному пациенту исходя из его анамнеза и текущего состояния здоровья. При этом, у медицинского работника существует право как согласиться с данными предложениями, так и отказаться от всех или части предлагаемых процедур и назначить свои. Процедуры, предлагаемые компьютером, и их корректировка медицинским работником сохраняются в базе данных и на основе нового опыта производится дообучение КС. Далее мы опишем последовательность создания КС и результаты ее применения.

Речь в данном случае идет не о замене медицинских работников электронно-вычислительными машинами. Такой проблемы, в настоящий момент, просто не существует. Наоборот, санаторно-курортный комплекс испытывает острый дефицит опытных кадров, что приводит к снижению качества обслуживания [7]. Поэтому созданию эффективных систем поддержки принятия клинических решений на основе обобщения опыта предшествующих поколений с целью помощи действующим сотрудникам медицинских организаций является наиважнейшей необходимостью.

Структура исходных данных

Наше исследование проводилось на основании данных когорты 450 пациентов, проходивших лечение в учреждении здравоохранения, оказывающего специализированную медицинскую помощь по профилю «фтизиатрия» в условиях санатория. За единицу наблюдения был принят случай лечения и для каждого пациента была оформлена карта исследования собственной разработки, которая включала 211 формализованных характеристик пациента, в том числе: пол, возраст и другие медико-социальные характеристики, жалобы, данные анамнеза заболевания и анамнеза жизни, результаты осмотра, объективные данные методов лабораторной, лучевой и функциональной диагностики, оценки психоэмоционального состояния до и после проведенного лечения. Данные карт вносились в компьютерную базу данных исследования. В процессе лечения каждому пациенту назначается комплекс из 6–12 процедур, из общего списка состоящего из 104 доступных методов лечения. После отсева слабо заполненных, дублирующих друг друга и низко дисперсных признаков для дальнейшего анализа были оставлены 44 входных признаков. После исключения специфических и редко используемых процедур были оставлены 38 наиболее массовых процедур. Отметим, что массовые не означает, что назначаются всем без учета характеристик пациента. В нашем случае каждая из данных процедур назначалась строго в соответствии с показаниями от 5 до 45 % пациентов.

На всех этапах построения КС мы регулярно учитывали мнение практических специалистов. При назначении процедур специалисты обычно учитывают историю болезни (анамнез) и текущее состояние пациента. Анамнез обычно описывается качественными признаками, которые обычно принято называть категориальными (пол, группа диспансерного учета, наличие вредных условий труда в прошлом, перенесенные заболевания, алкоголизация и т.п.). Состояние пациента при поступлении практически всегда описывается количественными признаками (возраст, давление, пульс, показатели биохимии крови и т.п.). Все эти признаки измеряемы и имеют свои единицы измерения. Поэтому далее признаки были разбиты на 18 категориальных и 25 количественных. Такое разбиение является удобным и с вычислительной точки зрения так как работа с категориальными признаками имеет свою специфику. Все категориальные признаки были преобразованы в числовой формат. Кодировка категориальных признаков имеет важное значение так как может влиять на результаты решения. Желательно, чтобы она носила не случайный, а осмысленный характер и изменение величины категориального признака было общепринятым (например, группа диспансерного учета) или соответствовала степени восприятия пациента медицинским персоналом. Поэтому кодировка категориальных признаков тщательно согласовывалась

с практическими медицинскими работниками, имеющими большой опыт.

Методы поиска решающих правил

По каждой лечебной процедуре решалась отдельная задача классификаций, то есть множество наблюдений по каждой процедуре разбивалось на два класса: те, кому была назначена данная процедура и те, кому она не была назначена. То есть требовалось решить 74 задачи классификации (2 вида признаков, 37 процедур).

Так как заранее было не известно какой из методов МО даст наилучшие результаты, то использовались основные классические методы МО. Для категориальных признаков использовались категориальный бустинг, дерево решений, случайный лес, наивный байесовский метод, линейное разделение множеств. Для количественных признаков линейное разделение, метод ближайших соседей, наивный байесовский метод, дерево решений, случайный лес. Генеральная выборка разбивалась на обучающую и тестовую в пропорции 80 / 20 %. Так как классы были несбалансированными, то оценка качества решения проводилась по метрике площадь под ROC кривой (AUC ROC). Требовалось определить какие методы и для каких процедур будут иметь метрику AUC ROC более 0.75 одновременно на обучающей и на тестовой выборках.

При назначении процедур на основе категориальных признаков наивный байесовский метод показал наилучшие результаты по 8 процедурам, случайный лес по 7, категориальный бустинг по 4, дерево решений по 1, линейное разделение по 11.

При назначении процедур на основе количественных признаков наивный байесовский метод показал наилучшие результаты по 2 процедурам, случайный лес по 3, линейное разделение по 29. Дерево решений и метод ближайших соседей не показали хороших результатов ни по одной процедуре.

Таким образом, наилучшие результаты показал метод линейного разделения. По семи процедурам при анализе на основе категориальных признаков ни по одному из методов МО метрика AUC ROC не превысила планку 0.75. При анализе на основе количественных признаков аналогичная ситуация была по четырем процедурам. При построении компьютерной системы по этим процедурам использовался ансамблевый подход. Если большинство методов, имело метрику AUC ROC более 0.7, то процедура назначалась и не назначалась в противном случае. То есть, применялась логика большинства.

Отдельно отметим, что все применяемые методы легко объяснимы практическим медицинским работникам. Наивный байесовский метод — это, просто чисто статистический подход, метод ближайших соседей и линейное разделение имеет четкую геометрическую интерпретацию, дерево решений визуально можно изобразить на бумаге, а случайный лес и категориальный бустинг — это ансамбль из деревьев.

На основе найденных РП была построена КС в виде взаимосвязанных таблиц Excel. Выбор Excel определялся тем, что большинство персонала обладало навыками работы в этой среде. Поэтому персоналу просто требовалось ввести категориальные и количественные признаки пациента при поступлении в санаторий.

После ввода данных пациента КС рекомендует какие лечебные процедуры следует назначить конкретному пациенту исходя из его категориальных и количественных признаков на момент поступления. Однако, у врача есть право как отменить назначение, так и назначить дополнительные процедуры.

Назначения КС и врача автоматически сохраняются в базе данных. Это сделано для дальнейшего анализа результатов назначений. Опытная эксплуатация проводилась в ФГБУ «Туберкулезный санаторий «Голубая бухта» Минздрава России. По мнению практических специалистов КС работоспособна и является хорошим помощником при назначении процедур. Случаи несовпадения назначений КС и врачей анализируются отдельно раз в полугодие. На основе фактов несовпадения и новых данных корректируются РП и соответствующие изменения вносятся в КС.

Выводы

Предлагаемый авторами подход обладает следующими достоинствами:

1. Результаты КС хорошо интерпретируются и удобны для восприятия практикующими медицинскими работниками так как они активно участвовали в ее создании, а все используемые методы МО имеют хорошие визуальные интерпретации, которые демонстрировались и пояснялись практическим специалистам.
2. КС проста в использовании и обслуживании.
3. Последовательность и методы анализа данных не привязаны к профилю конкретного санатория. Поэтому подход тиражируем, требуются только незначительная настройка системы на исходных данных конкретного санатория, определяемые спецификой профиля медицинского учреждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клинические рекомендации «Туберкулез у взрослых» /Общероссийская общественная организация «Российское общество фтизиатров», Национальная ассоциация некоммерческих организаций фтизиатров «Ассоциация фтизиатров» 2022 151с. 62–63. Доступ по ссылке https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/16_2. Ссылка активна на 24.06.2023 г.
2. Баласаняц Г.С. Концепция развития фтизиатрической санаторной помощи больным туберкулезом в Российской Федерации. Медицинский альянс научно-практический журнал. — СПб, 2013. — №4. — стр.79–83.
3. Григорьев Ю.Г. Противовиброзная электромагнитная и лазерная терапия во фтизиатрии//Туберкулёз и социально значимые заболевания № 4_2018 С.68–74.
4. Ломаченков В.Д., Стрелис А.К. Физиотерапия при туберкулезе легких Москва «Медицина», 2000, 64с. с. 2
5. Пальцев М.А., Белушкина Н.Н., Чабан Е.А. «4П-медицина как новая модель здравоохранения в Российской Федерации»// ОРГЗДРАВ: Новости. Мнения. Обучение. Вестник ВШОУЗ, № 2 (2), 2015, с. 48–54.
6. Hood L., Balling R., Auffray C. Revolutionizing medicine in the 21st century through systems approaches // Biotechnol. J. 2012. Vol. 7 (8). P. 992–1001, doi: 10.1002/biot.201100306
7. Парфенов А.А., Датий А.В., Лимонов В.И., и др. Проблемы развития санаторно-курортного комплекса России. Вестник восстановительной медицины, № 4(92), 2019, с. 67–69.
8. Санаторий с искусственным интеллектом. Что придумали ученые в Крыму?/ Пресс-служба Корпорации развития Республики Крым 04 января 2022. Доступ по ссылке <https://invest-in-crimea.ru/news/sanatoriy-s-iskusstvennym-intellektom-chto-pridumali-ucheny-v-krymu>. Ссылка активна: 24.06.2023 г.
9. Тополь Э. Искусственный интеллект в медицине. М.; Альпина Пабли, 2022. — 398 с.

© Чернавин Павел Федорович (chernavin.p.f@gmail.com); Чернавин Николай Павлович (ch_k@mail.ru);
Чугаев Юрий Петрович (doctorchugaev@mail.ru); Черняев Игорь Анатольевич (obltuborg@yandex.ru);
Калинина Людмила Васильевна (ivanovagolubayabuhta@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР КОНЦЕПЦИЙ АРХИТЕКТУР ПРЕДПРИЯТИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

ANALYTICAL REVIEW OF ENTERPRISE ARCHITECTURE CONCEPTS AND THEIR APPLICATIONS

A. Shchigol

Summary. The article discusses the concept of «enterprise architecture». Using domestic scientometric databases, more than 30 publications were analyzed in order to identify the most common notations, as well as identify problems in the design and implementation of the enterprise architecture that the head of the company may face. The discussion indicates which problems are solved in certain notations and which are not.

Keywords: enterprise architecture, notation, review, publication, analysis.

Щиголь Александр Степанович

Аспирант, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (г. Екатеринбург)
Alexander.Shchigol@urfu.ru

Аннотация. В статье рассматривается понятие «архитектура предприятия». С применением отечественных наукометрических баз данных проанализировано более 30 публикаций с целью определения наиболее часто встречающихся нотаций, а также выявления проблем при проектировании и реализации архитектуры предприятия, с которыми может столкнуться руководитель компании. В обсуждении указано, какие проблемы решаются в определенных нотациях, а какие нет.

Ключевые слова: архитектура предприятия, нотации, обзор, публикация, анализ.

С ростом вызовов экономики и все более увеличивающейся сложности предприятий становится необходимым выстраивание строгих описаний и трассирования связей деятельности бизнеса во всех его аспектах — структура, функции, процессы, оборудование, мотивация, активы и др. Этот подход позволит анализировать факторы среды, которые могут влиять на работу предприятия, гибче и быстрее принимать решения, и масштабировать деятельность. Одним из основных факторов, влияющих на развитие архитектуры предприятия, является технический прогресс — внедрение новых информационных технологий, облачных сервисов, искусственного интеллекта и других инновационных решений приводит к необходимости внесения изменений в архитектуру предприятия. Поэтому предприятия стремятся адаптировать свою архитектуру под новые технологии, чтобы оставаться конкурентоспособными на рынке. Однако, появление новых инструментов ведения деятельности не снижает требования к описанию архитектуры, а лишь делает это описание фактически необходимым. Самой распространенной методикой для решения этих проблем является описание и выстраивание архитектуры предприятия во всех ее аспектах при помощи принятых нотаций. Архитектура предприятия (АП) — обширная и сложная область, имеющая несколько определений. Одно из определений представлено в работе, описывающей стратегическое управление предприятием через ИТ системы [1], а именно что АП это «дисциплина, предназначенная для активного и целостного реагирования предприятия на разрушительные силы путем выявления и анализа реализации изменений в направлении желаемого бизнес-видения

и результатов». Для упрощения подхода к управлению архитектурой предприятия (проектирование, анализ, планирование и так далее) архитекторами предприятий (Enterprise Architects) применяется фреймворк описания архитектур я (EAF — Enterprise Architecture Framework). Этот фреймворк был разработан двумя сообществами, что указывает на его многоаспектность, а именно:

- сообществом промышленных инженеров (EI — Enterprise integration [2]), ориентированных на проектирование производственных систем с целью достижения и поддержания бесперебойных потоков информации, материалов и контроля через цепочку поставок. Эта область стандарта тесно связана с Системной инженерией;
- сообществом, развивающем информационные системы (Enterprise information technology [3]), занимающихся методами разработки программного обеспечения.

В 80-х и 90-х годах сообщества промышленных инженеров внесли значительный вклад в разработку фундаментальных концепций и методов системной инженерии, таких как жизненный цикл системы, взаимосвязь жизненного цикла систем с системным моделированием, и иные концепции, которые в дальнейшем часто применяются в стандартах описания. В качестве ярких примеров можно упомянуть эталонную архитектуру предприятия Purdue [4] (PERA — Purdue Enterprise Reference Architecture), компьютерно-интегрированную архитектуру открытой системы производства (CIMOSA — Computer Integrated Manufacturing Open Systems Architecture) и метод моделирования предпри-

ятия, позволяющий анализировать функционирование производственной деятельности и разработку и внедрение систем принятия решений GRAI/GIM (Graphs with Results and Actions Interrelated / Integrated Methodology GRAI) [5]. Дальнейшее развитие этих стандартов легло в основу ISO 15704:2008, также известном под названием GERAM (Generalized Enterprise Reference Architecture and Methodology). Этот стандарт содержит целый набор концепций и принципов, которые могут быть использованы предприятиями для описания архитектур, системного подхода к сложным задачам и содержит рекомендации при проектировании процессов и сервисов в компаниях. Второе сообщество развивало идеи фреймворка Захмана, который предназначен для целостного описания бизнес-модели в виде схемы с учетом всех аспектов деятельности. Наиболее популярным и широко применяемым фреймворком, который был разработан этим сообществом является ARIS (Architecture of Integrated Information Systems) Стандарт, разработанный компанией Open Group (TOGAF — The Open Group Architecture Framework). Для классификации некоторых дополнительных важных концепций, связанных с описанием архитектуры с точки зрения программной разработки, были разработаны и другие международные стандарты, например, ISO 42010:2011 [6]. На текущий момент существует множество стандартов, нотаций и фреймворков описания организаций, которые разработаны разными школами из разных направлений, ярким примером которых являются примеры, описанные выше.

Целью данного исследования является выявление существующих практик, которые используются в нотациях описания архитектуры предприятия, определение факторов, влияющих на эффективность реализации архитектуры предприятия, а также определение открытых проблем и областей. В рамках работы был проведен аналитический обзор концепций писания архитектур предприятия, выявления наиболее часто встречающихся

ся в наукометрических базах и применение этих практик к моделированию предприятий

Аналитический обзор концепций архитектур предприятий

Для проведения аналитического обзора научных публикаций российских наукометрических баз данных по архитектурам предприятий был использован метод систематического обзора литературы (SLR — Systematic Literature Review), включающий три основных этапа приведенных на рисунке 1 планирование, выполнение и анализ полученных результатов [7]. Применение этого метода было определено целью систематического исследования существующих исследований. [8].

В процессе системного обзора будут найдены ответы на следующие вопросы:

- Какие нотации (способы составления схем, которые используются для моделирования организации) наиболее часто используются при проектировании архитектуры предприятия?
- В каких инструментальных пакетах ведется работа при использовании нотаций?
- Какие сложности могут возникнуть, при применении нотаций к проектированию целевых архитектур предприятия? (идеальная модель предприятия, основанная на стратегических требованиях к бизнес-процессам)?
- Какие факторы влияют на эффективность применения нотации и дальнейшей реализации модели в реальной деятельности предприятия? (степень достижения поставленных целей и задач с использованием разработанной архитектуры предприятия)?

При поиске публикаций использовались отечественные базы данных: Российская научная электронная библиотека — Elibrary и открытая библиотека научных

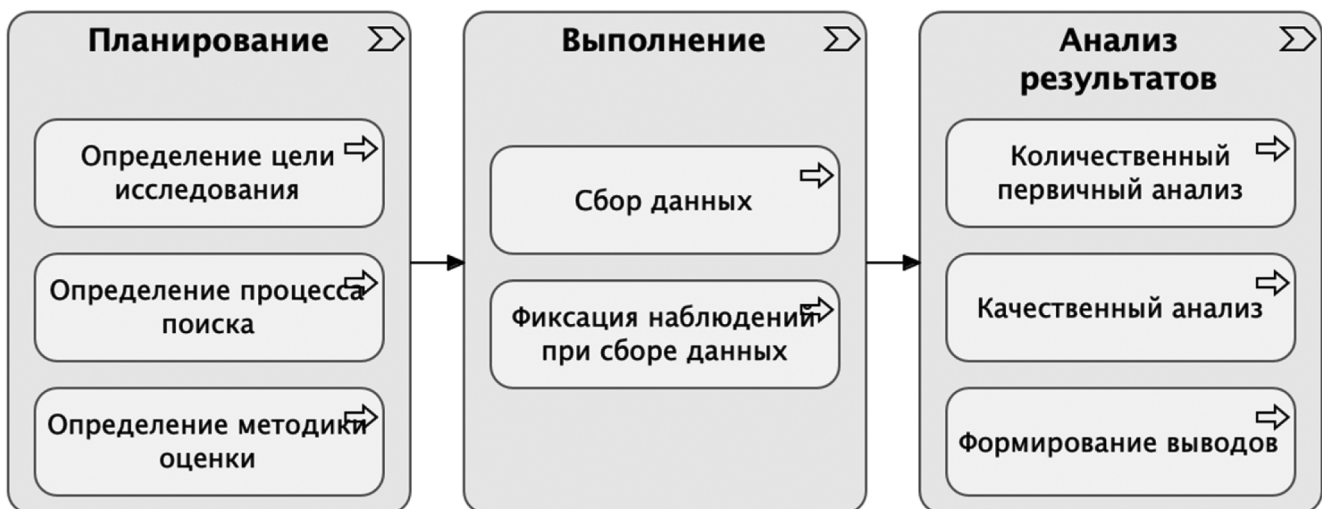


Рис. 1. Этапы и содержание системного обзора литературы

Таблица 1.

Работы по годам, с указанием источника

Источник публикации	Год публикации											
	2007	2009	2011	2013	2015	2016	2017	2019	2021	2022	2023	Итого
КиберЛенинка				2	1	3			4	3	3	16
Elibrary	1	2	1	1		1	2	1	1		2	14
Итого	1	3	1	3	1	4	3	1	5	3	5	30

трудов — КиберЛенинка. Выбор этих источников связан с возможностью ознакомиться с полнотекстовыми версиями публикаций, которые важны для получения полной информации. Поиск в базах велся по ключевым словам: реализация архитектуры предприятия, методология реализации архитектуры предприятия, практика реализации архитектуры предприятия, метод реализации архитектуры предприятия, разработка архитектуры предприятия, процесс реализации архитектуры предприятия, планирование реализации архитектуры предприятия, план перехода к архитектуры предприятия, планирование реализации архитектуры предприятия, процесс преобразования архитектуры предприятия, требования к реализации архитектуры предприятия.

В ходе поиска статей в наукометрических базах данных было найдено более 100 публикаций, которые затем были отобраны по следующим критериям: Рассматриваемые научные статьи должны быть опубликованы в период с 2003 по 2023 год; Публикации должны основываться на академических исследованиях и описывать методики или модели, которые могут быть использова-

ны для улучшения, оптимизации и внедрения архитектурных решений. После анализа полученной выборки были отобраны релевантных 30 публикаций [9]–[38] (таблица 1), которые соответствуют указанным выше критериям исследования.

Отобранные публикации были проанализированы по четырем вопросам (таблица 2) с тремя вариантами ответов, имеющими разный вес («да» соответствует 1 баллу, «частично» — 0,5 балла, «нет» — 0 баллов), что позволяет сравнить содержание друг с другом и сформировать рейтинговую шкалу. Вопросы были выделены исходя из предварительного анализа статей и опыта применения подобных описаний в девелоперском цикле. Результаты такого анализа показаны на рисунке 2.

Также из рисунка 2 видно, что самый низкий процент в научных статьях уделяется описанию метода внедрения, что может быть объяснено следующими аргументами:

— Исследователи вынуждены сокращать описание метода внедрения, в погоне за сохранением максимальной сущности своего исследования. Это может привести к упущению деталей и, следова-

Таблица 2.

Вопросы и шкала оценки

№	Наименование вопроса	Вариант ответа	Кол-во баллов
1	Насколько понятно и достаточно описан метод проектирования архитектуры предприятия?	Да: упомянута нотация, описан метод проектирования (фреймворк, язык и др.) четко объяснен процесс исследования	1
		Частично: не описан метод проектирования, но сделан обзор на нотации/-ю	0,5
		Нет: не упомянута нотация, нет описан метод проектирования	0
2	Насколько понятно и достаточно описан метод внедрения архитектуры предприятия?	Да: исследование описывает практику и факторы реализации архитектуры предприятия в полном объеме	1
		Частично: исследование описывает практику реализации ИЛИ факторы реализации архитектуры предприятия	0,5
		Нет: исследование не описывает практику и факторы реализации архитектуры предприятия	0
3	Насколько четко документированы ограничения работ?	Да: четко объяснены ограничения практики внедрения архитектуры предприятия	1
		Частично: упоминалось об ограничении, но не объяснялось «почему»	0,5
		Нет: не упоминалось об ограничении	0
4	Насколько хорошо изучено разнообразие точек зрения и контекста?	Да: подробно объясняются различные точки зрения на реализацию Архитектуры предприятия	1
		Частично: упоминались одно стороннее мнение на реализацию архитектуры предприятия	0,5
		Нет: не упоминались различные точки зрения на реализацию архитектуры предприятия	0

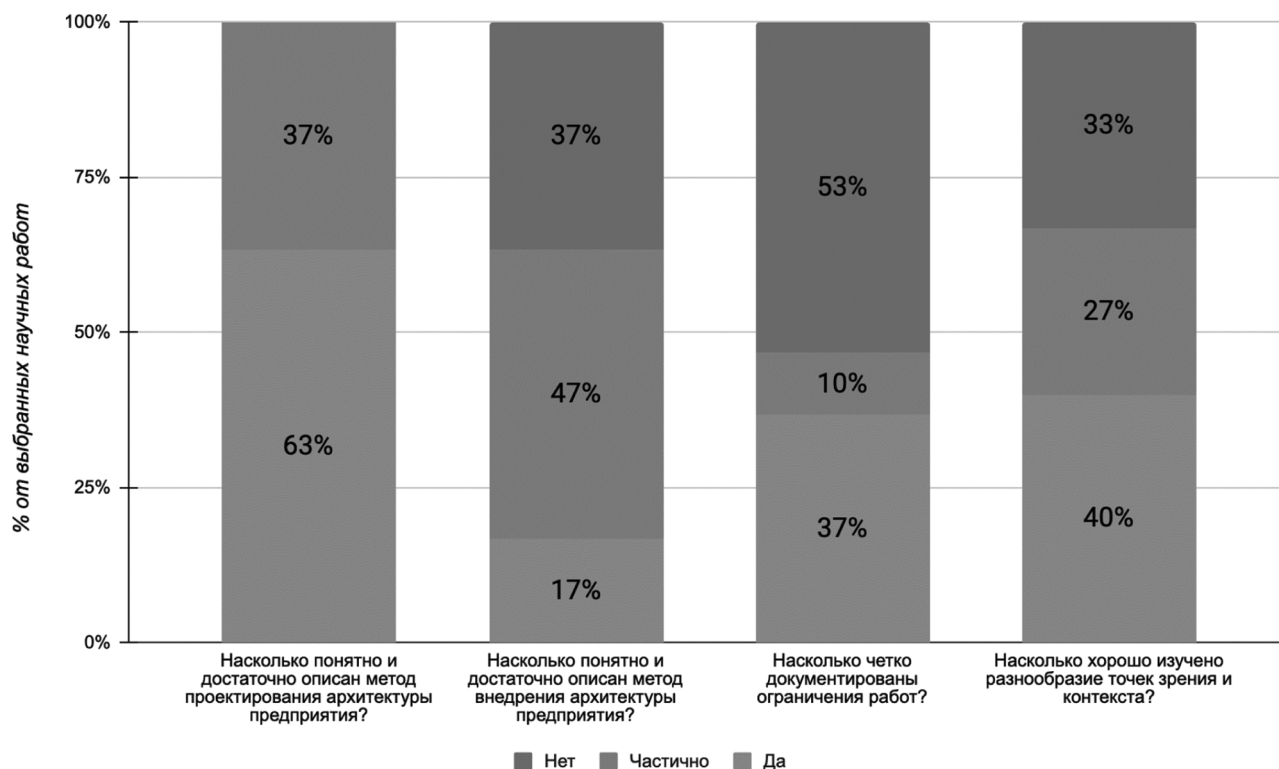


Рис. 2. Результаты анализа отобранных публикаций

тельно, снизить степень полноты и понимания. Также многие детали упускаются ввиду коммерческой тайны, связанной с результатами проведения моделирования и описаний.

- Кроме того, другим фактором, влияющим на недостаточное описание метода внедрения, является разнообразие, сложность и неоднородность применения языков моделирования, порождающее соглашения о моделировании во многих компаниях, которые модифицируют начальную онтологию языка под особенности конкретного бизнеса.

В ходе исследования были также выявлены основные проблемы, связанные с реализацией архитектуры пред-

приятия, которые можно разделить на три категории: моделирование, управление и поддержка (таблица 3).

Дискуссия и обсуждения

Наиболее часто встречающиеся нотации описания архитектуры предприятий представлены на рисунке 3.

1. Модель Захмана (The Zachman Framework for Enterprise Architecture), была первоначально представлена как концепция для проектирования информационных систем, а затем была расширена с целью моделирования организации как целого. Концепция, в первую очередь, направлена на комплексный подход к проекти-

Таблица 3.

Проблемы проектирования и реализации архитектуры предприятия

Проблемы Моделирования	Проблемы Управления конфигурацией	Проблемы Поддержки и внедрения результатов
1.1. Как выбрать удобный инструмент для описания в нотации?	2.1. Как готовить версии «как есть» и целевую модель для утверждения?	3.1. Как оценить степень внедрения?
1.2. Как отражать модельную/нормативную длительности процессов и деятельности?	2.2. Как поддерживать взаимосвязь многих аспектов моделирования предприятия?	3.2. Как хранить разработанные чертежи и проводить их дистрибуцию?
1.3. Как моделировать детальный бизнес-процесс?	2.3. Как отражать и конфигурировать ответственных за элементы функционирования организации?	3.3. Какой необходим ресурс для поддержания актуальности набора моделей?
1.4. Как определить и отметить границы бизнес-процессов?	2.4. Как контролировать версиюность?	
	2.5. Как отражать в описаниях мероприятия и план перехода от текущего состояния к целевому?	

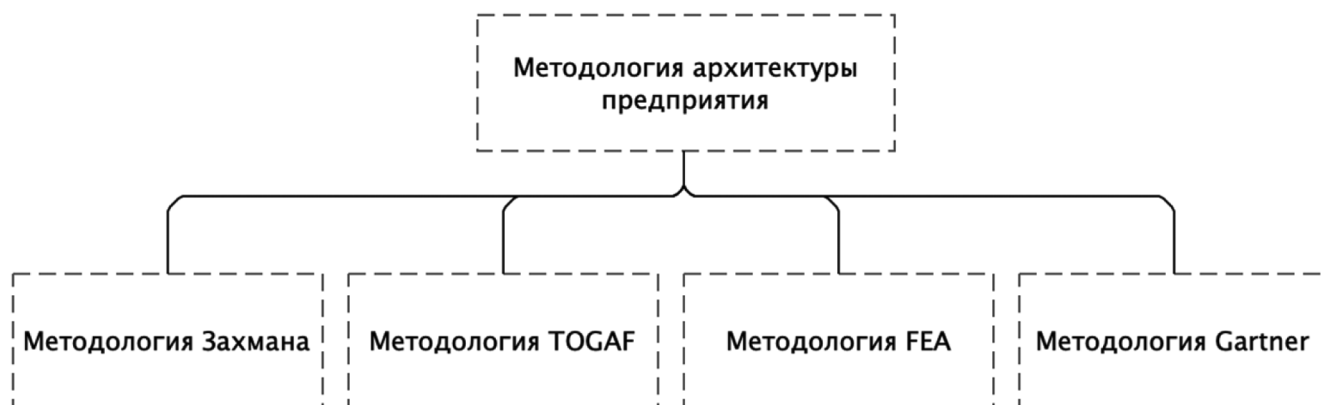


Рис. 3. Методологии архитектуры предприятия

рованию информационных систем. Захман предложил рамочную модель, которая представляет собой таблицу, описывающую архитектуру предприятия в различных разделах и отражающую ее с точки зрения разных участников [39]. Эта модель является полезным средством для анализа текущей структуры организации. Однако она не дает ответа на вопросы о том, как осуществить переход к целевой архитектуре и какой должна быть такая архитектура. Модель Захмана представляется в виде таблицы основных пяти уровней ролей (таблица 4), с помощью которых определяется архитектура предприятия, в виде набора описательных моделей.

Проводя анализ по проблематикам, указанным в Таблице 3, сделаны следующие выводы:

- Модель имеет множество реализаций инструментов, что позволяет закрывать пункты, связанные с инструментарием, версионирование и дистрибуцией (п. 1.1, 2.1, 2.2, 2.4 и 3.2 из Таблицы 3)
- Этот подход к описанию оперирует только состоянием «в моменте», что позволит описать текущее

и целевое состояние архитектуры (п. 2.1), но не имеет выраженного инструмента миграции, поэтому не отвечает п. 2.5

- Фреймворк оперирует высоким уровнем описания в классах, что не позволяет указывать конкретных ответственных и указывать длительности процессов, что означает невыполнение п. 1.2, 1.3, 1.4, 3.1

Выводы по нотации: Модель Захмана хорошо подходит для верхнеуровневого описания архитектуры предприятия. Однозначным плюсом является множество инструментов, которые позволяют описывать, хранить и версионировать схемы, однако она не предоставляет возможность детального описания и внедрения схем в рабочие процессы, что делает ее малоприменимой для детального описания архитектуры предприятия. Может быть использована как дополнение к нотации, применяемой для детального описания, но не может служить единственным фреймворком.

Таблица 4.

Модель Захмана

Уровни ролей	Что?	Как?	Где?	Кто?	Когда?	Почему?
Планировщик (Стратегический уровень)	Список важных понятий и объектов	Список бизнес-процессов	Представление бизнес-процессов	Стейкхолдеры	События и состояния	Бизнес-цели и стратегии
Аналитик-менеджер (Управленческий уровень)	Концептуальная модель данных	Модель бизнес-процессов	Схема логистики	Workflow (Цепочка/поток работ)	План реализации	Бизнес-план
Архитектор (Функциональный уровень)	Логическая модель данных	Архитектура системы	Модель архитектуры	GUI (графический пользовательский интерфейс)	Структура процессов	Роли и бизнес-правила
Проектировщик (Процессный уровень)	Физическая модель данных	Системный проект	Этапы процессов	Представление	Структура управления	Спецификация бизнес-правил и процессов
Разработчик (Информационный уровень)	Описание структуры данных	Программный код	Сетевая архитектура	Архитектура безопасности	Определение временных привязок	Реализация бизнес-логики

2. Методика описания архитектуры TOGAF (The Open Group Architecture Framework) была разработана некоммерческой организацией «The Open Group» в 2004 году с целью установления открытых стандартов в сфере информационных технологий. TOGAF представляет собой методологию архитектуры, которая предоставляет организациям инструменты и подходы для разработки, управления и преобразования их организационной архитектуры [40].

Компонентом стандарта TOGAF, его «ядром», является метод разработки архитектуры Architecture Development Method (ADM), который представлен на рисунке 4 и представляет собой замкнутый цикл [41].

Основными составляющими являются элементы онтологии, предназначенные для описания определенных «слоев» (layers) организации: Стратегический слой, слой бизнеса, слой ИТ, технологический слой, слой мотивации и слой миграции.

Проводя анализ по проблематикам, указанным в Таблице 4, сделаны следующие выводы:

- Модель имеет представления во многих онлайн инструментах (draw.io, visual.paradigm), однако основным инструментом является Archi, который представляет собой десктопное приложение. Не-

смотря на малый в сравнении с конкурентами стандартный функционал, расширения для программирования на JavaScript и возможность интеграции с Git позволяют развивать инструмент для хранения, мэппинга и версионирования структур, что позволяет решить проблемы 1.1, 2.4 и 3.2;

- Нотация подразумевает описание и трассировку элементов любых слоев, что позволяет связывать любые аспекты организации, например, технологические процессы и мотивацию, а также переходить от верхнеуровневых схем к детальным с назначением ответственных за каждую операцию и указывать ее длительность. Это позволяет полностью закрыть пункты 1.2-1.4, 2.2-2.3;
- TOGAF определяет слой миграции, что позволяет готовить схемы для перевода архитектуры из текущего состояния в целевое, что является неоспоримым преимуществом при описании архитектуры предприятия [42].

Выводы по нотации: Рассматриваемый архитектурный фреймворк очень хорошо подходит по всем выделенным пунктам. При помощи встроенных инструментов программирования он может быть органично встроен в ИТ ландшафт предприятия, что позволит хранить и управлять набором чертежей. Единственным слабым местом подхода является его относительная сложность



Рис. 4. Architecture Development Method

при поддержании моделей в актуальном состоянии ввиду трудозатратного процесса обновления элементов на схеме и присвоения им определенных свойств (п. 3.3).

3. Federal Enterprise Architecture — FEA — фреймворк, разработанный для построения архитектур правительственных организаций США, описывающий следующие домены: Стратегический, бизнес-домен, домен данных, домен приложений, инфраструктурный домен и домен безопасности [43]. Его целью является улучшение взаимодействия между различными министерствами и упрощение совместной работы и обмена данными на федеральном уровне. Однако следует отметить, что изначально архитектура федеральной организации разрабатывалась исключительно для государственных ведомств и не получила широкого распространения в коммерческом секторе, однако подход позволяет хорошо разграничить и регламентировать взаимодействия между департаментами как в горизонтальном, так и в вертикальном взаимодействии (рис. 5).

Проводя анализ по проблематикам, указанным в Таблице 4, сделаны следующие выводы:

- Инструменты применения фреймворка не так распространены, как у других подходов, однако существует расширение LeanIX для SAP, что позволяет закрывать проблематики 1.1 и 3.2., однако инструмент не обладает расширяемыми плагинами и репозиториумом, что делает его менее удобным в сравнении TOGAF;
- Фреймворк предлагает набор верхнеуровневых описаний, которые регламентированы с точ-

ки зрения содержания, однако не описываются паттерны и антипаттерны, что может усложнить применение ввиду необходимости введения внутренних корпоративных стандартов. Также этот подход не позволяет явным образом проводить детальное проектирование функций и процессов, что аналогично Модели Захмана. Исходя из этого, нотация не решает проблематики из п. 1.2, 1.3, 1.4, 3.1;

- С точки зрения перехода от текущей архитектуры к целевой, фреймворк предлагает стандартный набор шагов, а именно **Research & Leverage, Define & Plan, Invest & Execute, Perform & Measure**, однако эти шаги не отражаются какими-либо специальными элементами онтологии, что не отвечает п. 2.5.

Выводы по нотации: фреймворк схож с Моделью Захмана и оперирует набором описания архитектур, связанных между собой. Значимым отличием является упор на взаимодействие организационных единиц и предложенная методика деления на домены. Основным описанием является схема взаимодействия (Performance reference Model), исходя из которой строится модель поведения и сервисов (Business reference Model), определяющая модели данных, приложений и инфраструктуры (Data reference Model, Application reference Model, Infrastructure reference Model). Подход хорошо применим для верхнеуровневых описаний крупных организаций, однако главным недостатком является отсутствие регламентации технологических схем деятельности (процессов, сервисов), что приводит к необходимости

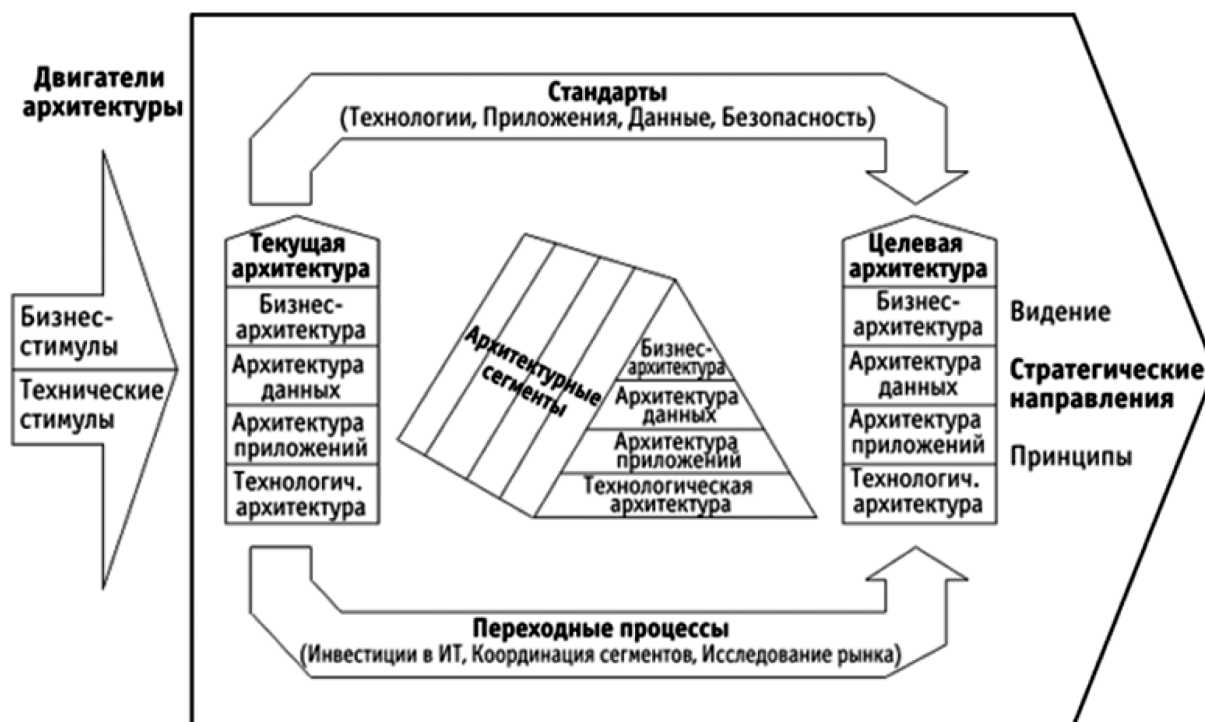


Рис. 5. Модель архитектуры FEA [44]

использование дополнительных фреймворков, а как следствие инструментов и репозиториев.

4. Методология Gartner, разработанная американской исследовательской и консалтинговой компанией, специализирующейся на информационных технологиях, предлагает набор рекомендаций и шаблонов для создания архитектуры. Согласно описанию, архитектура предприятия — это процесс преобразования видения и стратегии бизнеса в эффективные изменения компании, осуществляемые через разработку, обсуждение и улучшение ключевых требований, принципов и моделей, описывающих будущее состояние компании и обеспечивающих ее развитие (рисунок 6). В основе методологии Gartner лежит фундаментальный подход к архитектуре — связь между компонентами системы и окружающей её средой. Модель сформирована в виде четырех уровней, которые взаимосвязаны между собой: среда бизнес-взаимодействия, бизнес-процессы, шаблоны и строительные блоки [45].

Выводы по нотации: методология предназначена главным образом для описания целевой архитектуры, с описанием методов перехода, что отвечает одному из требований организации. Однако большим недостатком является отсутствие регламентных форматов описания структуры, процессов, сервисов и других аспектов организации.

Наиболее подходящей, согласно анализу, является нотация TOGAF, ввиду ее расширяемости, возможности связи как элементов внутри моделей, так и версионирования их. Также преимуществом является возможность описывать планы миграции архитектур, что недоступно в других нотациях. Из исследованных источников следу-

ет 6 ключевых факторов, которые влияют на успешное проектирование и реализацию целевой архитектуры предприятия в любом фреймворке:

1. **Единообразие.** Одним из главных факторов является достижение единообразия в проектировании и реализации целевой архитектуры. Это означает использование единого подхода и стандартов во всем процессе, чтобы все компоненты системы работали в гармонии. Единообразие создает более простую и понятную архитектуру, упрощает поддержку и сопровождение и обеспечивает лучшую интеграцию.
2. **Оптимальное выравнивание ресурсов.** В процессе проектирования и реализации целевой архитектуры необходимо обеспечить оптимальное выравнивание ресурсов предприятия. Это означает правильное распределение ресурсов, таких как бюджеты, персонал, время и технологии, чтобы максимально эффективно достичь поставленных целей. Оптимальное выравнивание ресурсов позволяет оптимизировать затраты и повысить результативность.
3. **Целостность.** Целостность является фундаментальным аспектом успешного проектирования и реализации целевой архитектуры предприятия. Это означает согласованность и взаимосвязь между всеми компонентами системы, чтобы они работали как единое целое. Целостность обеспечивает устойчивость системы, гарантирует сохранение данных и позволяет ей эффективно адаптироваться к изменяющимся требованиям бизнеса.
4. **Адаптивность.** Архитектура предприятия должна быть способной к адаптации к изменениям и возможностям, которые постоянно возникают

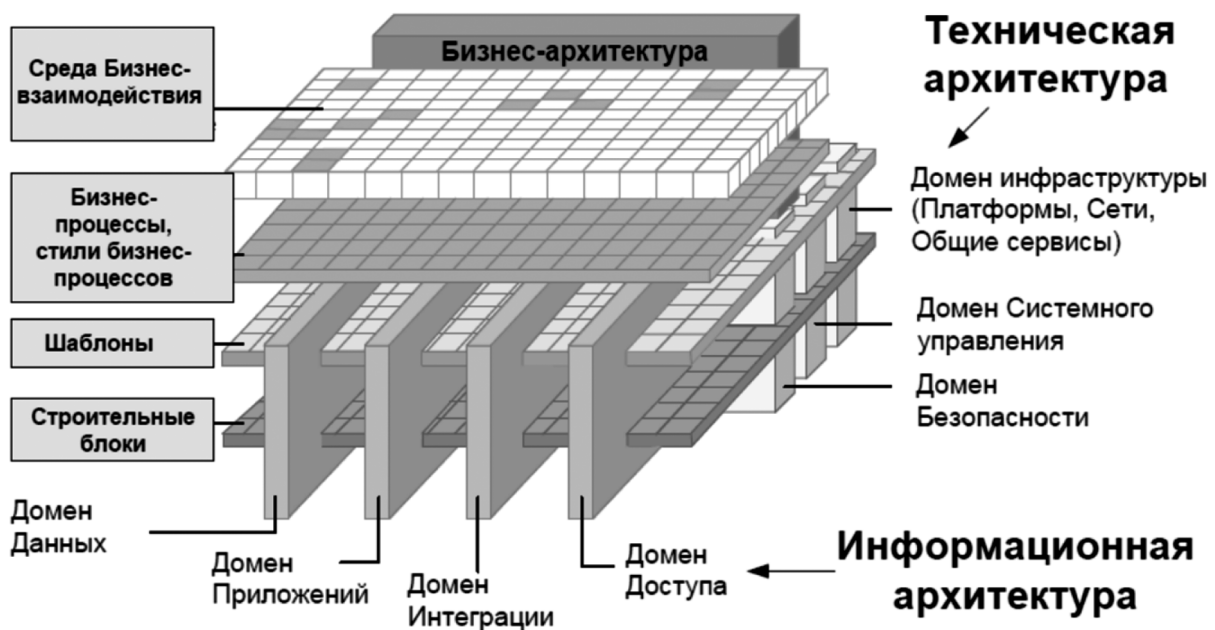


Рис. 6. Модель Gartner

в бизнес-среде. Адаптивность позволяет системе приспосабливаться к новым требованиям, технологиям и решениям, обеспечивая ее долгосрочное функционирование. Гибкая архитектура предоставляет предприятию конкурентное преимущество и возможность адекватно реагировать на изменчивость внешней среды.

5. Последовательность. Важным фактором при проектировании и реализации целевой архитектуры является последовательность внедрения компонентов. Последовательность позволяет системе эволюционировать и улучшаться шаг за шагом, предотвращает возникновение проблем и минимизирует риски. Правильно спланированная последовательность внедрения обеспечивает плавный переход и гарантирует стабильность и надежность работы системы.
6. Управление изменениями. Необходимо уделять внимание эффективному управлению процессом изменения архитектуры предприятия. Это включает в себя контроль над изменениями, оценку их влияния на систему, планирование перехода исходя из требований и целей предприятия, а также предоставление поддержки и обучения для персонала. Управление изменениями помогает

снизить риски и обеспечивает плавный переход к новой архитектуре.

Заключение

В данной статье был проведен аналитический обзор концепций архитектуры предприятия с использованием отечественных наукометрических баз данных. С помощью данного ресурса было найдено почти 100 публикаций, по ключевым словам, а после анализа было найдено 30 публикаций, подходящих для анализа. Отобранные публикации позволили выявить наиболее часто используемые нотации: методология Захмана, методология TOGAF, методология FEA и методология Gartner. В ходе исследования были также выявлены основные проблемы, связанные с реализацией архитектуры предприятия, которые можно разделить на три категории: моделирование, управление и поддержка. Также был проведен анализ наиболее популярных нотаций с точки зрения их применимости. Для описания архитектур предприятий реального сектора экономики наиболее подходящим является фреймворк TOGAF, который позволит как описывать все аспекты предприятия на любом уровне детализации, так и применять инструменты для хранения и версионирования результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gartner, Gartner IT Glossary—Enterprise Architecture (EA), (2016) . Gartner.
2. Schekkerman J. How to survive in the jungle of enterprise architecture frameworks: Creating or choosing an enterprise architecture framework. — Trafford Publishing, 2004.
3. Dumitriu D., Popescu M.A.M. Enterprise architecture framework design in IT management //Procedia Manufacturing. — 2020. — Т. 46. — С. 932–940.
4. Li H., Williams T.J. The interconnected chain of enterprises as presented by the Purdue Enterprise Reference Architecture //Computers in Industry. — 2000. — Т. 42. — № 2–3. — С. 265–274.
5. Chaharsooghi K., Achachlouei M.A. Developing life-cycle phases for the DoDAF using ISO15704 Annex A (GERAM) //Computers in industry. — 2011. — Т. 62. — № 3. — С. 253–259.
6. ГОСТ Р 57100-2016/ISO/IEC/IEEE 42010:2011. НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. Системная и программная инженерия
7. Kitchenham, B. (2004). Procedures for performing systematic reviews. Keele, UK, Keele University. 33, 2004.
8. Feak, C.B., & Swales, J.M. (2009). Telling a Research Story: Writing a Literature Review. English in Today's Research World 2. Ann Arbor: University of Michigan Press. doi: 10.3998/mpub.309338
9. Ненахова А. Управление процессом реализации стратегии через информационную архитектуру предприятия / А. Ненахова / — Текст: непосредственный // Т-СОММ: ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И ТРАНСПОРТ. Т1. — № 5-6. — 2007. — С. 17–19.
10. Федотова Е.Л., Коновалов А.В. Реализация сервис-ориентированной архитектуры в масштабах системы управления предприятием «ASYS BPM» / Е.Л. Федотова, А.В. Коновалов / — Текст: непосредственный // ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ. — № 2. — 2009. — С. 23–26.
11. Анисифоров А.Б., Дубгорн А.С. Научные принципы развития архитектуры информационных систем и их реализация в управлении организационно-экономическими преобразованиями на предприятии / А.Б. Анисифоров, А.С. Дубгорн / — Текст: непосредственный // НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ НИУ ИТМО. СЕРИЯ: ЭКОНОМИКА И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ. — № 4. — 2019. — С. 31–40.
12. Беляева Т.П., Зольников В.К. Архитектура системы управления предприятиями микроэлектроники и ее реализация в виде программного обеспечения / Т.П. Беляева, В.К. Зольников / — Текст: непосредственный // ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. — № 6. — 2011. — С. 127–130.
13. Ребий Е.Ю. Портфельное моделирование и отбор проектов реализации стратегии инновации с учетом сетевой архитектуры управления на предприятиях промышленного комплекса / Е.Ю. Ребий / Т.П. Беляева, В.К. Зольников / — Текст: непосредственный // ВЕСТНИК СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА. — № 6(39). — 2013. — С. 268–272.
14. Анисифоров А.Б. Менеджмент бизнес-процессов и методы реализации процессного подхода в системной и бизнес-архитектуре предприятия / А.Б. Анисифоров / — Текст: непосредственный // ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ, ЭКОНОМИКИ И ТОРГОВЛИ. — 2017. — С. 3–14.

15. Бесклеяная О.С., Степаненко В.Е. Средства реализации сервис-ориентированной архитектуры на примере обмена нормативно-справочной информацией обособленных подразделений предприятия / О.С. Бесклеяная, В.Е. Степаненко / — Текст: непосредственный // НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ТВОРЧЕСТВО АСПИРАНТОВ И СТУДЕНТОВ. — 2017. — С. 125–128.
16. Краснокутский Е.Л. Формирование архитектуры системы проектного управления клиентоориентированной компании на основе комплексного моделирования бизнес-процессов / Краснокутский Е.Л. / — Текст: непосредственный // НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ИННОВАЦИИ: АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ. — 2021. — С. 10–12.
17. Саха П. Методология преобразования правительства на основе архитектуры предприятия. Часть 1 / Саха П. / — Текст: непосредственный // ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО. — № 2. — 2009. — С. 6–20.
18. Методология преобразования правительства на основе архитектуры предприятия. Часть 2.
19. Кудрявцев Д.В., Арзуманян М.Ю. Архитектура предприятия: переход от проектирования ИТ-инфраструктуры к трансформации бизнеса. Д.В. Кудрявцев, М.Ю. Арзуманян / — Текст: непосредственный // РОССИЙСКИЙ ЖУРНАЛ МЕНЕДЖМЕНТА. Т. 15. — № 2. — 2017. — С. 193–224.
20. Григорьева А.А. Место и роль бизнес-модели в управлении архитектурой предприятия (на примере сбытовых структур ТНК) / А.А. Григорьева / — Текст: непосредственный // РОССИЙСКИЙ ЖУРНАЛ МЕНЕДЖМЕНТА. — № 2(18). — 2016. — С. 14–21.
21. Курилова А.А., Савенков Д.Л. К вопросу о диагностике архитектуры предприятия / А.А. Курилова, Д.Л. Савенков / — Текст: непосредственный // АЗИМУТ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ: ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ. — № 2(39). — 2022. — С. 45–48.
22. Ильин И.В., Левина А.И., Антипин А.Р. Моделирование бизнес-архитектуры процессной проектно-ориентированного предприятия / И.В. Ильин, А.И. Левина, А.Р. Антипин / — Текст: непосредственный // ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ. — № 9(95). — 2013. — С. 32–38.
23. Елина О.А., Елин А.В. Современные тенденции применения архитектурного подхода в цифровой трансформации предприятия / Елина О.А., Елин А.В. / — Текст: непосредственный // ВЕСТНИК УДМУРТСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. СЕРИЯ ЭКОНОМИКА И ПРАВО. — № 6. — 2021. — С. 947–954.
24. Кузин Е.И., Кузин В.Е. Управление жизненным циклом сложных технических систем: история развития, современное состояние и внедрение на машиностроительном предприятии / Е.И. Кузин, В.Е. Кузин / — Текст: непосредственный // ИНЖЕНЕРНЫЙ ЖУРНАЛ: НАУКА И ИННОВАЦИИ. — № 1(49). — 2016. — С. 4.
25. Лапшин В.С., Горбунова Н.В. Механизм формирования системы устойчивого развития предприятия / В.С. Лапшин, Н.В. Горбунова / — Текст: непосредственный // НАЦИОНАЛЬНЫЕ ИНТЕРЕСЫ: ПРИОРИТЕТЫ И БЕЗОПАСНОСТЬ. — № 36(321). — 2015. — С. 30–44.
26. Коронатов Н.Н., Ильин И.В., Гуржий А.Е. Анализ стандартов и методологии планирования архитектуры предприятия / Коронатов Н.Н., Ильин И.В., Гуржий А.Е. / — Текст: непосредственный // KANT. — № 2(39). — 2021. — С. 64–71.
27. Грубич Т.Ю. Разработка архитектуры предприятия по методологии TOGAF / Грубич Т.Ю. / — Текст: непосредственный // ЕВРОПЕЙСКИЙ ЖУРНАЛ ЭКОНОМИЧЕСКИХ НАУК И УПРАВЛЕНИЯ. — № 4. — 2016. — С. 82–84.
28. Логиновский О.В., Нестеров М.И., Шестаков А.Л. Применение методов архитектурного подхода в развитии информационной системы крупного вуза / О.В. Логиновский, М.И. Нестеров, А.Л. Шестаков / — Текст: непосредственный // ВЕСТНИК ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА. СЕРИЯ: КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, УПРАВЛЕНИЕ, РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. — № 4. — 2013. — С. 123–128.
29. Штейнгатт Е.А., Бурмистров А.Н. Обзор и сравнительная характеристика методологий разработки архитектуры предприятий / Е.А. Штейнгатт, А.Н. Бурмистров / — Текст: непосредственный // НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ВЕДОМОСТИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ. — № 3(245). — 2016. — С. 111–129.
30. Кочина С.К., Щетинина Е.Д., Добкин С.Г. Стратегическая диагностика степени гармоничности бизнес-архитектуры промышленного предприятия / С.К. Кочина, Е.Д. Щетинина, С.Г. Добкин / — Текст: непосредственный // ОБЩЕСТВО: ПОЛИТИКА, ЭКОНОМИКА, ПРАВО. — № 7(120). — 2023. — С. 57–66.
31. Абрамов И.В., Абрамова Н.В. Методика решения задач организационного управления (30У) предприятием / И.В. Абрамов, Н.В. Абрамова / — Текст: непосредственный // ЭКОНОМИКА И СОЦИУМ. — № 5-1(96). — 2022. — С. 889–923.
32. Анисифоров А.Б. Особенности проектов цифровой трансформации промышленных предприятий и некоторые аспекты подготовки к их реализации / А.Б. Анисифоров / — Текст: непосредственный // НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ НИУ ИТМО. СЕРИЯ: ЭКОНОМИКА И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ. — № 2. — 2022. — С. 32–41.
33. Анисифоров А.Б. Модель информационно-сервисной поддержки корпоративных логистических процессов в архитектуре предприятия / А.Б. Анисифоров / — Текст: непосредственный // НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ НИУ ИТМО. СЕРИЯ: ЭКОНОМИКА И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ. — № 1. — 2023. — С. 54–63.
34. Спиридонова А.В., Спиридонов С.И. Аспекты разработки целевой архитектуры проектной организации при реализации ИТ-решений / А.В. Спиридонова, С.И. Спиридонов / — Текст: непосредственный // ВЕСТНИК МАГИСТРАТУРЫ. — № 5-2(116). — 2021. — С. 92–94.
35. Королев А.С., Кюрчева С.Г. Проблематика и описание подхода к интеграции инструментов системного проектирования / А.С. Королев, С.Г. Кюрчева / — Текст: непосредственный // INTERNATIONAL JOURNAL OF OPEN INFORMATION TECHNOLOGIES. — № 8. — 2021. — С. 16–22.
36. Колбанёв М.О., Сущева Н.В., Шамин А.А. Архитектурный подход к описанию интегрированной информационной системы евразийского экономического союза / М.О. Колбанёв, Н.В. Сущева, А.А. Шамин / — Текст: непосредственный // INTERNATIONAL JOURNAL OF OPEN INFORMATION TECHNOLOGIES. — № 9. — 2023. — С. 134–140.
37. Литвинова О.Г. Методика экспресс-анализа эффективности архитектуры предприятия / О.Г. Литвинова / отчет о НИР/НИОКР (итоговый)
38. Жукова Т.В. Пути улучшения использования ИТ-архитектуры предприятия / Т.В. Жукова / — Текст: непосредственный // ЕСТЕСТВЕННО-ГУМАНИТАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. — № 4(48). — 2023. — С. 142–145.
39. Zachman, J.A. Extending and formalising the framework of information systems architecture / John A Zachman and John F. Sowa IBM Systems Journal. — 1992. — Vol. 31, No 3.
40. Welcome to TOGAF. Version 9.1 Enterprise Edition // The Open Group, 2014. — URL: <http://www.opengroup.org/togaf/> (дата обращения: 21.02.2024).

41. Roger Sessions. A Comparison of the Top Four Enterprise-Architecture Methodologies // ObjectWatch, 2007. — URL: <https://pubs.opengroup.org/togaf-standard/adm/chap01.html> (дата обращения: 05.04.2024).
42. Darvish Rouhani, B., Nazri Mahrin, M., Nikpay, F., and Darvish Rouhani, B. (2014). Current Issues on Enterprise Architecture Implementation Methodology. The 2014 World Conference on Information Systems and Technologies (WorldCIST'14). 15-18 April. Portugal.
43. The Chief Information Officers Council (1999). Federal Enterprise Architecture Framework, Version 1.1. September 1999
44. Bellman B., Rausch F. Enterprise architecture for e-government //International Conference on Electronic Government. — Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004. — С. 48–56.
45. Gartner: Gartner Identifies the Top 10 Strategic Technologies for 2017 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1454221> (дата обращения: 14.04.2024).

© Щиголь Александр Степанович (Alexander.Shchigol@urfu.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОЦЕНКА РАСПРОСТРАНЕННОСТИ МОЧЕКАМЕННОЙ БОЛЕЗНИ У БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН: МЕТА-АНАЛИЗ

UREA DISEASE PREVALENCE ESTIMATE IN PREGNANT WOMEN: META-ANALYSIS

V. Bagryantsev

Summary. Urea disease during pregnancy is a serious health problem and can have a negative impact on the well-being of both the expectant mother and the child. The treatment of this condition often requires the joint participation of an obstetrician-gynecologist, a doctor of functional diagnosis and a urologist. In addition, undesirable effects associated with the use of anesthesia, radiation, drugs and surgical interventions for both the mother and the child limit the possibility of using the full range of diagnostic and therapeutic methods used in non-pregnant women. *The purpose of the study.* Conduct a meta-analysis based on a systematic review of evidence to assess the incidence of urolithiasis in pregnant women. *Material and methods.* The search for literature sources was performed on bibliographic databases of eLibrary and PubMed (Medline), in accordance with the recommendations contained in the reporting for system reviews and meta-analyses (PRISMA), and the guidelines described in the Cochrane Manual. Data for were obtained from the results of 9 clinical studies conducted by different authors for 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 and 2023 among 3,444 participants. The weighted average for continuous variables with 95 % confidence interval and heterogeneity of data based on I2 value in percentage. *Results.* The prevalence of urolithiasis in pregnant women ranges from 30.189 % (CI: 23.171–37.962) to 43.956 % (CI: 38.787–49.224); from 35.109 % (DI: 31.851–38.473) to 73.714 % (DI: 66.539–80.068); from 15.531 % (DI: 11.980–19.650) to 17.510 % (DI: 13.068–22.719); from 26.904 % (DI: 23.835–30.146) to 50.802 % (DI: 43.407–58.172); and 24.299 % (DI: 19.708–29.372), respectively. Ultimately, the effect of random factors showed different true values relative to the total average. *Conclusion.* The prevalence of urolithiasis among pregnant women ranges from 30.189 % (CI: 23.171–37.962) to 26.904 % (CI: 23.835–30.146), which is statistically significant and associated with the place of residence of the pregnant woman and depends on the impact of specific risk factors. The patterns identified are only the first step in a scientific study to study the prevalence of urolithiasis among pregnant women. Identification of risk factors will help to develop a program of preventive measures to prevent possible complications of this pathology and improve the health of pregnant women.

Keywords: pregnancy, urolithiasis, meta-analysis, prevalence, risk factors.

Багрянцев Владимир Алексеевич

клинический ординатор
ФГБОУ ВО Ярославский государственный медицинский
университет Минздрава России
Vladimir.bagryantsev.99@mail.ru

Аннотация. Мочекаменная болезнь во время беременности представляет собой серьезную проблему для здоровья и может оказать негативное воздействие на самочувствие как будущей мамы, так и ребенка. Для лечения этого состояния часто необходимо совместное участие акушера— гинеколога, врача функционального диагноста и уролога. Кроме того, нежелательные эффекты, связанные с применением анестезии, облучением, лекарственными препаратами и хирургическими вмешательствами как для матери, так и для ребенка, ограничивают возможности использования всего спектра диагностических и терапевтических методов, применяемых у небеременных женщин.

Цель исследования. Провести мета-анализ на основании систематического обзора фактических данных по оценке частоты встречаемости мочекаменной болезни у беременных женщин. **Материал и методы.** Поиск источников литературы выполнен по библиографическим базам данных eLibrary и PubMed (Medline), в соответствии с рекомендациями, содержащими в отчетности для системных обзоров и мета-анализов (PRISMA), и руководящими принципами, описанными в Кокрановском руководстве. Данные для были получены из результатов 9 клинических исследований, проведенных разными авторами за 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 и 2023 годы среди 3444 участников. Оценивались средневзвешенное значение для непрерывных переменных с 95 % доверительным интервалом и гетерогенность данных на основании значения I2 в процентах. **Результаты.** Распространенность мочекаменной болезни у беременных составила от 30,189 % (ДИ: 23,171–37,962) до 43,956 % (ДИ: 38,787–49,224); от 35,109 % (ДИ: 31,851–38,473) до 73,714 % (ДИ: 66,539–80,068); от 15,531 % (ДИ: 11,980–19,650) до 17,510 % (ДИ: 13,068–22,719); от 26,904 % (ДИ: 23,835–30,146) до 50,802 % (ДИ: 43,407–58,172); и 24,299 % (ДИ: 19,708–29,372), соответственно. В конечном итоге, эффект случайных факторов показал различные истинные величины относительно общего среднего.

Заключение. Распространенность мочекаменной болезни среди беременных женщин колеблется 30,189 % (ДИ: 23,171–37,962) до 26,904 % (ДИ: 23,835–30,146), что является статистически значимым и связано с местом проживания беременной и зависит от воздействия конкретных факторов риска.

Выявленные закономерности — это лишь первый шаг в научном исследовании по изучению распространенности мочекаменной болезни среди беременных женщин. Идентификация факторов риска поможет разработать программу профилактических мер для предотвращения возможных осложнений данной патологии и улучшения здоровья беременных.

Ключевые слова: беременность, мочекаменная болезнь, мета-анализ, распространенность, факторы риска.

Актуальность

Исследование состояния здоровья населения вообще и беременных женщин в частности, а также действий на них различных факторов среды остается актуальной проблемой современной медицины.

Мочекаменная болезнь (МКБ) в период беременности является серьезной проблемой для здоровья как матери, так и плода. Она считается наиболее частой причиной люмбо-абдоминальных болей у беременных. МКБ может быть связана с обструкцией мочеточника, инфекцией верхних мочевыводящих путей с развитием уросепсиса или околопочечного абсцесса, которые требуют экстренной госпитализации и вмешательства. В свою очередь это причиняет значительный вред здоровью. Кроме того, это состояние может спровоцировать преждевременные роды или помешать нормальному течению родов, что представляет значительный риск для здоровья плода. Это подчеркивает социальную значимость как в контексте системы здравоохранения, так и с демографической точки зрения для страны в целом. [1,2,3,4] Поэтому, часто требуется одновременное комплексное участие специалистов различных областей, включая уролога, функционального диагноста и акушера-гинеколога. Также побочные эффекты, связанные с применением анестезии, облучения, лекарств и хирургических вмешательств как для матери, так и для плода, ограничивают использование полного спектра диагностических и терапевтических методов, применяемых у небеременных женщин. [5,6,7]

Осложненное течение мочекаменной болезни в период беременности может привести к длительной потере трудоспособности и инвалидности, что приведет к значительным прямым и косвенным расходам на дорогостоящее лечение и реабилитацию пациентов. Эти факторы вызывают значительный экономический ущерб [8,9].

В течение последних десятилетий мета-анализы занимают очень важное место в доказательной медицине и становятся все более значимыми в области здравоохранения. Они используют четкие математические критерии для оценки веса проведенных исследований, их влияния на итоговый результат и выводы. [10,11,12,13].

В настоящее время работ, посвященных анализу статистических данных по оценке распространенности беременных женщин с мочекаменной болезнью в Российской Федерации не проводилось.

Цель исследования

Провести мета-анализ на основании систематического обзора фактических данных по оценке частоты встре-

чаемости и особенности введения беременных женщин с мочекаменной болезнью.

Материал и методы

Был проведен мета-анализ, основанный на данных из библиографических баз данных eLibrary и PubMed (Medline) в соответствии с рекомендациями (PRISMA) для системных обзоров и мета-анализов, а также принципами из Кокрановского руководства [14]. Информация была извлечена из 9 клинических исследований, проведенных различными авторами с 2018 по 2023 год, включая 3444 участника.

Данные были проанализированы с помощью программного обеспечения MedCalc® Statistical Software версии 22.009 (MedCalc Software Ltd, Ostend, Belgium; <https://www.medcalc.org>; 2023). В данном анализе использовался метод пропорций. Для непрерывных переменных были рассчитаны средние значения с 95 % доверительным интервалом (ДИ), в то время как для дихотомических переменных использовалось отношение шансов (OR) с соответствующим 95 % доверительным интервалом. Значимыми считались статистические показатели с уровнем значимости $P < 0.05$. Гетерогенность была оценена на основе значения I^2 в процентах, согласно клиническим исследованиям, доступным в базах данных eLibrary и PubMed. Меньшие значения процента гетерогенности указывают на более однородные данные в объединенной выборке, что в свою очередь делает оценку эффекта, полученную в результате мета-анализа, более точной и достоверной.

$I^2 = 0\%$ — гетерогенность отсутствует (исследования абсолютно однородны); $I^2 = 25\%$ — низкая гетерогенность (неоднородностью исследований можно пренебречь); $I^2 = 50\%$ — умеренная гетерогенность (исследования неоднородны, но ошибки от этого не фатальны, однако предпочтительно ее учитывать в методах обработки данных); $I^2 = 75\%$ — высокая гетерогенность (неоднородность исследований должна быть принята во внимание и учтена в методах обработки данных).

При этом для каждого показателя I^2 оценивалась достоверность.

Для оценки предвзятости данных использовался визуальный анализ результатов мета-анализа в графическом формате.

Критерии соответствия

Ретроспективные независимые исследования по данным различных авторов за период наблюдения с 2018–2023 гг. по России и Зарубежья, в которых непосредственно фигурировали показатели превалентности по интересующей нас нозологии.

Условия проведения

Работа выполнена на базе ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» МЗ РФ (ректор проф. академик РАН Хохлов А.Л.) ИНПО ФГБОУ ВО «Ярославского государственного медицинского университета» Минздрава России (г. Ярославль).

Продолжительность исследования

Ретроспективная продолжительность периода наблюдения за период с 2018–2023 гг. по России и Зарубежья, среди беременных женщин страдающих мочекаменной болезнью.

Этическая экспертиза

При выполнении работы соблюдались этические принципы проведения биомедицинских исследований, одобренные этическим комитетом Ярославского государственного медицинского университета Минздрава России (протокол заседания № 62 от 29 июня 2023 г.).

Основные результаты исследования

При изучении распространенности беременных женщин с мочекаменной болезнью мы обнаружили определенные закономерности.

Распространенность мочекаменной болезни у беременных за период наблюдения с 2018–2023 гг. в изучаемой популяции составила 30,189 % (ДИ: 23,171–37,962) до 43,956 % (ДИ: 38,787–49,224); от 35,109 % (ДИ: 31,851–38,473) до 73,714 % (ДИ: 66,539–80,068); от 15,531 % (ДИ: 11,980–19,650) до 17,510 % (ДИ: 13,068–22,719); от 26,904 % (ДИ: 23,835–30,146) до 50,802 % (ДИ: 43,407–58,172); и 24,299 % (ДИ: 19,708–29,372), соответственно (табл.1).

Таблица 1.

Характеристика работ включенных в исследование

Изучено	Про-порция (%)	Доверительный интервал (95% CI)	Вес (%)	
			Фиксированный эффект	Случайный эффект
Базаев В.В (2018)	30,189	23,171–37,962	4,63	10,82
ЧАЙКА В.К. (2019)	43,956	38,787–49,224	10,57	11,20
Котов С.В. (2020)	35,109	31,851–38,473	23,95	11,38
Майкл С.В (2020)	73,714	66,539–80,068	5,10	10,88
Mehmet Demir (2021)	15,531	11,980–19,650	10,66	11,20

Изучено	Про-порция (%)	Доверительный интервал (95% CI)	Вес (%)	
			Фиксированный эффект	Случайный эффект
Abhishek Shukla (2022)	17,510	13,068–22,719	7,47	11,07
Maomao He (2022)	26,904	23,835–30,146	22,85	11,37
Никольская (2023)	50,802	43,407–58,172	5,44	10,92
Madison Lyon (2023)	24,299	19,708–29,372	9,33	11,16
Итого (фиксированный эффект)	31,868	30,316–33,452	100,00	100,00
Итого (случайный эффект)	34,557	25,158–44,609	100,00	100,00

Обсуждение результатов исследования

Результаты мета-анализа показали различные уровни распространенности мочекаменной болезни среди беременных в разные временные периоды. При проведении анализа на гетерогенность было обнаружено, что исследования, включенные в мета-анализ, имели значительные различия друг от друга. I² составил 97,22 % (ДИ: 96,06–98,04) при P < 0,0001, случайный эффект реализации 34,557 % (ДИ: 25,158–44,609);

Коэффициент ранговой корреляции Тау Кендалла показал достоверные величины и составил 0,2778 при P = 0,2971

В вышеупомянутом шестилетнем периоде наблюдений была обнаружена значительная гетерогенность в выборках, что указывает на различие мест проживания и наличие внешних факторов, влияющих на распространенность изучаемой патологии среди беременных женщин в разные временные интервалы исследования.

При наглядном представлении полученных результатов на форест-графике и воронкообразной диаграмме, очевидны статистически значимые различия сравниваемых групп. Систематическая ошибка представлена на воронкообразной диаграмме рассеяния результатов каждого отдельного исследования в координатах «величина эффекта-размер выборки» (рис. 1, 2).

На графике (рис. 1) видно, что сохраняется определенная степень вариаций распространенности мочекаменной болезни среди беременных за период наблюдений с 2018–2023 гг. относительно генеральной средней. В каждой изучаемой группе беременных имеются различные истинные размеры эффекта, при этом за период

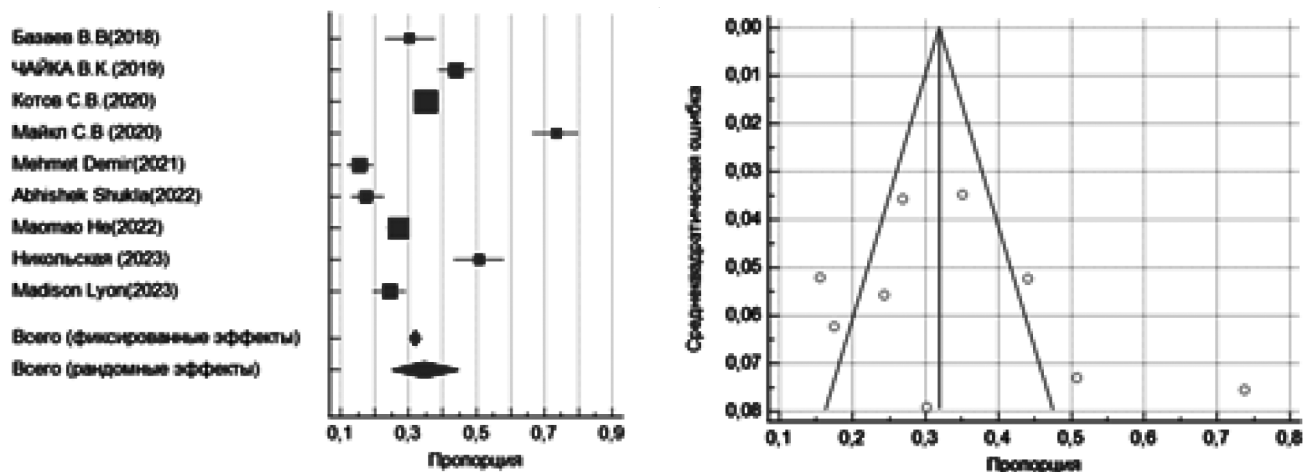


Рис. 1. Forest plot и funnel plot показателей групп, включенных в исследование с мочекаменной болезнью у беременных

2018–2021 гг. они соответствуют нормальному распределению относительно общей средней всех исследований при стандартной ошибке 0,7. (рис. 2).

Проведенный мета-анализ показывает высокую гетерогенность (низкие диапазоны взаимного перекрещения ДИ) распространенности данного заболевания, вероятно, связанную с местом проживания беременных и влияющих на них конкретных факторов риска.

Результаты нашего исследования представляют собой первый этап в решении научной задачи, которая направлена на улучшение подходов к оказанию помощи беременным женщинам с мочекаменной болезнью, осложнённой развитием почечной колики.

Заключение

На основе проведенного мета-анализа мы обнаружили, что за шестилетний период наблюдений встречаемо-

сти мочекаменной болезни среди беременных женщин колеблется от 30,189 % (ДИ: 23,171–37,962) до 26,904 % (ДИ: 23,835–30,146), что указывает на высокую гетерогенность распространения заболевания. Полученное разнообразие показателей не случайно. Оно говорит нам о том, что воздействие различных факторов риска камнеобразования во многом зависит от климатогеографического положения. Идентификация факторов риска и снижение их влияния способствуют разработке программы профилактических мер, направленных на уменьшение отсроченных осложнений данной патологии.

Выявленные статистические закономерности представляют собой лишь начальный этап в нашем научном исследовании, которое направлено на улучшение подходов к оказанию помощи беременным женщинам с мочекаменной болезнью, осложнённой развитием почечной колики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базаев В.В., Никольская И.Г., Бычкова Н.В., Уренков С.Б., Бирюкова Н.В. Обструктивная уропатия беременных, обусловленная мочекаменной болезнью. Современные подходы к лечению. *Российский вестник акушера-гинеколога*. 2018;18(1):37–43.
2. Демир М., Ягмур И., Пелит Е.С., Кати Б., Эрдек Е., Чифтчи Х. Мочекаменная болезнь и ее лечение у беременных женщин: 10-летний клинический опыт в одном центре. *Cureus*. 2021, 7 марта;13(3): e13752. doi: 10.7759/cureus.13752.
3. Котов С.В., Перов Р.А., Беломытцев С.В., Пульбере С.А., Низин П.Ю. Лечение обструктивной уropатии у беременных: опыт многопрофильного московского стационара. *Экспериментальная и клиническая урология* 2020;13(5):106–112, <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2020-13-5-106-112>
4. В.К. Чайка, Ю.Ю. Малинин, А.Н. Роговой, Т.М. Мурадов, И.И. Левченко, В.С. Стрионова // Обструкция мочевыводящих путей у беременных: совместный взгляд акушера-гинеколога и уролога. *Медико-социальные проблемы семьи*. — 2019. — Т. 24, № 1. — С. 5–10.
5. Лайон М., Сан А., Шах А., Лларена Н., Демпстер С., Сивалингам С., Калле Дж., Гадани С., Зампини А., Де С. Сравнение радиационного облучения беременных пациенток, которым требуется вмешательство при подозрении на обструктивный нефролитиаз. *Урология*. 2023 декабрь;182:61–66. doi: 10.1016/j.urology.2023.09.023.
6. Майкл С. Жирный, Джеймс Х. Бойум, Аарон М. Потретцке, Карл Х. Роуз, Томас Д. Этвелл, Эрик Б. Свиггам, Брайан Си Госс, Дуглас Л. Браун. Обнаружение камраей дистального отдела мочеточника при беременности с помощью трансвагинального ультразвукового исследования. *Ультразвуковое исследование*. 2021 декабрь; 24 (4): 397–402. doi: 10.1007/s40477-020-00504-4.

7. Сохлберг Э.М., Брубейкер В.Д., Чжан К.А., Андеррегг Л.Д., Даллас К.Б., Сонг С., Ганесан С., Чертоу Г.М., Пао А.К., Ляо Дж.К., Лепперт Дж. Т., Эллиотт К.С., Конти С.Л. Мочекаменная болезнь при беременности: анализ жалоб 1,4 миллиона пациенток. Июль 2020 года, май; 203 (5):957–961. doi: 10.1097/JU.0000000000000657.
8. Никольская И.Г., Бычкова Н.В., Прокопенко Е.И., //Инфекция мочевыводящих путей у беременных с хронической болезнью почек и обструктивной уропатией — неотложное состояние. Московский областной научно-исследовательский институт акушерства и гинекологии. 2023.
9. Хе М, Лин Х, Лей М, Сюй Х, Хе З. Выявление беременных женщин с почечной коликой, которым может потребоваться хирургическое вмешательство. BMC Urol. 2022, 7 марта;22(1):30. doi: 10.1186/s12894-022-00985-x. PMID: 35255882; PMCID: PMC8903555
10. Белов Ю.В., Салагаев Г.И., Лысенко А.В., и др. Мета-анализ в медицине // Хирургия. 2018. № 3. С. 4–10.
11. Реброва О.Ю., Федяева В.К. Мета-анализы и оценка их методологического качества. Русскоязычная версия вопросника AMSTAR // Медицинские технологии: оценка и выбор. 2016. № 1. С. 10–16.
12. Petitti D.B. Meta-analysis, Decision Analysis and Cost-effectiveness Analysis: Methods for Quantitative Synthesis in Medicine, 2nd ed. New York: Oxford University Press; 2000.
13. Джон М. Ласт. ред. Эпидемиологический словарь для Междунар. эпидемиологической ассоц. М.: Глобус; 2009.
14. Higgins JPT, Green S. Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 5.1.0. 2011. London, UK: TheCochrane Collaboration. Available at www.cochrane-handbook.org. Accessed March 2011.

© Багрянцев Владимир Алексеевич (Vladimir.bagryantsev.99@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛЕЧЕНИЯ ПАРАКОЛОСТОМИЧЕСКИХ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ

OPTIMIZATION OF THE TREATMENT OF PARACOLOSTOMY INFLAMMATORY COMPLICATIONS

E. Berch
A. Smolkina
A. Kartashev
S. Belova
S. Filippova

Summary. The paper presents clinical material concerning 246 patients who were on outpatient treatment in the office of stomatological patients on the basis of the Ulyanovsk Regional Clinical Center for Specialized Types of Medical Care named after Honored Physician E.M. Chuchkalov from 2019 to 2021, where the clinical base of surgical departments of the T.Z. Biktimirov Medical Faculty of Ulyanovsk State University is located, having paracolostomy complications in the form of fistulas and dermatitis. The authors have developed an original method for healing and preventing inflammatory complications after colostomy removal, which consists in the fact that after removing the suppurated suture material or tube for fixing the stoma, the affected areas are washed with an antiseptic solution and after which the affected areas are soaked with gauze napkins to complete, if possible, dryness in the wound. Then a powder mixture consisting of modified cotton cellulose and sulfonamide in a ratio of 1:1 is prepared. A mixture of powders is distributed around the stoma to the affected areas, and rehabilitation products are glued on top. The average period of complete healing of fistulas in the first group, according to the authors' method, was 21.4 ± 5.4 days, in the second — 28.8 ± 8.4 ($p < 0.05$).

Keywords: colostomy, intestinal anastomoses, paracolostomy complications, parastomal dermatitis, paracolostomy fistula.

Берч Екатерина Дмитриевна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Ульяновский
государственный университет»
berched@mail.ru

Смолякина Антонина Васильевна

Доктор медицинских наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»
smolant1@yandex.ru

Карташев Александр Александрович

Кандидат медицинских наук, врач-колопроктолог,
ГУЗ «Ульяновский областной клинический центр
специализированных видов медицинской помощи
им. Е.М. Чучкалова»
alexandermd@yandex.ru

Белова Светлана Викторовна

Кандидат медицинских наук, доцент, доцент,
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»
belovansv@yandex.ru

Филиппова Светлана Ивановна

Кандидат медицинских наук, доцент, доцент,
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»
filippova_si@mail.ru

Аннотация. В работе представлен клинический материал, касающийся 246 пациентов, которые находились на амбулаторном лечении в кабинете стомированных больных на базе «Ульяновского Областного клинического центра специализированных видов медицинской помощи имени заслуженного врача Е.М. Чучкалова» с 2019 по 2021 год, где располагается клиническая база хирургических кафедр медицинского факультета им. Т.З. Биктимирова Ульяновского государственного университета, имеющие параколостомические осложнения в виде свищей и дерматитов. Авторами разработан оригинальный способ заживления и профилактики воспалительных осложнений после выведения колостомы, заключающийся в том, что после снятия нагноившегося шовного материала или трубки для фиксации стомы пораженные участки промывают антисептическим раствором и после чего пораженные участки промокают марлевыми салфетками до полной, по возможности, сухости в ране. Затем готовят смесь порошков, состоящую из модифицированной хлопковой целлюлозы и сульфаниламида в соотношении 1:1. Смесь порошков распределяется вокруг стомы на пораженные участки, а поверх приклеивают средства реабилитации. Средний срок полного заживления свищей в первой группе, по методике авторов, составил $21,4 \pm 5,4$ день, во второй — $28,8 \pm 8,4$ ($p < 0,05$).

Ключевые слова: колостома, кишечные анастомозы, паракорлостомические осложнения, парастомальный дерматит, параколостомический свищ.

Введение

С целью наружного отведения или декомпрессии ободочной кишки по поводу доброкачественных или злокачественных заболеваний желудочно-кишечного тракта может применяться колостомия, как в экстренных, так и в плановых хирургических ситуациях [1]. Наиболее распространенные типы стомы включают колостому (толстая кишка), илеостомия (тонкая кишка) и уростома или подвздошно-кишечный канал (мочевой). Фекальные отведения (колостомы или илеостомы) более распространены, чем для отведения мочи [2]. Исследования показали, что до 70 % пациентов при колостомии возникают колостомические осложнения [3]. Несмотря на прогрессивное развитие хирургической техники и разработке комплексной медико-социальной программы реабилитации стомированных больных, осложнения, связанные с наличием кишечных стом все еще распространены [4]. Частота развитий параколостомических осложнений зависит от многих факторов начиная от техники выполнения колостомы, наличия воспалительных заболеваний кишечника, заканчивая высоким индексом массы тела и пожилой возраст [5]. Самый распространенный физические осложнения включают перистомальный раздражающий дерматит, болевой синдром в колостоме, кровотечение из стомы, некроз, пролапс стомы, стеноз стомы, отделение слизистой оболочки стомы, грыжа вокруг или рядом со стомой, свищ, инфицирование и ретракция стомы [6].

Методология

В работе представлен клинический материал, касающийся 246 пациентов, которые находились на амбулаторном лечении в кабинете стомированных больных на базе «Ульяновского Областного клинического центра специализированных видов медицинской помощи имени заслуженного врача Е.М. Чучкалова» с 2019 по 2021 год, где располагается клиническая база хирургических кафедр медицинского факультета им. Т.З. Биктимирова Ульяновского государственного университета. Работа выполнена с информированного согласия пациентов и разрешения этического комитета Института медицины, экологии и физической культуры Ульяновского государственного университета в соответствии с законодательством РФ и Хельсинкской декларацией 1975 г. Авторы исследовали пациентов в возрасте старше 18 лет с наличием параколостомических воспалительных осложнений и не получавших адьювантную терапию. Критериями невключения стало применение химиотерапии, наличие сахарного диабета и сопутствующей патологии, требующей интенсивной терапии. Из 246 пациентов было 138 человек мужского пола и 108 пролеченных было женского пола. В зависимости от возникших параколостомальных осложнений пациенты были разделены на 2 подгруппы: с параколостомальным дерматитом и параколостомическими свищами.

Все пациенты разделены на 2 подгруппы, в зависимости от применяемого способа лечения параколостомических воспалительных осложнений. В первую группу включены пациенты, которым проводилось лечение согласно разработанному авторами способу, получившему патент на изобретение РФ [7], во вторую — пациенты, которым проводилось лечение согласно клиническим рекомендациям ФГБУ ГНЦК им. А.Н. Рыжих с хирургической обработки гнойного очага раневого процесса с применением мази «Метилурацил» или «Левомеколь» и раствор «Бетадин». Группы были сопоставимы по полу, возрасту и типам осложнения.

Оригинальный способ заживления и профилактики воспалительных осложнений после выведения колостомы заключается в том, что после снятия нагноившегося шовного материала или трубки для фиксации стомы пораженные участки промывают антисептическим раствором и после чего пораженные участки промокают марлевыми салфетками до полной, по возможности, сухости в ране. Затем готовят смесь порошков, состоящую из модифицированной хлопковой целлюлозы и сульфаниламида в соотношении 1:1. Смесь порошков распределяется вокруг стомы на пораженные участки, а поверх приклеивают средства реабилитации.

Смесь порошков используется в качестве защитной и заживляющей повязки и способствует отсутствию отеков и болевого синдрома, а так же создает в ране оптимальные условия для грануляции и эпителизации, позволяет добиться благоприятного течения послеоперационного периода (закрытие стомы) и хороших результатов лечения, а так же установлено, что использование модифицированной хлопковой целлюлозы и сульфаниламида, как средства для местного применения воспалительных осложнений, способствует более быстрому его очищению и образованию после заживления мягких рубцов. Повторная обработка будет через три дня (см. рисунок 1, 2, 3).

Результаты и обсуждение

Пациентов с параколостомическими свищами было 124 пациента, из них 58 человекам выполняли лечение авторским способом (первая группа) и 66 человек получили стандартное лечение, что составила вторую группу. При осмотре парастомальных свищей на вторые сутки после перевязки было установлено, что на поверхности ран, обработанных смесью порошков, образовалась своеобразная пленка, которая слегка стягивала края ран. Средний срок полного заживления в первой группе составил $21,4 \pm 5,4$ день, во второй — $28,8 \pm 8,4$ (см. рисунок 4). Разница между группами статистически достоверна ($p < 0,05$).

Средний срок формирования струпа в первой группе составил $5,1 \pm 2,4$ дней, во второй — $8,5 \pm 4,2$ суток. Разни-



Рис. 1. Вторая неделя после выведения колостомы — первое обращение пациента



Рис. 2. Через 4 дня после удаления лигатуры и применения смеси порошков «Целоформа» и «Стрептоцида»

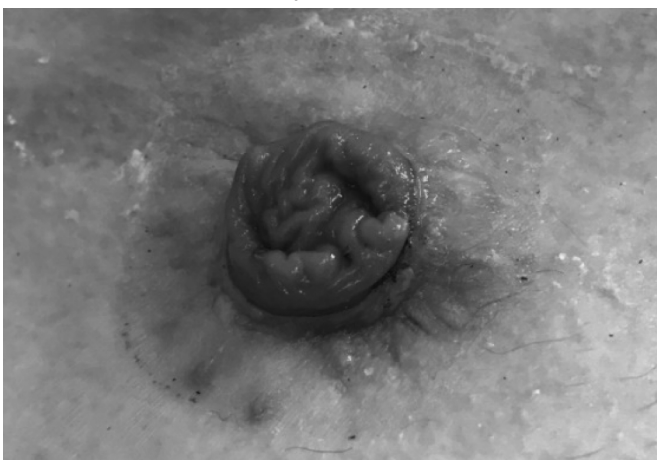


Рис. 3. Полное заживление через 21 день

ца между группами статистически достоверна ($p < 0,05$). Отмечено, что на третий и четвёртый день сформировался струп белого цвета, который отделился на 15–16 день с образованием рубцов бледно-розового цвета шириной 0,8 см. Свищи, обработанные мазью метилурацилом, на вторые сутки были заполнены сгустками крови и гнойного отделяемого, влажные. На четвертые сутки сформировался струп, который отделился на 21 день заживления. Образовавшиеся рубцы были бледно-розового цвета диаметром 1 см. Раны, обработанные раствором бетадина, в третьи сутки подсушились, на 7 день образовался струп, далее на 19 сутки образовался рубец бледно-красного цвета.

При исследовании результатов лечения пациентов с парастомальным дерматитом, в которую включено 122 пациента, из них мужчин — 65, женщин — 57, средний возраст — 59 лет.

В зависимости от способа лечения все пациенты были разделены на 2 подгруппы. В первую включены 64 пациента, которым поводилось лечение парастомального дерматита с помощью смеси препаратов модифицированной хлопковой целлюлозы и сульфаниламида. Во вторую — 58 пациентов с традиционным способом заживления дерматитов.

Средний срок заживления в первой подгруппе составил — $15,4 \pm 3,2$, во второй — $19,6 \pm 6,2$ (см. рисунок 5). Разница между группами статистически достоверна ($p < 0,05$).

Характеризуя состояние кожного дерматита у пациентов, были отмечены все признаки воспалительного процесса: гиперемия кожи, воспалительный отек вокруг стомы, при пальпации отмечалась боль.

У пациентов, перевязки которым делали с помощью мазевых средств, кожные покровы были заполнены экссудатом, а пациентам, которым заживляли смесью порошков, были чистые.

Уменьшение отека и гиперемии кожи наблюдали на третьи и четвертые сутки лечения ран с помощью смеси порошков 1:1 «целоформ» и «стрептоцид». Аналогичные изменения у пациентов заживляющими мазями отмечали на 5–6 сутки. Проявление грануляции кожи отмечали на третьи сутки, а с последующих суток отмечали постепенное уменьшение площади раневой поверхности.

При перевязках с помощью мази «метилурацил» наблюдалось отделение желтоватого экссудата, количество которого уменьшалось на девятые сутки. Появление грануляций в виде точек красного цвета фиксировали с 5–6 дня лечения, а заполнение грануляциями

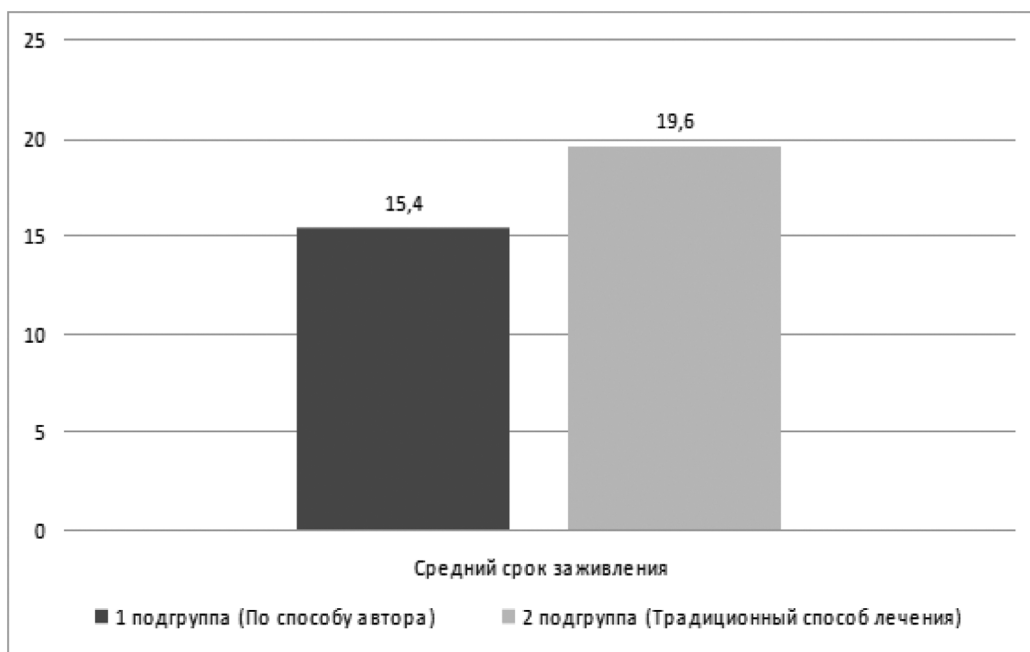


Рис. 4. Средние сроки заживления дерматитов

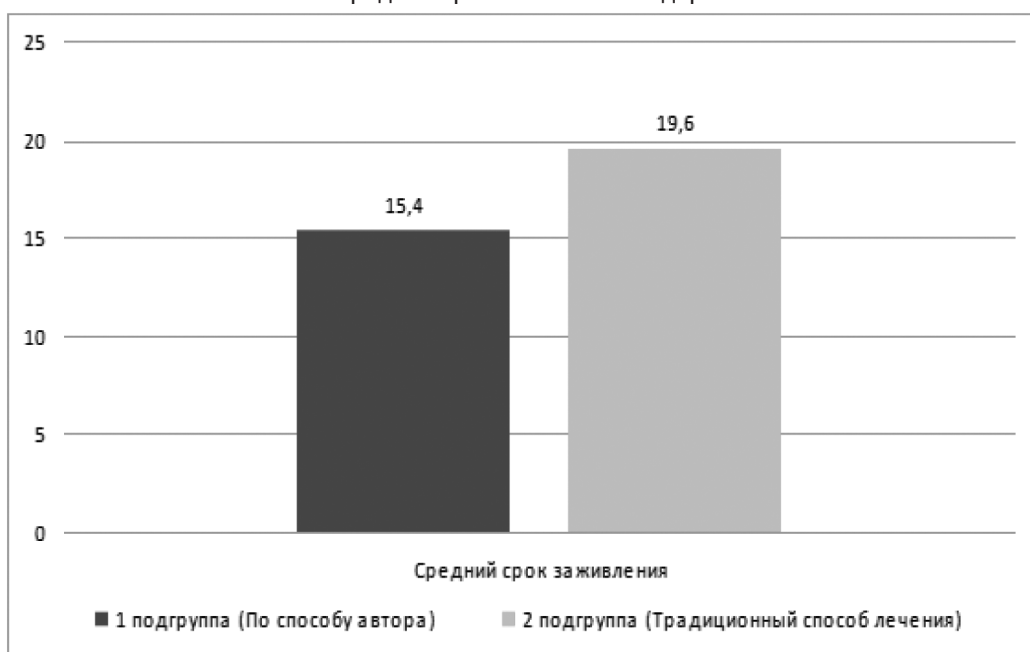


Рис. 5. Средние сроки заживления параколостомических свищей

всей поверхности наблюдали на 14–16 сутки. Начала эпителизации ран наблюдали с 8–9 дня лечения, а полная эпителизация отмечена на 20 сутки. Аналогичные изменения отмечались и в группе пациентов, которым лечение осуществлялось раствором «бетадин».

Анализирую скорость заживления параколостомического дерматита у пациентов лечившимися семью порошков 1:1 «целоформ» и «стрептоцид», позволяет заметить ускорение заживления ран в 1,1 раза по сравнению с применением других лекарственных препаратов.

Средний срок формирования в первой подгруппе составил $3,1 \pm 1,3$, во второй — $6,3 \pm 3,5$ суток. Разница между группами статистически достоверна ($p < 0,05$).

Таким образом мы получаем, что заживление осложнений при помощи разработанного авторами способа, статистически достоверно ускоряет процесс заживления у пациентов при наиболее часто встречаемых осложнениях в виде параколостомических свищей и дерматитов.

Выводы

Оптимальным способом лечения параколостомических воспалительных осложнений явилось применение смеси порошка 1:1 модифицированной хлопковой цел-

люлозы и сульфаниламида, что позволило сократить сроки заживления ран на 21,1 %, а также уменьшить размеры рубца, что является немаловажным показателем для характеристики препаратов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сопуев А.А., Сыдыков Н.Ж., Исаев Д.К. [и др.] / Сравнительная характеристика действенности различных колостом // Современные проблемы науки и образования. — 2019. — № 2. — С. 103. — EDN QOEVQI.
2. Симатов С.А., Засыпкин М.Ю., Столяров С.А., [и др.] / Спорные и нерешенные вопросы оказания помощи стомированным пациентам в амбулаторных условиях (обзор литературы) // Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье. 2019. — №5 (41). — С. 74–85.
3. A. Correa Marinez, D. Bock, S. Erestam [et al.] / Methods of colostomy construction: no effect on parastomal hernia rate: results from Stoma-const-A randomized controlled trial // Ann. Surg. — 2021. — № 273. — P. 640–647.
4. Дарбишгаджиев Ш.О., Баулин А.А., Зимин Ю.И. [и др.] / Структура осложнений при формировании и закрытии преневентивных илео— и колостом // Уральский медицинский журнал. — 2020. — № 5 (188). — С. 81–85. — DOI 10.25694/URMJ.2020.05.19. — EDN PWZVUP.
5. Babakhanlou, R., Larkin, K., Hita, A.G. [et al.] / Stoma-related complications and emergencies // Int J Emerg Med — 2022 — №15, 17. <https://doi.org/10.1186/s12245-022-00421-9>.
6. Prudhomme M, Fabbro-Peray P, Rullier E, [et al.] / Meta-analysis and Systematic Review of the Use of a Prosthetic Mesh for Prevention of Parastomal Hernia // Ann Surg. — 2021 — 274 (1) — P. 20–28. doi: 10.1097/SLA.0000000000004704. PMID: 33378298.
7. Берч Е.Д., Смолькина А.В. / Способ лечения осложнений, вызванных воспалением колостомы // Патент на изобретение РФ № 2803013. Заявл. 05.12.2022. Оpubл. 05.09.2023.

© Берч Екатерина Дмитриевна (berched@mail.ru); Смолькина Антонина Васильевна (smolant1@yandex.ru);
Карташев Александр Александрович (alexandermd@yandex.ru); Белова Светлана Викторовна (belovansv@yandex.ru);
Филиппова Светлана Ивановна (filippova_si@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ МИКСОИДНОЙ ЛИПОСАРКОМЫ БРЮШНОЙ ПОЛОСТИ

A CLINICAL CASE OF MYXOID LIPOSARCOMA OF THE ABDOMINAL CAVITY

**O. Bogonina
N. Aksenov
A. Goryachih
K. Levina
J. Yangulova**

Summary. The group of malignant formations from the mesenchyma that are not often found can be attributed to soft tissue sarcoma. This tumor consists of malignant cells that multiply rapidly and can penetrate into the surrounding tissues. These cells can also spread throughout the body, which leads to the formation of metastases in other parts of the body. One of the subtypes of liposarcomas are embryonic, which are characterized by the presence of a myxoid component in the tumor. Myxoid liposarcomas differ from other forms of adipose tissue tumors by their special morphological characteristics, prognosis and tendency to relapse. This review was conducted to draw attention to the fact that the difficulty of detecting myxoid sarcoma is an urgent problem in modern medicine. One of the main obstacles in the diagnosis of sarcoma is its similarity to other diseases, which can lead to an incorrect diagnosis and ineffective treatment. In addition, sarcoma can be difficult to detect due to its rarity and lack of specific symptoms in the early stages. A systematic review of the literature was conducted according to preferred reporting points for systematic reviews and meta-analyses in order to collect available and current evidence of the complexity of the diagnosis and treatment of myxoid liposarcoma of the abdominal cavity. An electronic search in the PubMed, Scopus and e-library databases yielded 10 articles. Out of 10 articles, only 4 met the inclusion criteria. Manual study of printed literature has not yielded results. According to the sorting criteria and on the example of a clinical case, it can be concluded that it is necessary to carry out more accurate diagnostic methods, as well as to carry out treatment methods consisting in the use of several types of therapy and various medical procedures in order to exclude complications. It is important to involve doctors from different fields of medicine in all processes.

Keywords: malignant tumor, rare tumors, liposarcoma, abdominal cavity, adipose tissue tumors.

Богонина Ольга Владимировна

Кандидат медицинских наук, доцент,
Пензенский Государственный Университет
olga.bogonina@mail.ru

Аксенов Никита Дмитриевич

Пензенский Государственный Университет
iaksenov921@gmail.com

Горячих Анастасия Сергеевна

Пензенский Государственный Университет
goracih@gmail.com

Левина Ксения Николаевна

Пензенский Государственный Университет
ksenya.levinaa@mail.ru

Янгулова Юлия Фаридовна

Пензенский Государственный Университет
yulya.yangulova@yandex.ru

Аннотация. К группе злокачественных образований из мезенхимы, относящимся к не часто встречаемым, можно отнести саркому мягких тканей. Данная опухоль состоит из злокачественных клеток, которые быстро размножаются и могут проникать в окружающие ткани. Эти клетки могут также распространяться по всему организму, что приводит к образованию метастазов в других частях тела. Одним из подтипов липосарком являются эмбриональные, которые характеризуются наличием миксоидной составляющей в опухоли. Миксоидные липосаркомы отличаются от других форм опухолей жировой ткани своими особыми морфологическими характеристиками, прогнозом и склонностью к рецидивам. Данный обзор был проведен, чтобы обратить внимание на то, что сложность выявления миксоидной саркомы является актуальной проблемой в современной медицине. Одним из главных препятствий в диагностике саркомы является ее сходство с другими заболеваниями, что может привести к неправильному диагнозу и неэффективному лечению. Кроме того, саркома может быть трудно обнаружена из-за своей редкости и отсутствия специфических симптомов на ранних стадиях. Систематический обзор литературы был проведен в соответствии с предпочтительными пунктами отчетности для систематических обзоров и метаанализов, чтобы собрать доступные и текущие доказательства сложности диагностики и лечения миксоидной липосаркомы брюшной полости. Электронный поиск в базах данных PubMed, Scopus и e-library дал 10 статей. Из 10 статей только 4 соответствовали критериям включения. Ручное изучение печатной литературы не дало результатов. Согласно критериям сортировки и на примере клинического случая, можно сделать вывод, что необходимо проводить более точные методы диагностики, так же осуществлять методы лечения, заключающиеся в использовании нескольких видов терапии и различных медицинских процедур, чтобы исключить осложнения. Важным является участие во всех процессах врачей из разных областей медицины.

Ключевые слова: злокачественная опухоль, редкие опухоли, липосаркома, брюшная полость, опухоли жировой ткани.

Липосаркома — мезенхимальная злокачественная опухоль из жировой ткани — относится к разряду редких заболеваний, основным источником ее являются адипоциты [1]. По данным Dorn и Cutter, частота липосарком среди всех злокачественных опухолей составляет 0,14 % [2].

В России миксоидные липосаркомы редко диагностируются у детей, они возникают часто в возрасте 40–60 лет, у женщин встречается реже, чем у мужчин. При заболевании поражаются чаще всего нижние конечности (47 %), и нечасто в местах выше поясничного отдела позвоночника (18 %), торс (14 %), ретроперитонеальная область (7 %). Забрюшинное положение имеют опухоли внескелетной соединительной ткани [3]. Зачастую наблюдаются случаи ретроперитонеальной злокачественной опухоли из мезенхимы, из совокупности всех сарком процент данного образования составляет половину из 100 [4]. Количество случаев эмбриональных сарком мягких тканей в КНР составляет 11 % [5]. В Америке речь идет о 12,8 % случаев данной опухоли [6].

В настоящее время выделяют четыре основных гистологических вида липосарком: миксоидная, круглоклеточная, полиморфная, высокодифференцированная [7, 8].

Наиболее часто встречающейся является — липосаркома 1-й степени злокачественности [9]. Вторым по частоте встречаемости является вид MLPS/RCLPS сравнивая с другими видами этот обладает наибольшей степенью злокачественности [10, 11].

Миксоидные (эмбриональные) липосаркомы наиболее часто локализуются в толще мягких тканей бедра и в других частях нижней конечности [12]. Повышенные рецидивы и замедленная прогрессия опухоли без внешних признаков проявления заболевания характерны для описанной выше опухоли [13]. Диагностирование данной липосаркомы вызывает сложность не только при исследовании анамнеза и осмотре, но и обследование биопсийного материала из-за наличия в нем мезенхимального происхождения клеток, которые затрудняют дифференциальную диагностику заболевания, так как характерны и для других образований. Главным способом терапии является оперативное вмешательство, но нечасто удается полностью удалить образование мягких тканей [14]. При миксоидной липосаркоме редко применяют в качестве лечения медикаменты, так как их результат не превышает 20 %. Следуя из этого наиболее эффективным методом, является комплексное лечение, которое включает в себя оперативное вмешательство, медикаментозное лечение и радиотерапию [15]. Достижение наилучших результатов для пациентов с данной патологией обеспечивает накопление клинического опыта по благополучным исходам лечения.

Цель исследования — ознакомить практических врачей различных специальностей с редкой формой миксоидной липосаркомы брюшной полости для своевременной постановки данного диагноза на ранних сроках и предотвращения последующих тяжелых осложнений путем эффективного лечения.

Описание клинического случая

Пациентка К., 73 года, тринадцатого марта 2023 года поступила в хирургическое отделение №2 ГБУЗ «Клиническая больница № 6 им. Г.А. Захарьина» в плановом порядке на оперативное лечение с диагнозом желчнокаменная болезнь (ЖКБ). Хронический калькулезный холецистит. Киста брюшной полости.

На момент поступления больная отмечала жалобы на периодическую тупую боль в правом подреберье. Страдает ЖКБ около 3 лет, на протяжении которых возникали приступы интенсивной боли в правом подреберье. Приступам часто предшествовал прием обильной жареной, жирной или острой пищи.

При объективном обследовании можно отметить, что состояние больной удовлетворительное, температура тела — 36,8 °С. Кожа и видимые слизистые оболочки бледно-розовые. Язык влажный, чистый, без патологий. Живот не вздут, симметричный, участвует в акте дыхания. При пальпации он мягкий, безболезненный.

По результатам УЗИ органов брюшной полости были обнаружены конкременты в желчном пузыре и киста в подпеченочном пространстве.

Была выполнена экскреторная урография, с целью исключения связи обнаруженной кисты с правой почкой. В результате данного обследования было выявлено отсутствие связи кисты. Функция почек патологий не имеет.

Была так же проведена компьютерная томография (КТ). По данным исследования связь жидкостного образования с другими структурами брюшной полости (печенью, поджелудочной железой, магистральными сосудами) не отмечено (ни в венозную, ни в артериальную фазы исследования).

Предположительный предоперационный диагноз: Желчнокаменная болезнь. Хронический калькулезный холецистит. Солитарная киста брюшной полости.

Шестнадцатого марта 2023 года под эндотрахеальной комбинированной анестезией (КЭН) была выполнена верхняя срединная лапаротомия для доступа к органам верхнего этажа брюшной полости. Методика осуществления доступа: произвели послойное рассечение мягких тканей по белой линии живота от мечевидного отростка до пупка. При адекватной ревизии обнаружено, что в большом сальнике находится многокамерное, чет-

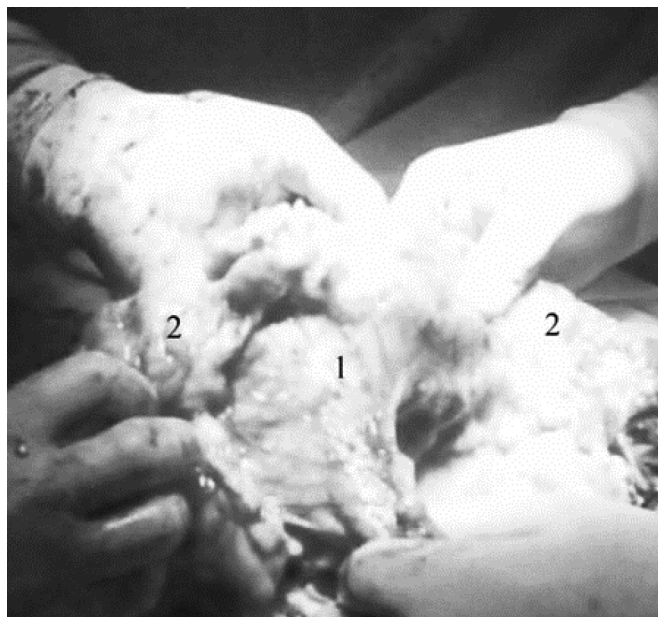
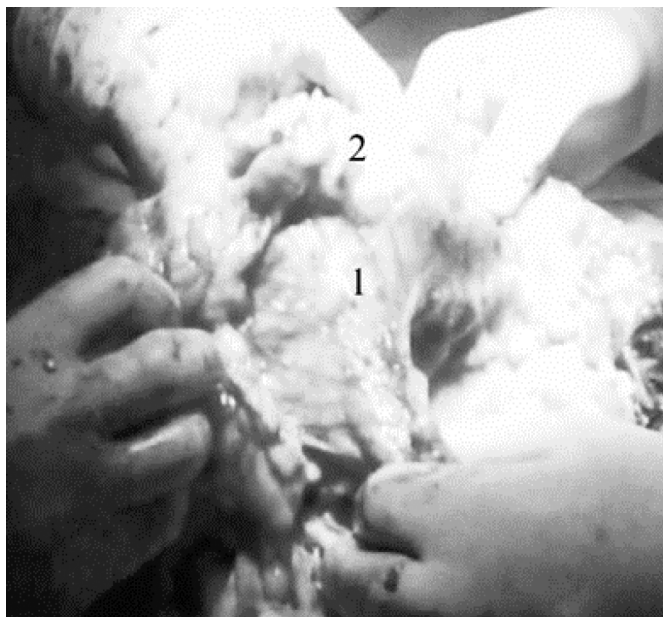


Рис. 1, 2. Миксоидная липосаркома (цифрами указаны: 1 — тонкая кишка; 2 — многокамерное кистозное образование плотноэластической консистенции)

ко отграниченное, кистозное образование, желтого цвета 20×28 см, плотноэластической консистенции, не связанное с толстой кишкой (рис. 1, 2). В просвете данного образования гелеобразное серозное содержимое с беловатым оттенком, объемом до 1 литра. Полости образования связаны между собой.

При дальнейшей детальной ревизии брюшной полости обнаружено множество мелких кистозных образований размером 2–3 мм в проекции двенадцатиперстной кишки, брыжейки тонкой кишки и подкожно-жировой клетчатки передней брюшной стенки, которые находятся в свободном состоянии.

Выполнена холецистэктомия, то есть операция по удалению желчного пузыря. Она была произведена от шейки с коагуляцией ложа желчного пузыря. Так же было произведено вмешательство, при котором было произведено иссечение и ушивание складки брюшины, покрывающей полость от желудка до тонкого кишечника в пределах здоровых тканей.

Был взят биопсийный материал большого сальника вместе с кистозным образованием и направлен на гистологическое исследование. В результате данного исследования биоптата было обнаружено, что структура опухоли крайне полиморфна, в ее ткани большое количество тонкостенных, полнокровных кровеносных сосудов, между которыми располагаются аморфные миксоматозные массы с лимфоцитарным, местами плазмоцитарным инфильтратом. Среди многочисленных микрососудов встречаются очаги кровоизлияний. Паренхима опухоли состоит из клеток звездчатой, веретенообразной, перстневидной формы. Отдельные участки представлены дольками жировой ткани, где жировые

клетки варьируют по степени дифференцировки: зрелые липоциты, липобласты, мезенхимоподобные клетки, цитоплазма которых содержит жировые включения. Наиболее недифференцированные клетки расположены по периферии долек, в миксоматозной строме. Строма новообразования представлена либо хорошо выраженными фиброзными перегородками разной толщины, либо имеет тонковолокнистый характер. В одних участках преобладают клетки, в других межучное аморфное вещество.

После проведенной операции у пациентки осложнений не наблюдали. Послеоперационная рана зажила первичным натяжением, то есть без нагноения и с образованием линейного рубца без видимой межучной ткани. Дренажи из брюшной полости удалены на 3 сутки послеоперационного периода. Швы сняты на 7 сутки после операции.

Больная была выписана из стационара двадцать третьего марта 2023 года в удовлетворительном состоянии и находилась на амбулаторном лечении.

Был собран консилиум врачей в Областном онкологическом диспансере, которых ознакомили с историей болезни данной пациентки и в результате чего было решено, что проведение специфического лечения не требуется.

Спустя 4 месяца после операции больная жалоб не предъявляет, состояние удовлетворительное.

Обсуждение

Интерес данного исследования заключается в редкости заболевания, сложности его диагностики и выборе

адекватного метода лечения, что не позволяет накопить остаточный опыт ведения таких больных в одной клинике. Тот факт, что данное заболевание встречается не часто, не дает оснований игнорировать возможность его существования.

По данным литературы, миксоидная липосаркома может распространяться на окружающие ткани, что может привести к осложнениям ее удаления. После операции по удалению миксоидной липосаркомы может возникнуть: рецидивирующее течение, то есть опухоль может повторно появиться в том же месте и начать метастазирование во внутрибрюшинное и забрюшинное пространства. Некоторые виды миксоидной липосаркомы могут привести к избыточному отложению жира в организме, в связи с этим повышается риск заболеваний сердечно-сосудистой системы. Иссечение большого объема липосаркомы может привести к дефекту окружающих тканей, геморрагиям, повреждению целостности нервных волокон, возникновению и распространению инфекционного процесса.

Частота и тяжесть осложнений зависят от типа и стадии злокачественного новообразования, локализации опухоли, и возраста больного.

Частота местных рецидивов миксоидной липосаркомы в течение 3 лет составляет 15 %, а частота отдаленных метастазов — 10 %, в отличие от других подтипов [16]. Возникает склонность к метастазам в периферических мягких тканях. Неблагоприятный исход заключается в распространение метастазов в нижние дыхательные пути, в органы пищеварительной системы, образуя

внутрибрюшные и забрюшинные метастазы [17]. Для низкодифференцированных форм липосаркомы характерен более быстрый процесс метастазирования, чем при высокодифференцированных формах. Асано предположил, что степень и размер опухоли связаны с плохим прогнозом и что метастазы в легкие могут быть прогностическими факторами внелегочных метастазов [18]. Полное выздоровление наблюдается в 40–50 % случаев. В детском возрасте исход более положительный, трехлетняя выживаемость составляет 80–90 %.

Заключение

Миксоидные липосаркомы брюшной полости являются редкими и агрессивными опухолями, развивающимися из жировой ткани. Они могут возникать как отдельные опухоли или в сочетании с другими типами липосарком. Обычно они обнаруживаются случайно на ранних стадиях, так как симптомы могут быть незаметными или неконкретными. Диагноз миксоидной липосаркомы брюшной полости основывается на истории болезни пациента, клинических симптомах, результате физического обследования и подтверждается биопсией. Лечение включает хирургическое удаление опухоли, которое может быть сочетано с радиотерапией и химиотерапией. Прогноз зависит от степени злокачественности опухоли и стадии, на которой она была обнаружена. Он зависит от множества факторов, включая размер и месторасположение опухоли, ее стадию, клеточный тип и общее состояние пациента. Ранняя диагностика и своевременное лечение важны для повышения шансов на выздоровление и снижения случаев осложнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ганцев Ш.Х. Онкология. М.: Медицинское информационное агентство, 2004. 487 с.
2. Блохин Н.Н., Петерсон Б.Е. Клиническая онкология. М.: Медицина, 1979. 262 с.
3. Liles J.S., Tzeng C.W., Short J.J. et al. Retroperitoneal and intra-abdominal sarcoma // *Curr Probl Surg*. 2009. Vol. 46. № 6. P. 445–503.
4. Subtype specific prognostic nomogram for patients with primary liposarcoma of the retroperitoneum, extremity, or trunk / K.M. Dalak [et al] // *Ann Surg*. 2006. Vol. 244. № 3. P. 381–391.
5. Differential sensitivity of liposarcoma subtypes to chemotherapy / R.L. Jones [et al] // *European Journal of Cancer*. 2005. Vol. 41. № 18. P. 2853–2860.
6. Crago A.M., Singer S. Clinical and molecular approaches to well differentiated and dedifferentiated liposarcoma // *Curr Opin Oncol*. 2011. Vol. 23. № 4. P. 373–378.
7. Evans H.L. Liposarcoma: a study of 55 cases with reassessment of its classification // *Am J Surg Pathol*. 1979. Vol. 3. № 6. P. 507–523.
8. Fletcher C.D. World Health Organization classification of tumours. Pathology and genetics of tumours of soft tissue and bone. Lyon: IARC Press; 2002. 427 p.
9. Джо В.И., Дойл Л.А. Уточнения в классификации сарком в действующей Классификации опухолей мягких тканей и костей Всемирной организации здравоохранения 2013 года // *Surg Oncol Clin N Am*. 2016 Oct. Vol. 25. № 4. P. 621–643.
10. Kilpatrick S.E., Doyon J., Choong P.F. et al. The clinicopathologic spectrum of myxoid and round cell liposarcoma / S.E. Kilpatrick [et al] // *A study of 95 cases*. 1996. Vol. 77. № 8. P. 1450–1458.
11. Prognostic impact of P53 status, TLS-CHOP fusion transcript structure, and histological grade in myxoid liposarcoma: a molecular and clinicopathologic study of 82 cases / C.R. Antonescu [et al] // *Clinical Cancer Research*. 2001. Vol. 156. № 13. P. 348–351.
12. Фрадкин С.З., Залуцкий И.В. Клиническая онкология: «справ. пособие», 2003. 512 с.
13. Retroperitoneal sarcoma. Therapy and course / A. Roggo [et al] // *Helf Chir Acta*. 1993. Vol. 60. № 8. P. 117–120.
14. Клименков А.А., Губина Г.И. / Миксоидная липосаркома // *Вестник РОНЦ им. Н.Н. Блохина РАМН*. 2001.
15. Основные принципы хирургического лечения забрюшинных неорганных опухолей / А.А. Клименков [и др.] // *Вестник РОНЦ им. Н.Н. Блохина РАМН*. 2001. Т. 12. № 3. С. 48–52.
16. Кочнев В.А. Клиника, дифференциальная диагностика и стадирование сарком мягких тканей // *Практическая онкология*. 2004. Т. 5. № 4. С. 240–242.
17. Смит Т.А., Исли К.А., Голдблюм Дж. Миксоидная круглоклеточная липосаркома конечностей. Клинико-патологическое исследование 29 случаев с особым вниманием к степени распространенности круглоклеточной липосаркомы. 1996. Т. 20. № 2. С. 171–180.

© Богонина Ольга Владимировна (olga.bogonina@mail.ru); Аксенов Никита Дмитриевич (iaksenov921@gmail.com);

Горячих Анастасия Сергеевна (gorasih@gmail.com); Левина Ксения Николаевна (ksenya.levinaaa@mail.ru);

Янгулова Юлия Фаридовна (yulya.yangulova@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСЛОЖНЕНИЯ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

COMPLICATIONS OF SURGICAL TREATMENT OF THYROID DISEASES

O. Bogonina
E. Kostrigina
N. Aksenov
Ch. Magomedov
K. Levina
J. Yangulova

Summary. Postoperative complications in patients with thyroid and parathyroid gland pathology are very common in surgical practice and depend on many factors. For the prevention and provision of necessary planned medical care in inpatient settings, it is necessary to familiarize yourself with the main postoperative complications and the causes of their occurrence. The aim of the study was to analyse complications after surgical intervention on the thyroid gland, to study ways of prevention. The evaluation of the information bases of the PubMed, Medline, and e-library systems was carried out. Key words (search words): «thyroidectomy», «complications of thyroid surgery», «thyroid complications», «laryngeal nerve». As a result of the analysis, publications that meet the search criteria were found and studied. An analysis of the long-term results of operations for thyroid diseases showed that surgery for excision of one lobe of the gland and incomplete removal of it leads to fewer complications.

Keywords: thyroid gland, thyroidectomy, hypoparathyroidism, intraoperative thyroid complications, laryngeal neural paresis.

Богонина Ольга Владимировна

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Пензенский
Государственный Университет»
olga.bogonina@mail.ru

Костригина Екатерина Дмитриевна

Старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Пензенский
Государственный Университет»
kostriginaed1987@yandex.ru

Аксенов Никита Дмитриевич

ФГБОУ ВО «Пензенский Государственный Университет»
iaksenov921@gmail.com

Магомедов Чупалав Магомедович

ФГБОУ ВО «Пензенский Государственный Университет»
kigorac@mail.ru

Левина Ксения Николаевна

ФГБОУ ВО «Пензенский Государственный Университет»
ksenya.levinaa@mail.ru

Янгулова Юлия Фаридовна

ФГБОУ ВО «Пензенский Государственный Университет»
yulya.yangulova@yandex.ru

Аннотация. Послеоперационные осложнения у пациентов с патологией щитовидной и околощитовидных желез в хирургической практике встречаются очень часто и зависят от многих факторов. Для профилактики и оказания необходимой плановой медицинской помощи в стационарных условиях требуется ознакомиться с основными послеоперационными осложнениями и причинами их возникновения. Целью исследования явилось провести анализ осложнений после оперативного вмешательства на щитовидной железе, изучить пути профилактики их возникновения. Проведена оценка информационных баз системы PubMed, Medline, e-library. Key words (слова для поиска): «thyroidectomy», «complications of thyroid surgery», «осложнения щитовидной железы», «гортанный нерв». В результате проведенного анализа были обнаружены и изучены публикации, соответствующие критериям поиска. Анализ отдаленных итогов операций при заболеваниях щитовидной железы показал, что оперативное вмешательство при удалении одной доли железы и неполное удаление ее приводит к меньшему количеству осложнений.

Ключевые слова: щитовидная железа, тиреоидэктомия, гипопаратиреоз, интраоперационные осложнения щитовидной железы, парез гортанного нерва.

Введение

Последние десятилетия в структуре эндокринной патологии неуклонно увеличивается рост болезней щитовидной железы, нуждающихся в оперативном вмешательстве.

Операция на щитовидной железе является вмешательством высшей сложности. Это обусловлено ана-

томическими особенностями эндокринной железы, а именно ее непосредственной близостью с органами шеи, крупными сосудами и нервами. Повреждения данных структур может привести к осложнениям, угрожающим жизни пациента.

В Российской Федерации каждый год выполняются десятки тысяч операций по поводу различных заболеваний щитовидной железы. Расширение объема оператив-

ного вмешательства на эндокринном органе приводит к росту частоты послеоперационных осложнений.

Актуальность данной статьи заключается в необходимости предотвращения возникновения послеоперационных осложнений на щитовидной железе. Исход терапии заболеваний щитовидной железы обусловлен отбором метода оперативного вмешательства, тщательным наблюдением за пациентами после хирургического лечения для предупреждения осложнений, к тому же от реабилитации больного после операции [1].

Анализ и обсуждение

Частота встречаемости осложнений по данным разных исследований варьирует от 6 % до 13 % [8, 22, 34, 47].

Исследование В.Я. Хрыщановича и соавт. (2010) показало, что клинически значимыми осложнениями в послеоперационном периоде считаются невропатический парез гортани, дефицит паратиреоидного гормона и кровоизлияние; так же единично встречаемые осложнения, такие, как ятрогенный хилоторакс (0,2 %), паралич Белла (1,2 %), плечевой плексит (0,5 %) [2].

Исходя из работ А.Г. Гринцова (2020), к наиболее частым осложнениям в послеоперационном периоде относят периферический невропатический парез гортани, односторонний приводит к охриплости и нарушению вокальной функции, а двусторонний паралич — нарушению дыхания с симптомами одышки, и так же расстройство акта глотания и качественное нарушение голосовой функции, встречающиеся от 2,4 % до 12,8 % [3].

Парез возвратного гортанного нерва. Количество повреждений ветви блуждающего нерва, иннервируемой гортань, в течении оперативного вмешательства на щитовидной железе занимает большую степень. Частота травмы возвратного гортанного нерва во время операции на щитовидной железе продолжает оставаться высокой по сей день. Исходя из разнообразных источников, она достигается до 23 % случаев [4].

Проведенное исследование Е.В. Волкова и соавт. (2022) позволило вывить основные факторы травмирования 10 пары черепно-мозговых нервов, которыми являются: значительное вытяжение; ушивание ткани железы вместе с нервом; тампонада и увеличении количества интерстициальной жидкости в районе возвратного гортанного нерва; работа без зрительного наблюдения на задней поверхности щитовидной железы [5].

По данным В.Я. Хрыщановича и соавт. (2010) повреждение возвратного гортанного нерва после тиреоидэктомии было выявлено у 4,3 % пациентов, после гемитиреоидэктомии — 0,2 % [2].

Большинство исследователей считают, что ведущим методом профилактики повреждения возвратного гортанного нерва является его визуализация во время операции [6].

Е.В. Волков и соавт. (2022) в своем исследовании показали, что применение интраоперационного нефрофизиологического мониторинга при оперативном лечении на щитовидной железе уменьшает количество невропатического пареза гортани до 14 % [5].

Так А.Ф. Романчишен и соавт. в 2013 году выполняли рутинное выделение возвратного гортанного нерва во время всех операций на щитовидной железе и околощитовидных железах, что позволило уменьшить число односторонних и двусторонних повреждений возвратного гортанного нерва в 4–9 раз [7].

По результатам исследования Е.Д. Легенькой и соавт. (2023) установлено, что использование интраоперационного нейромониторинга является эффективным дополнительным инструментом в совокупности с опытом хирурга, помогает в раннем интраоперационном контроле гортанных нервов, позволяет снизить частоту развития парезов и параличей гортани [8].

Парез верхнего гортанного нерва. Нередко встречаемое осложнение, которое составляет 5 %–9 % при хирургических вмешательствах на эндокринной железе [9, 10].

Верхний гортанный нерв отвечает за двигательную иннервацию перстневидно-щитовидной мышцы, которая участвует в регулировании основной частоты голоса, при этом так же влияет на снижение высоты тона и перехода от звучных звуков к беззвучным при разговоре. В результате пареза верхнего гортанного нерва возникает быстрая утомляемость голосового аппарата, становится невозможным использование громкого разговорного голоса. Происходит понижение разговорной интонации, доходящей до монотонности, нарушение симметрии фазы колебаний голосовых складок.

Частичная, а также полная потеря голоса или нарушение физиологического процесса, обеспечивающего нормальное течение метаболизма, происходит в связи с нарушением дееспособности нерва с одной стороны [11, 12, 13]. Для жизни человека появляется серьезная опасность если произойдет двустороннее повреждение нерва. В таком случае необходимо провести оперативное вмешательство, во время которого осуществляется рассечение передней стенки трахеи, с последующим созданием искусственного отверстия, предназначенного для обеспечения дыхательной функции [14, 15, 16].

По данным Е. Valardo и соавт. (2014) невропатический парез гортани случается при непосредственном воздей-

ствии на нерв в результате наложения лигатуры, клипсы, так же в результате пересечения, ущемления, разреза или проведения метода диатермокоагуляции вблизи от него [17, 18].

В 1992 году изучения С. Cernea и соавт. показали, что повреждение нерва развивается у пациентов, имеющих значительный объем железы внутренней секреции, с низким положением гортани и синдромом Клиппеля–Фейля (аномальным строением шейного отдела позвоночника), что приводит к неправильному положению ветви блуждающего нерва, иннервируемую гортань [14, 19].

Во время выполнения хирургического вмешательства на железе внутренней секреции при использовании интраоперационного нейромониторинга может наблюдаться потеря электромиографического сигнала в связи с натяжением участка щитовидной железы и вместе с ней гортанных нервов.

Выделение возвратного гортанного нерва — ведущий способ профилактики пареза гортанных мышц во время проведения операции на щитовидной железе [20, 21]. Хирурги считают, что должен соблюдаться трепетный подход к нерву, иннервируемому перстнещитовидную мышцу в тиреоидной практике.

Гипопаратиреоз. Хирургическое удаление щитовидной железы может привести к уменьшению функционирования околощитовидных желез в результате травмирования, нарушения циркуляции крови или удаления парашитовидных желез по вине врача [22, 23, 24].

Сниженная функция околощитовидных желез проявляется низким уровнем паратгормона в крови и, как следствие — гипокальциемией и гиперфосфатемией [25]. Это состояние организма носит название гипопаратиреоза. По данным J. Powers и соавт. (2013) гипопаратиреоз после операции на щитовидной железе наблюдается в 75 % среди всех случаев данного заболевания [26].

Н.С. Кузнецов и соавт. в 2012 году, а также А. Hauch в 2014 году в своих работах наблюдали прямую зависимость частоты возникновения послеоперационного гипопаратиреоза от объема операции на щитовидной железе и опыта хирурга [27, 28].

Послеоперационный гипопаратиреоз как осложнение тотальной тиреоидэктомии развивается у 14 % пациентов из 14934 по данным L. Rosato и соавт. (2004) и у 48 % пациентов из 1792 по данным J. J. Diez и соавт. (2019) [29, 30]. После субтотальной резекции щитовидной железы гипопаратиреоз наблюдается в 12,6 % случаев, а после гемитиреоидэктомии — в 9 % [31, 32].

Гипокальциемия в зависимости от видов хирургических вмешательств развилась: у 14 (5,3 %) пациентов по-

сле тотальной тиреоидэктомии, у 1 (3,2 %) — после близкой к тотальной тиреоидэктомии, у 1 (16,7 %) — после тотальной тиреоидэктомии с центральным удалением лимфоузлов при злокачественных опухолях, у 1 (20 %) — после тотальной тиреоидэктомии с центральной и латеральной лимфодиссекцией, у 3 (18,8 %) — после повторного вмешательства [33, 34].

В результате проведенного исследования так же выяснилось, что случаи гипокальциемии чаще возникали после оперативных вмешательств в отношении гипертиреоза, так же после удаления щитовидной железы, лишь в 40 % случаев снижение содержания кальция в крови выявлено у пациентов с пересадкой тканей парашитовидной железы или случайном ее удалении [31–34].

О.С. Попов и соавт. (2010) изучали частоту развития послеоперационного гипопаратиреоза, при этом во время оперативного вмешательства им удалось визуализировать околощитовидные железы у 79 % пациентов [32].

По изучению А.Ф. Гумматова и соавт. (2020) в начальном периоде после операции у 20 (5 %) пациентов из 402 зарегистрировано снижение содержания кальция в крови, у 12 (3 %) — временный характер болезни, у 8 (2 %) — постоянный [33].

Авторами установлен факт, что случайно во время операции околощитовидные железы были удалены в 1,95 % случаев, травмированы — у 2,9 % пациентов. Признаки нарушения кровоснабжения околощитовидных желез диагностированы у 2,8 % больных. У данных пациентов исследователи наблюдали клинические симптомы транзиторного гипопаратиреоза [33].

По мнению L. Lorente-Poch и соавт. (2015) вероятность появления постоянного послеоперационного гипопаратиреоза зависит от количества оставшихся околощитовидных желез: 16 % — дееспособность одной-двух желез, 6 % — функционирование трех, 2,5 % — при наличии четырех желез [20].

В 2017 году S.D. Kamath и B.S. Rao предоставили клиническое наблюдение развития гипопаратиреоза спустя 15 лет после резекции щитовидной железы, при этом патогенез причины обусловлен нарушением питания околощитовидных желез, из-за нарушения микроциркуляции [35].

Большинство исследователей причинным фактором развития послеоперационного гипопаратиреоза считают недостаток витамина D до операции [27–31].

С позиции О.В. Симакиной и соавт. (2014), если витамина 25(OH)D₃ составляет менее 15 нг/мл, то возникает существенная вероятность развития послеоперационного гипопаратиреоза [36].

Клиническая симптоматика послеоперационного гипопаратиреоза характеризуется степенью активности снижения кальция и увеличением фосфора в крови [37,38].

Из-за нарушения регуляции кальций-фосфорного обмена появляются: болезни твёрдых тканей зубов, частичное или полное помутнение хрусталика, нарушение целостности ногтевой пластины, шелушения кожи, возникновение аллопеции и заболеваний желудочно-кишечного тракта.

Гипокальциемическое поражение мышечной ткани стенок миокарда приводит к появлению тахикардии и фибрилляции желудочков. Мочекаменная болезнь и почечная недостаточность появляются в результате повышенного выделения фосфора и снижение обратного поглощения кальция в проксимальных отделах нефрона. Вышеперечисленные расстройства приводят к снижению качества жизни пациентов, а в определенных случаях — к инвалидизации [39].

Тщательный контроль за околощитовидными железами и окружающими их артериями — важный критерий самоконтроля успешной операции и сохранения их дееспособности.

И.В. Слепцов и соавт. (2021) отмечают, что интраоперационно при выведении в рану щитовидной железы сосуды околощитовидных желез принимают положение натяжения, которое приводит к нарушению их микроциркуляции, а в дальнейшем к расстройству функции желез [40].

Для минимизирования повреждений был разработан метод интраоперационной визуализации околощитовидных желез. Суть метода заключается на применении источника поляризованного света и 5-аминолевулиновой кислоты. Кислота накапливается в ткани околощитовидных желез, и железы под воздействием поляризованного света светятся розово-оранжевым светом, в то время как окружающие органы приобретают темно-синий цвет [41].

P. Sheahan и соавт. (2016) предложили вводить в ткань щитовидной железы суспензию наночастиц с углеродом, что способствовало окрашиванию железы в черный цвет, а околощитовидные железы оставались интактными. С помощью новой методики удалось снизить частоту возникновения временного гипопаратиреоза в 5 раз [42].

Несмотря на появление разнообразных методов для снижения повреждений околощитовидных желез, незаменимым способом остается трепетный подход к окружающим железам и доскональное знание анатомо-топографических особенностей в поле операции и бережное отношение к околощитовидным железам.

Кровотечение в послеоперационном периоде. Частота кровотечения после операций на щитовидной железе варьирует по данным разных исследователей от 0,87 % до 4,7 % [43, 44, 45]. Увеличивают риск кровотечения нарушения свертывающей системы крови, большие размеры зоба, интенсивное кровоснабжение железы при токсическом зобе, расширение объема и травматичности хирургического вмешательства при рецидивах зоба и онкологических процессах.

Так данные Ю.В. Кухтенко и соавт. (2015) свидетельствуют о наиболее чаще встречающимся кровотечении после оперативного вмешательства, связанного с Базедовой болезнью [46].

А.Ф. Романчишев и соавт. (2012) в большинстве случаев наблюдали послеоперационные кровотечения у пациентов с рецидивным токсическим зобом и раком щитовидной железы [4].

Изучив протоколы компьютерных томографий ветвей брахиоцефальных артерий, А.А. Куприн и соавт. (2021), отметили, что артериальное кровоснабжение щитовидной железы обеспечивают преимущественно нижняя и верхняя щитовидные артерии, при этом ствол нижней щитовидной артерии крупнее верхней щитовидной артерии [47].

Лидирующее место среди источников послеоперационных кровотечений занимают ветви нижней щитовидной артерии. Также в своей работе хирурги сталкиваются с кровотечениями из остатка ткани железы, сосудов мышц шеи, подкожно-жировой клетчатки и ветвей верхней щитовидной артерии [48, 49, 50].

Также хирургу во время операции необходимо помнить о непарной щитовидной артерии. А.В. Черных и соавт. (2013) визуализировали артериальное русло щитовидной железы на трупном материале и пришли к выводу, что непарная щитовидная артерия встречается у 19,9 % людей, отходит от дуги аорты, и, несмотря на свой небольшой диаметр способна послужить причиной кровоизлияния [11].

Особенностью кровотечений является образование гематомы в области оперативного вмешательства с частотой от 1,2 % до 4,8 % [7, 24, 26, 48]. Опасность послеоперационных гематом связана с риском возникновения рефлекторной остановки сердца и механической асфиксии вследствие распространения крови по межмышечным пространствам в средостение и увеличением размеров гематомы.

В клинической картине послеоперационных кровотечений преобладают местные симптомы над общими признаками кровопотери. Динамическое наблюдение

за пациентом в послеоперационном периоде позволяет своевременно выявить данное осложнение и осуществить гемостаз.

Заключение

Осложнения послеоперационные на щитовидной железе являются серьезной проблемой, с которой сталкиваются как пациенты, так и врачи. В ходе нашего исследования мы рассмотрели различные осложнения, которые могут возникнуть после хирургического лечения, включая повреждения окружающих тканей, голосового аппарата, паратиреоидных желез, а также возможные проблемы с рубцовой тканью и кровотечениями.

Послеоперационные осложнения возникают регулярно, что обусловлено тяжестью хирургической операции. Чтобы снизить риски послеоперационных осложнений врачу-хирургу всегда нужно знать анатомо-топографические особенности нервов гортани,

строение паращитовидных желез; а также проводить их визуализацию и выделение во время операции. Важно учитывать, чем меньше объем удаления ткани щитовидной железы, тем меньше вероятность возникновения осложнений.

Несмотря на то, что послеоперационные осложнения неизбежны в некоторых случаях, важно отметить, что современные методы диагностики и техники хирургического вмешательства способствуют значительному снижению риска их возникновения.

Правильная подготовка пациента, квалифицированный хирург и послеоперационный уход играют решающую роль в предотвращении и управлении осложнениями. Развитие новых технологий и улучшение обучения хирургов должны быть приоритетом для обеспечения успешных результатов лечения и снижения негативных последствий для пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сигал З.М., Сурнина О.В., Брындин В.В. Ближайшие и отдаленные результаты хирургического лечения очаговой патологии щитовидной железы // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2020. № 1 (73). С. 106–110.
2. Хрыщанович В.Я., Третьяк С.И., Мохорт Т.В. [и др.]. Ретроспективный анализ результатов хирургических вмешательств на щитовидной железе // Онкологический журнал. 2010. Т. 4. № 4 (16). С. 64–70.
3. Гринцов А.Г., Ахрамеев В.Б., Матийцев А.Б. [и др.]. Факторы риска интраоперационных осложнений при доброкачественных заболеваниях щитовидной железы и меры их предотвращения // Таврический медико-биологический вестник. 2020. Т. 23. № 2. С. 64–68.
4. Романчишен А.Ф., Ким И.Ю. Кровотечения после вмешательств на щитовидной железе, потребовавшие повторных операций // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. 2012. Т. 171. № 1. С. 31–33.
5. Волков Е.В., Батчаева Л.Х., Фишер В.В. [и др.]. Влияние интраоперационного нейрофизиологического мониторинга на вариант анестезиолого-реанимационного обеспечения в хирургии щитовидной железы // Вестник Авиценны. 2022. Т. 24. № 3. С. 298–305.
6. Кухтенко Ю.В., Косивцов О.А., Михин И.В. [и др.]. Результаты хирургического лечения пациентов с различными заболеваниями щитовидной железы // Вестник ВолгГМУ. 2015. Т. 56. № 4. С. 67–72.
7. Майстренко Н.А., Ромашенко П.Н., Криволапов Д.С. Современные подходы к диагностике и хирургическому лечению заболеваний щитовидной железы // Военно-медицинский журнал. 2018. Т. 339. № 1. С. 37–46.
8. Легенькая Е.Д., Криволапов Д.С., Акулов А.А. Интраоперационный нейромониторинг гортанных нервов в хирургии щитовидной и околощитовидных желез // Итоговая конференция военно-научного общества курсантов, студентов и слушателей Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова. Материалы итоговой конференции. Санкт-Петербург, 2023. С. 309–314.
9. Мумладзе Р.Б., Долидзе Д.Д., Васильев И.Т. [и др.]. Особенности профилактики специфических осложнений при хирургическом лечении больных с заболеваниями щитовидной железы // Московский хирургический журнал. 2013. Т. 32. № 3. С. 4–11.
10. Dionigi G, Barczynski M, Chiang F.Y. [et al.]. Why monitor the recurrent laryngeal nerve in thyroid surgery? J. Endocrinol Invest. 2010;33(11):819–822.
11. Черных А.В., Малеев Ю.В., Шевцов А.Н. [и др.]. Хирургическая анатомия щитовидных артерий // ГБОУ ВПО ВГМА им. Н.Н. Бурденко Минздрава России, кафедра оперативной хирургии с топографической анатомией. 2013. С. 812–813.
12. Олифирова О.С., Козка А.А. Современная электрохирургическая технология в оперативном лечении токсического зоба // Амурский медицинский журнал. 2022. № 1. С. 91–94.
13. Рябченко Е.В., Дурлештер В.М. Нейромониторинг возвратных гортанных нервов при операциях по поводу рака щитовидной железы в сочетании с аутоиммунным тиреодитом // Вестник национального медико-хирургического центра имени Н.И. Пирогова. 2022. Т. 17. № 1. С. 28–31.
14. Барчинский М., Беллантоне Р., Браукхафф М. Мониторинг внешней ветви верхнего гортанного нерва во время операций на щитовидной и паращитовидной железах: стандарты Международной исследовательской группы по мониторингу нервной системы: IONM во время операций на щитовидной железе // Ларингоскоп. 2013. № 12. С. 1–14.
15. Янссон С., Тизелл Л., Хагне И. и др. Частичные поражения верхнего гортанного нерва (SLN) до и после операции на щитовидной железе. Всемирная хирургия 1988; 12:522–526.
16. Шулушко А.М., Семиков В.И., Грязнов С.Е. [и др.]. Риск гипокальциемии у больных после операций на щитовидной железе // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2015;(11):35–40.
17. Фридман М., Лосавио П., Ибрагим Х. Идентификация и сохранение верхнего гортанного нерва при тиреоидэктомии // Операция по отоларингологии головы и шеи. 2002; 128: 296.
18. Valardo E., Ansaldo G.L., Mascherini M. [et al.]. Neurological Complications in Thyroid Surgery: A Surgical Point of View on Laryngeal Nerves // Front Endocrinol Lausanne. 2014;5(108):63–65.

19. Sulica L. Верхний гортанный нерв: функция и дисфункция. Клиника отоларингологии North Am. 2014; 37:183–201.
20. Cernea C., Ferraz A.R., Nishio S. Surgical anatomy of the external branch of the superior laryngeal nerve // Head Neck. 1992;14(5):380–383.
21. Lorente-Poch L., Sancho J.J., Muñoz-Nova J.L. [et al.]. Defining the syndromes of parathyroid failure after total thyroidectomy // Gland Surg. 2015;4(1):82–90.
22. Кузнецов Н.С., Латкина Н.В., Симакина О.В. Гипопаратиреоз // Эндокринная хирургия. 2013. № 3. С. 47–53.
23. Agarwal P., Prakash M., Singhal M. [et al.]. To assess vascular calcification in the patients of hypoparathyroidism using multidetector computed tomography scan // Indian J Endocrinol Metab. 2015; 19(6):785–790.
24. Cho N.L., Moalem J., Chen L. [et al.]. Surgeons and patients disagree on the potential consequences from hypoparathyroidism // Endocr Pract. 2014; 20(5):427–446.
25. Дубошина Т.Б., Аскеров М.Р., Романовская И.А. Способ профилактики специфических осложнений при операциях на щитовидной железе. Лечение и профилактика. 2016. Т.16. № 2. С. 94–97.
26. Roh J.L., Park J.Y., Park C.I. Total thyroidectomy plus neck dissection in differentiated papillary thyroid carcinoma patients: pattern of nodal metastasis, morbidity, recurrence, and postoperative levels of serum parathyroid hormone // Ann. Surg. 2017; 245:604–610.
27. Powers J., Joy K., Ruscio A. [et al.]. Prevalence and incidence of hypoparathyroidism in the United States using a large claims database // J Bone Miner Res. 2013;28(12): 2570–2576.
28. Hauch A., Al-Qurayshi Z., Randolph G. [et al.] Total thyroidectomy is associated with increased risk of complications for low- and high-volume surgeons // Ann Surg Oncol. 2014; 21(12):3844–3852.
29. Кузнецов Н.С., Симакина О.В., Ким И.В. Предикторы послеоперационного гипопаратиреоза после тиреоидэктомии и методы его лечения // Клиническая и экспериментальная тиреологическая. 2013. Т. 8. № 2. С. 20–30.
30. Diez J.J. Prevalence and risk factors for hypoparathyroidism following total thyroidectomy in Spain: a multicentric and nation-wide retrospective analysis. Endocrine. 2019;66(2):405–415. doi:10.1007/s12020-019-02014-8.
31. Rosato L., Avenia N., Bernante P. [et al.]. Complications of thyroid surgery: analysis of a multicentric study on 14,934 patients operated on in Italy over 5 years // Wld. J. Surg. 2014;28:271–276.
32. Третьяк С.И., Романович А.В., Хрыщанович В.Я. Трансплантация паращитовидных желез: настоящее и будущее // Вести НАН Беларуси (серия медицинских наук). 2015. № 4. С.110–112.
33. Попов О.С., Лян Н.И., Ларионов М.М. Послеоперационный гипопаратиреоз и новый способ его профилактики // Вестник ЮУрГУ. 2013. № 24. С. 88–90.
34. Гумматов А.Ф., Аббасов А.Г., Исмаилов А.К. [и др.]. Причины гипокальциемии после операций на щитовидной железе // Казанский медицинский журнал. 2020. Т. 23. № 6. С. 47–54.
35. Лукьянчиков В.С. Гипокальциемия // Русский медицинский журнал. 2013. Т. 2. С. 1429–1431.
36. Kamath S.D., Rao V.S. Delayed post-surgical hypoparathyroidism: the forgotten chameleon. 2017;11(2):70–73.
37. Симакина О.В., Латкина Н.В., Кузнецов Н.С. Сравнительная оценка предикторов гипокальциемии у больных раком щитовидной железы на до- и послеоперационном этапе // Эндокринная хирургия. 2014. Т. 8. № 3. С. 14–22.
38. Iovino F., Armano G., Auriemma P.P. [et al.]. L'ingegnerizzazione tissutale delle cellule paratiroidi // G Chir. 2015;9(2):312–315.
39. Asari R., Passler C., Kaczirek K. [et al.]. Hypoparathyroidism after total thyroidectomy: a prospective study // Arch Surg. 2018;12(2):132–138.
40. Черников Р.А., Воробьев С.Л., Слепцов И.В. [и др.]. Узловой зоб (эпидемиология, методы выявления, диагностическая тактика) // Клиническая и экспериментальная тиреологическая. 2013. Т. 9. № 2. С. 29–35.
41. Слепцов И.В., Черников Р.А., Саблин И.В. [и др.]. Медиальная тиреоидэктомия — результаты первых 77 операций // Эндокринная хирургия. 2021. Т. 15. № 2. С. 13–21.
42. Hackett D., Kauffman G. Historical perspective of parathyroid disease // Otolaryngologic clinics of North America. 2014;37(4):689–700.
43. Sheahan P., Mehanna R., Basheeth N. [et al.]. Is systematic identification of all four parathyroid glands necessary during total thyroidectomy: A prospective study // Laryngoscope. 2013;23(9):2324–2328.
44. Фархутдинова Л.М., Иванова М.А., Туник В.Ф. Гипопаратиреоз: современные представления и анализ клинического случая // Архив внутренней медицины. 2016. Т. 3. № 29. С. 71–76.
45. Powers J., Joy K., Ruscio A. [et al.]. Prevalence and incidence of hypoparathyroidism in the United States Using a large claims database // Journal of Bone and Mineral Research. 2013;28(12):2570–2576.
46. Al-Azem H., Khan A. Hypoparathyroidism // Best Practice and Research: Clinical Endocrinology and Metabolism. 2014;26 (4):517–522.
47. Кухтенко Ю.В., Рясков Л.А., Косивцов О.А. [и др.]. Особенности хирургических подходов к диагностике и лечению заболеваний щитовидной железы у пациентов старших возрастных групп // ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра хирургических болезней педиатрического и стоматологического факультетов. 2020. № 3. С. 26–29.
48. Куприн А.А., Малюга В.Ю., Степанова Е.А. Артериальное кровоснабжение внутренних органов шеи: анатомия, топография, клиническое значение в эндокринной хирургии // Эндокринная хирургия. 2021; Т. 15. № 3. С. 4–22.
49. Симакина О.В., Латкина Н.В., Кузнецов Н.С. Сравнительная оценка предикторов гипокальциемии у больных раком щитовидной железы на до- и послеоперационном этапе // Эндокринная хирургия. 2014. Т. 8. № 3. С. 14–22.
50. Гусейнов Т.С., Гусейнова С.Т., Безверхняя Л.Д. Вариантная анатомия артерий щитовидной железы у человека // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. 2016. Т. 4. № 40. С. 5–12.
51. Ban E.J., Yoo J.Y., Kim W.W. [et al.]. Surgical complications after robotic thyroidectomy for thyroid carcinoma: a single center experience with 3000 patients // Surg. Endosc. 2014;28(9):2555–2563.

© Богонина Ольга Владимировна (olga.bogonina@mail.ru); Костригина Екатерина Дмитриевна (kostriginaed1987@yandex.ru);
 Аксенов Никита Дмитриевич (iaksenov921@gmail.com); Магомедов Чупалав Магомедович (kigopac@mail.ru);
 Левина Ксения Николаевна (ksenya.levinaa@mail.ru); Янгулова Юлия Фаридовна (yulya.yangulova@yandex.ru)
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СТЕКЛОВОЛОКОННЫХ ШИНИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ГЕНЕРАЛИЗОВАННОМ ПАРОДОНТИТЕ ПОСЛЕ ОРТОДОНТИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ

EXPERIENCE IN THE USE OF FIBERGLASS SPLINTING MATERIALS FOR GENERALIZED PERIODONTITIS AFTER ORTHODONTIC TREATMENT

N. Vasilyeva
A. Shtorina
S. Fischev
S. Pavlova
A. Sopov
I. Orlova
T. Shishko
A. Fischeva

Summary. Currently, methods of orthodontic bite correction using a brace system require the use of non-removable retainers during the retention period. In case of periodontal diseases due to weakened supporting apparatus of the teeth, this technique is not always effective. Often, as a result of installing a retainer after orthodontic treatment, a relapse occurs in the form of tooth displacement. This occurs due to tooth mobility and bone resorption. In this case, the retainer cannot provide optimal structural rigidity. For this purpose, our study used Dentapreg fiberglass splints, which provide complete long-term stabilization of the dentition or individual groups along the sagittal, in the frontal area, and in some cases, fronto-sagittal stabilization. We performed splinting of teeth after orthodontic treatment for periodontal indications. Our observations have shown that the Dentapreg material is quite resistant to masticatory and occlusal loads and the use of a splint gives a stable result.

Keywords: teeth splinting, generalized aggressive periodontitis, periodontitis.

Васильева Нелли Александровна

Ассистент, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет
 Министерства здравоохранения РФ
 vas.nell@yandex.ru

Шторина Анастасия Александровна

К.м.н., доцент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
 Министерства здравоохранения РФ
 nastiya78@mail.ru

Фищев Сергей Борисович

Д.м.н., профессор, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
 Министерства здравоохранения РФ
 super.kant@yandex.ru

Павлова Светлана Георгиевна

К.м.н., доцент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
 Министерства здравоохранения РФ
 svetap_75@mail.ru

Сопов Андрей Александрович

Врач стоматолог, ООО МИН Институт стоматологии
 «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»
 Министерства здравоохранения РФ

Орлова Ирина Викторовна

К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет
 Министерства здравоохранения РФ
 orisha@mail.ru

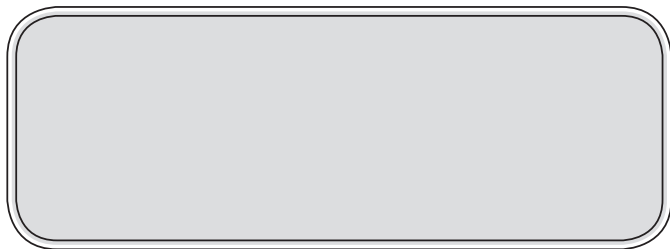
Шишко Татьяна Владимировна

Ассистент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
 Министерства здравоохранения РФ
 tat-sh04@rambler.ru

Фищева Алена Викторовна

Старший лаборант, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет»
 Министерства здравоохранения РФ

Аннотация. В настоящее время методы ортодонтической коррекции прикуса с использованием брекет-системы требуют в ретенционном периоде применение несъемных ретейнеров. При заболеваниях пародонта за счет ослабленного опорного аппарата зубов, данная методика не всегда эффективна. Часто в результате установки ретейнера после ортодонтического лечения следует рецидив в виде смещения зубов. Это происходит по причине подвижности зубов и резорбции костной ткани. В данном случае ретейнер не может обеспечить оптимальную жесткость конструкции. С этой целью в нашем исследовании использовались стекловолоконные шины Dentapreg, обеспечивающие полноценную длительную стабилизацию зубных рядов



Патологическая подвижность зубов является ведущим симптомом при заболеваниях пародонта. Своевременная диагностика, комплекс мер, направленных на профилактику данной патологии способствуют повышению эффективности реабилитации данной группы больных. Известно, что длительно существующие очаги пародонтальной инфекции ведут к резорбции альвеолярного отростка, ослаблению связочного аппарата зуба [1].

Широко используемые в настоящее время методы ортодонтической коррекции прикуса с использованием брекет-системы требуют в период ретенции применение несъемных конструкций ретейнеров [2]. У пациентов с заболеваниями пародонта за счет ослабленного опорного аппарата зубов, данный метод не всегда позволяет сохранить результат после ортодонтического лечения, поскольку в следствии подвижности зубов и резорбции костной ткани с помощью проволочного ретейнера обеспечить оптимальную жесткость конструкции не представляется возможным. Тем не менее, ограничение подвижности зубов за счет соединения их в единый блок способствует перераспределению функциональной нагрузки на зубы, восстанавливает кровообращение и трофику в тканях, окружающих зубы, что является эффективной мерой в лечении этой группы больных [3, 4, 5]. В современной практике наиболее востребованы стекловолоконные шины, обеспечивающие полноценную длительную стабилизацию зубных рядов или отдельных групп зубов по сагиттали, в переднем участке, а в отдельных случаях и передне-сагиттальную стабилизацию. Широко известны такие системы для шинирования как Glass Span, Ribond, Fiber Cor, Interling, Split-it и другие [6, 7]. Перечисленные материалы позволяют уменьшить подвижность зубов. Можно проводить шинирование без препарирования твердых тканей зубов, однако при необходимости проводят создание бороздки в пределах эмали — язычной (в области передних) или жевательной (в области боковых) зубов [8]. Необходимо помнить, что для достижения долгосрочного результата кроме шинирования нужно проводить профессиональную гигиену, по показаниям кюретаж, лоскутные операции, назначение антибактериальной терапии [9, 10]. Таким образом, лечение должно быть комплексным.

Целью исследования было провести анализ отдаленных результатов эффективности шинирования зубов

или отдельных групп в сагиттальной плоскости, в переднем отделе, а в отдельных случаях и передне-сагиттальную стабилизацию. Нами проведено шинирование зубов после ортодонтического лечения по пародонтологическим показаниям. Наши наблюдения показали, что материал Dentapreg достаточно устойчивый к жевательной и окклюзионной нагрузке и использование шины дает стабильный результат.

Ключевые слова: шинирование зубов, пародонтит, заболевания пародонта.

при генерализованном пародонтите у пациентов после ортодонтического лечения.

Материалы и методы

Было проведено шинирование 19 больным, из них 14 женщинам и 7 мужчин в возрасте от 33 до 48 лет, из них 8 пациентов — имели диагноз генерализованный пародонтит тяжелой степени и 11 — генерализованный пародонтит средней. Нами проведен анализ частоты поломок шин после их установки, а также оценка факторов, влияющих на их частоту. Проведено шинирование зубов после ортодонтического лечения по пародонтологическим показаниям. Для шинирования использовался материал в виде стекловолоконных лент Dentapreg, который за счет заводской пропитки адгезивными смолами удобен в использовании и легко адаптируется, он не требует создания дополнительной бороздки в зубах подлежащих шинированию (при наличии места по прикусу). При шинировании использованы методы фронтальной стабилизации зубов в переднем участке (от клыка до клыка). При недостатке места по окклюзионной поверхности использовалась методика погружного шинирования с созданием бороздки по язычной или небной поверхности. При тяжелых степенях генерализованного пародонтита по показаниям проводилось эндодонтическое лечение зубов перед шинированием. Выпускаются ленты Dentapreg с маркировкой SFM где за счет переплетения стекловолокон они имеют большую эластичность и ленты SFU, где укладка волокон происходит продольно и за счет этого они имеют большую жесткость но менее эластичны.

При обследовании пациентов учитывалось следующее:

- глубина зубодесневых карманов (мм) с помощью градуированного зонда
- оценка состояния тканей пародонта — индекс кровоточивости, степень воспаления десны
- степень подвижности зубов по Миллеру
- уровень резорбции костной ткани (КЛКТ и ОПТГ)
- состояние мышечного тонуса (бруксизм)
- функциональная диагностика (анализ моделей челюстей, вид прикуса, окклюдодиграмма)
- уровень гигиены.
- наличие дефектов в зубном ряду
- наличие съемных и несъемных протезов

- вредные привычки
- психологический статус
- уровень витамина D и другие маркеры костной ткани
- оценка частоты поломок шин с использованием стекловолоконных лент — Dentapreg

Результаты

Исследования показали, что пациенты, которым проводили шинирование после ортодонтического лечения, чаще обращались с проблемой на поломки шин. По нашему мнению, это является важным для ведения данной группы больных врачами-ортодонтами. Наблюдения за пациентами, которым проводилось шинирование на протяжении 10 лет позволило выявить влияние общих и местных факторов. К местным факторам относятся тяжесть пародонтита — степень подвижности зубов, наличие гнойной эксудации, по данным лучевой диагностики сниженный уровень резорбции костной ткани. Оклюзионные параметры — повышенная сила жевательных мышц (бруксизм ночной и дневной), нагрузки в виде спорта, использование очень жесткой пищи, патологическая стираемость зубов являются неблагоприятными с точки зрения прогноза эффективного пользования шиной. Наличие дефектов в зубном ряду также отрицательно сказывается на сроках эффективного функционирования шин, вследствие неравномерного распределения жевательной нагрузки и требует закрытия дефектов в зубном ряду с использованием съемных, несъемных конструкций или протезирования на имплантатах [6]. Таким образом, все вышеперечисленные особенности должны учитываться при подписании информированного согласия пациентом, а также рекомендации о гарантированных сроках функционирования шин. К общим факторам, влияющим на надежность шины является сопутствующая патология со стороны эндокринной системы (остеопороз, особенности питания, уровень витамина D). Наши наблюдения показали, что у людей с избыточной массой тела частота поломок шин выше в два раза в сравнении с нормальной, особенно если это сопровождается повышенным тонусом жевательной мускулатуры.

Выводы

1. Пациентов с пародонтитом необходимо обучать правилам гигиены полости рта и правильного ухода за шинами (ирригаторы, ершики, монопучковые щетки супер флоссы, индикаторы зубного налета)
2. Необходимо курировать пациентов с заболеваниями пародонта после шинирования в условиях диспансеризации по индивидуальному плану, регулярно проводить профилактические осмотры раз в пол года (по показаниям другими специалистами), рентгенологический контроль раз в год

3. При повышенном мышечном тонусе, бруксизме, патологической стираемости, патологии прикуса, вредных привычках необходимо использование капп или лечебных аппаратов. При наличии дефектов зубных рядов показано изготовление различных протезов
4. При наличии отягощающих факторов делать выбор в пользу радикальных методов (удаление зубов, протезирование съемными и несъемными конструкциями протезов)
5. Необходимо помнить, что шинирование относится к временным методам, но как показывают наши наблюдения возможно их успешное долгосрочное функционирование, что представлено нашими клиническими примерами
6. Комплексный подход, общеукрепляющая, стимулирующая терапия повышают клиническую эффективность в ближайшие и отдаленные сроки наблюдения.

Таким образом, материал Dentapreg позволяет оценить его как достаточно устойчивый к жевательной и окклюзионной нагрузке. Он имеет высокий уровень гигиеничности, не травмирует слизистую. К преимуществам можно отнести незначительное препарирование опорных тканей зубов, которые могут оставаться витальными. Шинирование выполняется в один визит. Шини, имея в основе композитные элементы имеет способность к пластическим деформациям, что необходимо для адекватного функционирования опорных зубов при этом, не перегружая пародонт.

Для иллюстрации приводим выписку из истории болезни № 231 пациентки М., 54 лет, которая была направлена врачом-ортодонтом на шинирование зубов после ортодонтического лечения. Пациентка предъявляла жалобы на эстетику, неудобство жевания, на подвижность зубов, кровоточивость десен при чистке. Объективно при первичном осмотре: десневой край гиперемирован, минерализованные зубные отложения и мягкий зубной налет, пигментированный налет курильщика — пациентка много курит. На нижней челюсти двухсторонние концевые дефекты зубного ряда (рис. 1). По данным ортопантомограммы (рис. 2) брекет-система на верхней и нижней челюстях. Рентгенологически: неравномерная резорбция костной ткани в области 17, 16, 15, 14, 13, 12, 11, 21, 22, 26, 27 более 1/2 длины корней зубов, каналы запломбированы до верхушек 15, 21, в 26. Остеопороз костной ткани альвеолярных отростков, ретенция 28 зуба. В области нижней челюсти сохранены 45, 44, 43, 42, 41, 31, 32, 33, 34. Канал 45 зуба запломбирован до верхушки, периодонтальная щель расширена. Резорбция костной ткани в области всех зубов более 1/2 длины корней. Диагноз: частичная потеря зубов на верхней челюсти (IV класс по Кеннеди), осложненная генерализованным пародонтитом тяжелой степени. Завершенное ортодонтическое лечение.



Рис. 1. Фотография пациентки М., 51 год, после снятия брекет-системы



Рис. 2. Ортопантомограмма пациентки М. на этапе ортодонтического лечения 2019 г.

В 2019 г. проведено шинирование 44–34 зубов на нижней челюсти. Были удалены зубы 17,27,45. На верхней челюсти эндодонтически пролечены зубы 16,15,13,12,11,21,23,24,26. Изготовлен временный пластмассовый мостовидный протез 16–26, который был заменен на металло-керамический мостовидный протез 16–26. Установлены имплантаты в позициях 46,45,35 и установлены коронки на имплантатах. Был использован погружной метод шинирования с использованием материала Dentareg с созданием бороздки на язычной поверхности в связи с выраженной резорбцией костной ткани (рис. 3).

За 3 года наблюдения — нарушение целостности шины произошло один раз спустя 1,5 года. На рентгенограмме спустя 3 года наблюдается формирование кортикальных пластинок в области зубов 44–34 костных пиков

межзубных промежутков, что наиболее ярко выражено в области нижней челюсти (рис. 4). Зубы устойчивы, восстановление функции жевания в боковых участках и жесткая конструкция на верхней челюсти обеспечили адекватное распределение нагрузки на пародонт зубов. Улыбка пациентки демонстрирует высокую степень удовлетворенности результатом комплексного лечения (рис. 5). Ортопантомограмма пациентки М. после лечения в 2023 году.



Рис. 3. Фотография пациентки М. на этапе проверки каркаса мостовидного протеза 16–26 на верхней челюсти, на нижней челюсти шина 44–34



Рис. 4. Ортопантомограмма пациентки М. в 2020 г. с шиной 44–34 и временными пластмассовыми коронками 16–24, имплантаты в позиции 46,45,35



Рис. 5. Фотография пациентки М. после завершения лечения



Рис. 6. Ортопантомограмма пациентки М. после лечения 2023 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быкова Е.В. Оценка эффективности пассивно-самолигирующей техники при лечении патологии окклюзии, сочетающейся с генерализованным пародонтитом // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук, СПбМАПО, 2010 г.
2. Загорский В.А. Особенности применения постоянного шинирования зубов при заболеваниях тканей пародонта, дефектах зубных рядов и окклюзионных нарушениях // Успехи современной науки. — 2016. — Т. 1. — №8. — С. 208–213.
3. Загорский В.А. Использование временного шинирования зубов как одного из этапов лечения при заболеваниях тканей пародонта / Символ науки. — 2016. — №8-1(20). — С. 172–176.
4. Иванов А.С., Иванников А.А., Сурдина Э.Д. Диагностика пародонтита. Учебное пособие для ординаторов стоматологических факультетов // Санкт-Петербург, 2024.
5. Пузырева М.Н., Субботин Р.С., Фищев С.Б., Фомин И.В., Кондратюк А.А., Орлова И.В. Дифференциальная диагностика патологических и физиологических видов резцового перекрытия // Педиатр. — 2019. — Т. 10. — № 4. — С. 39–44.
6. Фищев С.Б. Оценка результатов исследования размеров зубов у людей с нормодонтными дольхогнатическими зубными дугами / С.Б. Фищев, А.Г. Климов, А.В. Севастьянов и др. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки. — 2023. — № 2-2. — С. 226–230.
7. Цимбалистов А.В., Шторина Г.Б., Гарапач И.А., Жиждких Е.Д. Генерализованный пародонтит и системный остеопороз. Клинико-рентгенологическая оценка. Часть II // Институт стоматологии. — 2007 — № 4(37). С.76–78.
8. Шторина Г.Б., Караева А.Ю., Шторина О.А. Подготовка и проведение хирургических вмешательств при генерализованном пародонтите // — 2014. С.57–64
9. Dmitrienko S.V., Domyuk D.A., Kochkonyan A.S., Karshlieva A.G., Dmitrienko D.S. Modern classification of dental arches // Archiv EuroMedica. — 2014. — Т. 4. — № 2. — С. 14–16.
10. Dmitrienko S.V., Fomin I.V., Domyuk D.A., Kondratyuk A.A., Subbotin R.S. Enhancement of research method for spatial location of temporomandibular elements and maxillary and mandibular medial incisors // Archiv EuroMedica. — 2019. — Т. 9. — № 1. — С. 38–44.

© Васильева Нелли Александровна (vas.nell@yandex.ru); Шторина Анастасия Александровна (nastiya78@mail.ru);
 Фищев Сергей Борисович (super.kant@yandex.ru); Павлова Светлана Георгиевна (svetap_75@mail.ru);
 Сопов Андрей Александрович; Орлова Ирина Викторовна (orisha@mail.ru);
 Шишко Татьяна Владимировна (tat-sh04@rambler.ru); Фищева Алена Викторовна
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КАЧЕСТВО ЖИЗНИ И НЕЙРОПАТИЯ ТОНКИХ ВОЛОКОН (SFN) У БОЛЬНЫХ САРКОИДОЗОМ

QUALITY OF LIFE AND SMALL FIBER NEUROPATHY (SFN) IN PATIENTS WITH SARCOIDOSIS

T. Gadzhieva
M. Kudaev
A. Kallaeva
Z. Ataeva
R. Guseinova
A. Osmanova

Summary. Quality of life (QOL) and the prevalence of small fiber neuropathy (SFN) were assessed in patients with histologically verified sarcoidosis in clinical remission and in the control group. The questionnaire used was the SF-36 QoL questionnaire, the «Questionnaire for identifying small fiber neuropathy» (SFN-SL) and the Fatigue Assessment Scale (FAS). The presence of neuropathic symptoms was assessed using the Neuropathic Pain Symptom Inventory (NPSI). The results obtained indicate a decrease in the quality of life, a high level of fatigue, a high prevalence of SFN in patients with sarcoidosis, especially in women; there was an inverse correlation between quality of life indicators and the frequency of detection of SFN.

Keywords: sarcoidosis, quality of life, small fiber neuropathy, fatigue.

Гаджиева Тутубича Абдурахмановна
д.м.н., профессор, Дагестанский государственный
медицинский университет, Махачкала
tami2006@yandex.ru

Кудаев Магомед Тагирович
д.м.н., профессор, Дагестанский государственный
медицинский университет, Махачкала
kudaev54@mail.ru

Каллаева Абидат Нурулисламовна
д.м.н., доцент, Дагестанский государственный
медицинский университет, Махачкала
Abidat.kallaeva@mail.ru

Атаева Зульмира Наримановна
к.м.н., доцент, Дагестанский государственный
медицинский университет, Махачкала
kzn1957@mail.ru

Гусейнова Резеда Камильевна
к.м.н., доцент, Дагестанский государственный
медицинский университет, Махачкала
rezeda600512@mail.ru

Османова Аида Вахаевна
к.м.н., доцент, Дагестанский государственный
медицинский университет, Махачкала
aida_osmanova_1907@mail.ru

Аннотация. Качество жизни (КЖ) и распространённость нейропатии тонких волокон (НТВ) оценивали у пациентов с гистологически верифицированным саркоидозом в ст. клинической ремиссии и в контрольной группе. Применялись — вопросник КЖ SF-36, «Опросник для выявления нейропатии тонких волокон» (SFN-SL), шкала оценка усталости (FAS). Наличие невропатических симптомов оценивали с помощью Перечня симптомов невропатической боли (NPSI). Полученные результаты говорят о снижении качества жизни, высоком уровне утомляемости, высокой распространённости НТВ у больных саркоидозом, особенно у женщин, между показателями качества жизни и частотой выявления НТВ отмечалась обратная корреляционная связь.

Ключевые слова: саркоидоз, качество жизни, нейропатия тонких волокон, утомляемость.

Актуальность

Саркоидоз — системное воспалительное заболевание неизвестной природы, распространённость которого по данным научных исследований растёт [1,2,3,4,5]. Заболеваемость саркоидозом за последнее десятилетие увеличилась в европейских странах, таких как Дания [1], Испания [2], Южная Корея [5]. В некоторых регионах мира отмечается и рост смертности от саркоидоза. Так, по данным Harada K. et al, 2022 [4] смертность от саркоидоза в Японии значительно возросла за последние два десятилетия, особенно среди пожилого на-

селения с преобладанием женщин. Растущий уровень заболеваемости, смертности, разнообразие клинических проявлений и потенциальных осложнений саркоидоза обосновывает необходимость дальнейших исследований для более глубокого понимания его этиологии, патогенеза, клинических характеристик и методов лечения.

Важным направлением исследований при саркоидозе является оценка качества жизни (КЖ) больных. Научные данные свидетельствуют, что пациенты с саркоидозом имеют более низкое КЖ, снижение трудоспо-

собности, усталость, когнитивные проблемы, тревогу и депрессию [6,7,8]. Усталость — распространенный и изнуряющий симптом, испытываемый многими пациентами с саркоидозом, оказывающий значительное негативное влияние на качество жизни. Исследования сообщают о высокой распространенности усталости при саркоидозе, варьирующей от 50 % до более, чем 80 % пациентов [9,12].

Точная причина усталости при саркоидозе изучена недостаточно, но, вероятно, она имеет многофакторный генез. К потенциальным способствующим факторам развития выраженной усталости относится нейропатия тонких волокон (Small Fiber Neuropathy (SFN)), которая является распространенным неврологическим осложнением у пациентов с саркоидозом, характеризующимся хроническим воспалением и болью в дистальных отделах конечностей [10]. Её часто описывают как болезненную дистальную нейропатию, вызывающую такие симптомы, как хроническая невропатическая боль, вегетативная дисфункция (например, ортостатическая гипотензия, нарушения потоотделения) и сенсорные нарушения. Распространённость нейропатии тонких волокон (НТВ) варьирует в разных исследованиях [11], но, по-видимому, она встречается в значительной доле случаев. Так, в исследовании, проведенном с участием 60 амбулаторных пациентов с саркоидозом, 63 % из них получили оценку ≥ 11 по шкале скрининга нейропатии тонких волокон, что указывает на вероятную или весьма вероятную НТВ [10]. Другое исследование показало, что у всех 7 обследованных пациентов с саркоидозом при биопсии кожи была выявлена сниженная плотность эпидермальных нервных волокон, что подтверждает наличие НТВ [10,11]. Различия в сообщаемой распространенности НТВ могут быть обусловлены различиями в исследуемых популяциях, методах диагностики и критериях, используемых для определения НТВ. Однако имеющиеся данные свидетельствуют о том, что НТВ поражает значительную часть пациентов с саркоидозом, и это следует учитывать при оценке и лечении заболевания. Таким образом, актуальность изучения саркоидоза связана с его сложностью, разнообразием клинических проявлений и потенциальных осложнений, требующих постоянного внимания.

Цель: оценить качество жизни и распространённость нейропатии тонких волокон (SFN) у больных саркоидозом.

Материалы и методы

В исследование включено 23 пациента с подтвержденным диагнозом саркоидоз с разной степенью тяжести клинического течения, средний возраст пациентов составил $52,2 \pm 7,8$ лет; мужчин — 6 (26,1 %); женщин 17 (73,9 %).

Критерии включения — возраст от 18 до 60 лет, согласие на участие в исследовании, гистологически подтвержденный диагноз саркоидоза. Критерии исключения — приём гормональной терапии, наличие сахарного диабета, гипотиреоза, иммунных заболеваний, признаки тяжёлого обострения.

В группу сравнения вошли 20 здоровых добровольцев (II группа), средний возраст $51,2 \pm 6,4$ (муж. — 8; жен. — 12)

Все больные саркоидозом (I группа) прошли общеклиническое обследование, им проведена мульти-спиральная компьютерная томография лёгких, спирография. Диагноз был верифицирован гистологически. Обследованные пациенты саркоидозом ($n=23$) находились в стадии клинической ремиссии.

Для оценки качества жизни у больных саркоидозом применялся вопросник оценки качества жизни SF-36 (Short-Form Health Survey), прошедший адаптацию и валидацию в России. Оценивались физическое состояние (Physical Functioning — PF); ролевое функционирование, обусловленное физическим состоянием (Role — Physical Functioning — RP); интенсивность боли (Bodily pain — BP) и ее влияние на способность выполнять повседневную деятельность; общее состояние здоровья (General Health — GH); жизненная активность (Vitality — VT), социальное функционирование (Social Functioning-SF); ролевое функционирование, обусловленное эмоциональным состоянием (Role-Emotional — RE); психическое здоровье (Mental Health -MH). Применялась также шкала оценка усталости (FAS).

Для подтверждения наличия у больных саркоидозом НТВ проведена консультация невролога, наличие невропатических симптомов оценивалась с помощью Перечня симптомов невропатической боли (NPSI). Для клинической верификации НТВ был использован валидизированный «Опросник для выявления нейропатии тонких волокон» («Small fiber neuropathy screening list», SFN-SL, Hoitsma et al., 2011) [10], состоящий из 2 частей. В первой части — 8 вопросов, оценивающих частоту развития симптомов, во второй — 21 вопрос, о выраженности симптомов по шкале от 0 до 4 баллов. Вероятность наличия нейропатии устанавливалась при достижении диагностических порогов в 11 баллов [11], высокая вероятность — 22 балла, очень высокая вероятность — при 48 баллах и более. При баллах менее 11 чувствительность составляет 100%, специфичность — 31 %. При баллах более 48 чувствительность составляет 19 %, специфичность — 100 %. Для статистического анализа достоверности результатов исследования использовали t-критерий Стьюдента

Результаты и их обсуждение

Снижение КЖ по уровню психологического и физического здоровья наблюдалось у 85,7 % пациентов с саркоидозом, причём наиболее значимое снижение КЖ у больных I группы отмечено за счет шкалы «общее состояние здоровья» (General Health — GH) — $34,2 \pm 3,2$.

Показатель физического функционирования (Physical Functioning-PF) также был снижен — $42,0 \pm 5,05$. Показатель ролевого функционирования (Role-Physical Functioning — RP) составил $54,4 \pm 4,4$, а интенсивности боли (Bodily Pain — BP) — $51,0 \pm 5,2$.

У пациентов с саркоидозом были значительно снижены и показатели, характеризующие психологический компонент здоровья. Так, жизненная активность (Vitality — VT) составила $35,9 \pm 4,3$, что свидетельствует об утомлении пациентов, чувствующих себя обессиленными. Сниженным оказался и показатель психического здоровья (Mental Health — MH) — $38,8 \pm 3,9$, что подтверждает наличие у пациентов депрессии, тревоги. Следует отметить, что вышеперечисленные показатели физического и психологического здоровья не имели статистически значимых различий в зависимости от половой принадлежности ($P > 0,05$). Практически все показатели КЖ у больных саркоидозом (I группа) были статистически значимо ниже, чем в группе контроля ($P < 0,05$).

О высоком уровне утомляемости (по шкале FAS > 21) сообщило более 68,5% пациентов с саркоидозом (I гр). Средний балл по шкале FAS составил $29,7 \pm 4,3$.

Результаты тестирования по шкале SFN-SL для выявления НТВ представлены на рис. 1.

В научных исследованиях для диагностики НТВ по шкале SFN-SL применяются два диагностических порога — > 11 баллов возможная НТВ, > 22 баллов вероятная НТВ и 48 баллов и $>$ — высоко вероятная НТВ. Если учесть в качестве диагностического порога результат

тестирования ≥ 11 баллов и более, как это было сделано в исследовании Nicol B с соавт, 2021 [11], то в наблюдаемой нами группе больных саркоидозом НТВ отмечалось у 78,2 % пациентов, статистически значимо чаще у женщин ($P < 0,05$). Диагностический порог в 11 баллов не достигли 5 (21,7 %) больных саркоидозом, что позволило оценить этот результат, как свидетельствующий об отсутствии у них НТВ.

Если учесть в качестве диагностического порога результат тестирования ≥ 22 баллов, то у 12 (52,1 %) больных саркоидозом отмечается наличие НТВ в диапазоне от умеренной 9 (39,1 %) до высокой вероятности 3 (13,1 %), что также является высоким показателем распространённости этого тяжёлого осложнения.

Корреляционный анализ между показателем качества жизни General Health — GH у пациентов с саркоидозом и количеством положительных баллов по шкале диагностики НТВ (SFN-SL) показал обратную корреляционную связь средней силы ($r = -0,36$; $p = 0,246$) без статистической значимости, что, на наш взгляд, связано с небольшим размером выборки.

Заключение

Результаты представленного исследования свидетельствуют о значимом снижении качества жизни пациентов с саркоидозом практически по всем изучаемым параметрам, а также о высоком уровне утомляемости. Тестирование по опроснику SFN-SL свидетельствует о высокой распространённости НТВ у пациентов с саркоидозом по сравнению с более низкими показателями в группе контроля. Нейропатия тонких волокон (SFN) при саркоидозе относится к поражению мелких миелинизированных (Аδ) и немиелинизированных (С) волокон кожи и, как показали результаты настоящего исследования, является распространённым осложнением у пациентов с саркоидозом, существенно влияющим на качество их жизни. Раннее распознавание и лечение НТВ важны для улучшения качества жизни пациентов с саркоидозом.

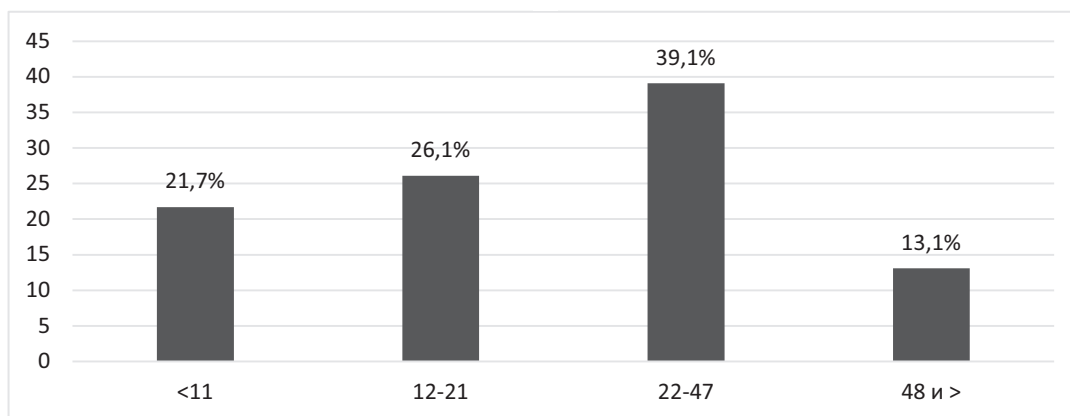


Рис. 1. Результаты тестирования по шкале SFN-SL для выявления нейропатии тонких волокон

ЛИТЕРАТУРА

1. Sijkær M.G., Hilberg O., Ibsen R., Løkke A. Sarcoidosis: A nationwide registry-based study of incidence, prevalence and diagnostic work-up. *Respiratory medicine*. 2021. V. 187. P.106548.
2. Fernández-Ramón R., Gaitán-Valdizán J.J., Sánchez-Bilbao L. Epidemiology of sarcoidosis in northern Spain, 1999–2019: A population-based study *European Journal of Internal Medicine* 2021, Vol.91, P. 63–69.
3. Morimoto T., Azuma A., Abe S. et al. Epidemiology of sarcoidosis in Japan. *Eur Respir J*. 2008. V.31(2). P.372–379.
4. Harada K., Hagiya H., Koyama T., Otsuka F. Trends in sarcoidosis mortality rate in Japan from 2001 to 2020: A population-based study. *Respir Med*. 2022. V.196:106828.
5. Yoon H-Y., Kim H-M., Kim Y-J., Song J-W. Prevalence and incidence of sarcoidosis in Korea: a nationwide population-based study. *Respiratory Research*. 2018. vol. 19: 158.
6. Voortman M., Hendriks C. M.R., Lodder P. et al. Quality of Life of Couples Living with Sarcoidosis. *Respiration*. 2019. V. 98 (5): P.373–382.
7. Moor C., Obi O.H., Kahlmann V., Buschulte K., Wijsenbeek M.S. Quality of life in sarcoidosis. *J Autoimmunity*. 2023. V.7. P.103–123.
8. Obi O.H. Health-related quality of life in sarcoidosis. *Care Med*. 2020. V. 41, pp. 716–732.
9. Strookappe B., De Vries J., Elfferich M., Kuijpers P., Knevel T., Drent M. Predictors of fatigue in sarcoidosis: The value of exercise testing. *Respir Med*. 2016. V.116. P.49–54.
10. Hoitsma E., de Vries J., Drent M. The small fiber neuropathy screening list: construction and cross-validation in sarcoidosis. *Respiratory medicine* 2010; V.105. P. 95–100.
11. Nicol B., Cocconcelli E., Balestro E., Spagnolo P. Prevalence of small fiber neuropathy in patients with sarcoidosis in an outpatient setting. *European Respiratory Journal* 2021. V. 58: Suppl. 65, P.A 712.
12. Гаджиева Т.А., Кудаев М.Т., Атаева З.Н., Эзиляева М.Р., Каллаева А.И., Гусейнова Р.К., Ахмедова Д.А. Оценка качества жизни больных саркоидозом на фоне терапии глюкокортикостероидами. В книге: XVI Национальный конгресс терапевтов с международным участием. Сборник тезисов XVI Национального конгресса терапевтов. Посвящается 150-летию со дня рождения Д.Д. Плетнева. Москва, 2021. С. 15–16.

© Гаджиева Тутубича Абдурахмановна (tami2006@yandex.ru); Кудаев Магомед Тагирович (kudaev54@mail.ru);
Каллаева Абидат Нурулисламовна (Abidat.kallaeva@mail.ru); Атаева Зульмира Наримановна (kzn1957@mail.ru);
Гусейнова Резеда Камильевна (rezeda600512@mail.ru); Османова Аида Вахаевна (aida_osmanova_1907@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОДНОФАКТОРНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКОВ РАЗВИТИЯ И ПРОГРЕССИРОВАНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Дербенева Светлана Анатольевна

доктор мед. наук, старший научный сотрудник,
отделение сердечно-сосудистой патологии
и диетотерапии ФГБУН
«ФИЦ питания и биотехнологии»
sderbeneva@yandex.ru

SINGLE-FACTOR PREDICTION OF RISKS OF DEVELOPMENT AND PROGRESSION OF CARDIOVASCULAR SYSTEM DISEASES

S. Derbeneva

Summary. The purpose of the study is to study clinical, instrumental and laboratory parameters as markers of the development and progression of diseases of the cardiovascular system. As a result of a survey of 956 patients with diseases of the cardiovascular system, specific factors for predicting the development of coronary artery disease were identified: silent myocardial ischemia, post-infarction atherosclerosis, conditions after surgical treatment, angina pectoris class I. Prediction of the risk of developing a particular clinical event from specific quantitative or binary indicators of the metabolic status of patients was carried out using the Pearson Chi-square test. In one clinical case of IHD, the key biomarkers were identified as metabolic status, in another case the parameters of the clinical course of atherosclerotic disease, in the third and fourth — their combination. Taking into account the presence of these factors, it is possible to carry out measures for their adequate and timely correction, thereby preventing the development and progression of these nosological forms.

Keywords: diseases of the cardiovascular system, prognosis, coronary heart disease, risk factors.

Аннотация. Цель исследования — изучить клинико-инструментальные и лабораторные показатели, как маркеры развития и прогрессирования заболеваний сердечно-сосудистой системы. В результате обследования 956 пациентов с заболеваниями сердечно-сосудистой системы выявлены конкретные факторы прогнозирования развития ИБС: безболевой ишемии миокарда, постинфарктного кардиосклероза, состояния после оперативного лечения, стенокардии напряжения I ФК. Прогнозирование рисков развития того или иного клинического события от конкретных количественных или бинарных показателей метаболического статуса пациентов осуществлялось с помощью критерия Хи-квадрат Пирсона. В одном клиническом случае ИБС случае ключевыми установлены биомаркеры метаболического статуса, в другом случае параметры клинического течения атеросклеротической болезни, в третьем и четвертом — их совокупность. Принимая во внимание наличие этих факторов, возможно проводить мероприятия по их адекватной и своевременной коррекции, тем самым предотвращая развитие и прогрессирование данных нозологических форм.

Ключевые слова: заболевания сердечно-сосудистой системы, прогнозирование, ишемическая болезнь сердца, факторы риска.

Введение

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) являются ведущей причиной заболеваемости и смертности во всем [1] на их долю приходится примерно треть всех случаев смерти [2]. Профилактика сердечно-сосудистых заболеваний требует своевременного выявления людей с повышенным риском для проведения эффективных диетических мероприятий, мер по изменению образа жизни или медикаментозного лечения [3].

Модели прогнозирования риска, используемые при первичной профилактике ССЗ в общей популяции, обычно оценивают индивидуальный риск в течение 10-летнего периода путем интеграции информации об измеренных уровнях обычных факторов риска ССЗ (т.е. возраст, курение, систолическое артериальное давление, общий холестерин и холестерин ЛПВП) и информацию о статусе диабета [4–7].

В контексте вторичной сердечно-сосудистой профилактики долгосрочная стратификация сердечно-сосудистого риска представляет собой одну из самых интересных и увлекательных задач для врача. Изменение образа жизни и долгосрочный контроль традиционных факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний остаются краеугольным камнем вторичной сердечно-сосудистой профилактики и продолжают предлагать наиболее мощные прогностические последствия в области профилактической кардиологии с убедительными доказательствами снижения смертности и заболеваемости. В связи с этим клинические, ЭКГ, эхокардиографические данные, данные кардиопульмонального нагрузочного теста, а также биохимические маркеры неблагоприятного прогноза являются полезным инструментом для выявления пациентов, подверженных риску развития сердечно-сосудистых событий в будущем. Комплексный подход, основанный на анализе всех факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний (традиционных и возникающих), а также инструментальных и лабораторных данных,

представляет собой лучший способ прогнозирования при вторичной профилактике сердечно-сосудистых заболеваний [8–10].

Цель исследования — изучить клинико-инструментальные и лабораторные показатели, как маркеры развития и прогрессирования заболеваний сердечно-сосудистой системы.

Материалы и методы

Исследование проведено в отделении сердечно-сосудистой патологии и диетотерапии ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии». В него было включено 956 пациентов с заболеваниями сердечно-сосудистой системы.

В соответствии с программой GCP при проведении всех исследований было получено одобрение Комитета по этике ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» и информированное согласие каждого пациента на участие в исследовании.

Критерии включения в исследование:

- заболевание сердечно-сосудистой системы: ишемическая болезнь сердца и/или артериальная гипертензия;
- возраст от 18 до 80 лет;
- отсутствие критериев невключения в исследование;
- наличие информированного согласия пациента на участие в исследовании.

Критерии невключения в исследование:

- болезни накопления и другие наследственные метаболические заболевания;
- сахарный диабет первого типа или сахарный диабет 2 типа в стадии декомпенсации;
- наследственные гиперлипидемии;
- наследственные коагулопатии;
- врожденные пороки сердца и сосудов;
- кардиомиопатии, опухоли сердца;
- первичная легочная гипертензия;
- перенесенные воспалительные заболевания сердца;
- острый инфаркт миокарда и/или острое нарушение мозгового кровообращения менее 3-х месяцев назад;
- хроническая сердечная недостаточность в стадии декомпенсации.

Всем пациентам, включенным в исследование, проведено клинико-инструментальное обследование функциональной активности сердечно-сосудистой системы и метаболического статуса, анализ липидограммы крови, выявление факторов риска ССЗ, стратификация риска развития у них сердечно-сосудистых осложнений

(ССО) и смертности от них ближайшие 10 лет по шкале SCORE2 и определение категории ССР.

В число обследованных вошло 653 мужчины (68,3 %) и 303 женщины (31,7 %), в возрасте $55,5 \pm 11,6$ лет. Клиническая характеристика пациентов, включенных в этот раздел исследования представлена в таблице 1.

Таблица 1.

Клиническая характеристика пациентов, включенных в исследование

Показатель	Число случаев, абс	Доля случаев, %
АГ	787	82,4 %
АГ 1 степени	496	49 %
АГ 2 степени	129	13,5 %
АГ 3 степени	331	34,6 %
Атеросклероз	279	29,2 %
ИБС	389	40,7 %
ИБС: ФК1	78	8,2 %
ИБС: ФК2	257	26,9 %
ИБС: ФК3	54	5,7 %
Оперативное лечение ИБС	29	3 %
ИБС: ПИКС	87	9,1 %
ОНМК	32	3,3 %
Нарушения ритма и проводимости сердца	197	20,6 %
Ожирение	832	87 %
Ожирение I степени	127	13,3 %
Ожирение II степени	245	25,6 %
Ожирение III степени	460	48,1 %
Апноэ/гипопноэсна	97	10,1 %
Нарушение углеводного обмена	238	24,9 %
Заболевания ЩЖ	99	10,4 %
Заболевания ЖКТ	446	46,7 %
Заболевания ОДС	543	57,2 %
Заболевания НС	185	19,4 %
ДЭП	67	7,1 %

Исследование клинического статуса включало в себя подробный опрос пациентов с изучением их жалоб и анамнеза заболевания, а также факторов риска развития заболеваний ССС, тщательный клинический осмотр с измерением величины АД, подсчетом ЧСС и определением характера пульса, инструментальное обследование функциональной активности сердечно-сосудистой системы и выраженности атеросклеротической болезни (ЭКГ, ЭХО КГ, суточное мониторирование артериального

давления, суточное мониторирование ЭКГ по Холтеру, УЗИ магистральных артерий головы и брахиоцефальных сосудов, исследование общего периферического сопротивления сосудов).

Клинико-инструментальная диагностика метаболического статуса включала в себя оценку фактического питания и физической активности в домашних условиях, антропометрические исследования, оценку композиционный состав тела, исследование энергетического обмена с определением суточной экскреции азота, исследование показателей метаболизма покоя и обмена макронутриентов.

Лабораторные исследования включали изучение общего анализа крови, общего анализа мочи, биохимических маркеров липидного, белкового и углеводного обмена, параметров функциональной активности гепато-билиарной системы, свертывающей системы крови, показателей гормонального профиля, электролитного обмена, витаминного статуса, продуктов перекисного окисления липидов и ферментов системы антиоксидантной защиты.

Основной интерес представляло прогнозирование рисков развития того или иного клинического события от конкретных количественных или бинарных показателей пищевого статуса пациентов.

Статистическая значимость влияния факторов на бинарную целевую переменную осуществлялась с помощью критерия Хи-квадрат Пирсона. Все факторы сортировались по убыванию значимости (статистика Хи-квадрат), и, таким образом, были отобраны ключевые факторы развития рисков развития того или иного клинического события.

Относительный риск представляет собой отношение риска наступления определенного события у лиц, подвергшихся воздействию фактора риска, по отношению к контрольной группе (группе без воздействия фактора).

Относительный риск 1 значит, что нет разницы в риске между двумя группами. Относительный риск < 1 значит, что в экспериментальной группе событие развивается реже, чем в контрольной. Относительный риск > 1 значит, что в экспериментальной группе событие развивается чаще, чем в контрольной.

Результаты

Проведенное расширенное обследование клинико-метаболического статуса пациентов позволило выявить наиболее прогностически значимые маркеры развития и прогрессирования заболеваний сердечно-сосудистой системы.

В качестве примеров приводятся варианты прогнозирования развития наиболее тяжелого заболевания ССС — разных клинических форм ишемической болезни сердца.

В таблице 2 представлен ТОП-20 факторов риска развития ИБС: безболевого формы ишемии миокарда.

Таблица 2.

ТОП-20 ключевых риска развития ИБС: безболевого ишемии миокарда

Фактор	ИБС: безболевого ишемии: частота (риск, %)		Изменение риска (95% ДИ)	Относительный риск (95% ДИ)	Уровень Р
	Фактор: Нет	Фактор: Есть			
СОЭ, динамика < -20,0 мм/ч	3 (0,4 %)	2 (25,0 %)	24,6 (-5,4; 54,6)	57,33 (11,03; 297,90)	<0,0001
ХС ЛПНП, динамика ≥ -1,0 ммоль/л	1 (0,1 %)	2 (10,5 %)	10,4 (-3,4; 24,2)	74,11 (7,02; 782,34)	<0,0001
ХС ЛПОНП ≥ 0,6 ммоль/л	2 (0,3 %)	1 (20,0 %)	19,7 (-15,3; 54,8)	71,3 (7,64; 665,40)	<0,0001
Фибриноген ≥ 683,0 мг/дл	2 (0,4 %)	2 (16,7 %)	16,3 (-4,8; 37,4)	45,67 (7,01; 297,68)	<0,0001
Тромбоциты < 158,0×10 ⁹ /л	1 (0,2 %)	3 (11,1 %)	10,9 (-1,0; 22,8)	53,89 (5,80; 501,03)	<0,0001
Сахарный диабет в анамнезе	4 (0,4 %)	4 (8,3 %)	7,9 (0,1; 15,7)	18,9 (4,87; 73,27)	<0,0001
Наличие синдрома обструктивного апноэ сна	7 (0,7 %)	1 (25,0 %)	24,3 (-18,2; 66,7)	33,96 (5,34; 216,20)	<0,0001
ОХС > 4,0 ммоль/л	3 (0,3 %)	5 (5,7 %)	5,4 (0,5; 10,3)	16,65 (4,05; 68,48)	<0,0001
Калий < 3,7 ммоль/л	5 (1,0 %)	3 (16,7%)	15,6 (-1,6; 32,9)	16,03 (4,15; 61,96)	<0,0001
Прием ингибиторов АПФ	1 (100,0 %)	1 (1,9 %)	-98,1 (-101,8; -94,5)	0,02 (0,00; 0,13)	<0,0001
Отеки нижних конечностей	5 (0,5 %)	3 (8,6 %)	8,0 (-1,3; 17,3)	15,75 (3,92; 63,31)	<0,0001

Фактор	ИБС: безболевого ишемия: частота (риск, %)		Изменение риска (95% ДИ)	Относительный риск (95% ДИ)	Уровень Р
	Фактор: Нет	Фактор: Есть			
Тромбоциты < 174,6×10 ⁹ /л	2 (0,3 %)	5 (5,9 %)	5,6 (0,6; 10,6)	19,56 (3,85; 99,25)	<0,0001
Объем талии ≥ 149,0 см	2 (1,2 %)	2 (28,6 %)	27,4 (-6,1; 60,9)	23,71 (3,89; 144,64)	<0,0001
Макс. ЧСС < 105,0 уд/мин	2 (0,3 %)	5 (4,7 %)	4,4 (0,3; 8,4)	15,28 (3,00; 77,76)	<0,0001
Доб. сахар < 3,9 г/сутки	1 (0,4 %)	2 (11,8 %)	11,4 (-4,0; 26,7)	29,65 (2,83; 310,77)	<0,0001
Витамин В ₁ < 0,6 мг/сутки	3 (1,0 %)	2 (16,7 %)	15,7 (-5,4; 36,8)	17,06 (3,14; 92,77)	<0,0001
Наличие нарушения ритма сердца	5 (0,6 %)	3 (6,4 %)	5,8 (-1,2; 12,8)	11,58 (2,85; 47,00)	<0,0001
ХСН ФК 4	7 (0,7 %)	1 (16,7 %)	15,9 (-13,9; 45,8)	22,6 (3,26; 156,52)	<0,0001
Повышение АД ≥ 1,0 мм рт.ст.	7 (0,7 %)	1 (16,7 %)	15,9 (-13,9; 45,8)	22,6 (3,26; 156,52)	<0,0001
ОХС, динамика < 3,6 ммоль/л	2 (0,3 %)	5 (3,7 %)	3,4 (0,2; 6,6)	13,58 (2,66; 69,31)	<0,0001

На основании таблицы 2 можно сделать вывод о том, что 20 из 20 факторов имеют статистическую значимость влияния на развития ИБС: безболевого ишемии миокарда с диапазоном уровней рисков от 3,7% до 100,0%.

Тремя ключевыми статистически значимыми факторами риска ее развития являются: «СОЭ (динамика) < -20,0 мм/ч», «ХС ЛПНП (динамика) ≥ -1,0 ммоль/л» и «ХС ЛПОНП ≥ 0,6 ммоль/л». Наличие одного из трех ключевых факторов повышает уровень риска «ИБС: безболевого ишемия» более чем в 57,3 раза.

В таблице 3 представлен ТОП-20 факторов риска развития ИБС: постинфарктный кардиосклероз (ПИКС).

Тремя ключевыми статистически значимыми факторами развития риска «ИБС: ПИКС» являются: наличие ПИКС или ОНМК в анамнезе, ОХС >3,6 ммоль/л и наличие атеросклероза сосудов с уровнями абсолютного риска «ИБС: ПИКС» более 25,4 %. Наличие одного из трех

ключевых факторов повышает уровень риска развития данной патологии более чем в 8,7 раза.

Таблица 3.

ТОП-20 ключевых риска развития ИБС: ПИКС.

Фактор	ИБС: ПИКС: частота (риск, %)		Изменение риска (95 % ДИ)	Относительный риск (95% ДИ)	Уровень Р
	Фактор: Нет	Фактор: Есть			
ПИКС или ОНМК в анамнезе	2 (0,2 %)	85 (73,9 %)	73,7 (65,6; 81,7)	310,8 (77,53; 1 246)	<0,0001
ОХС >3,6 ммоль/л	30 (4,1 %)	48 (35,3 %)	31,2 (23,1; 39,4)	8,69 (5,72; 13,20)	<0,0001
Наличие атеросклероза	16 (2,4 %)	71 (25,4 %)	23,1 (17,8; 28,3)	10,77 (6,37; 18,19)	<0,0001
АГ 3	12 (1,9 %)	75 (22,7 %)	20,7 (16,1; 25,4)	11,8 (6,51; 21,39)	<0,0001
ХСН ФК 2	40 (5,0 %)	47 (31,5 %)	26,6 (19,0; 34,2)	6,36 (4,34; 9,34)	<0,0001
Наличие ГЛП	35 (4,5 %)	51 (29,1 %)	24,6 (17,7; 31,5)	6,43 (4,32; 9,57)	<0,0001
Зоны гипокимеза (ЭХОКГ)	5 (3,0 %)	16 (61,5 %)	58,5 (39,6; 77,4)	20,43 (8,18; 51,02)	<0,0001
ФВ < 58,0 %	3 (0,7 %)	62 (17,9 %)	17,2 (13,1; 21,3)	25,67 (8,13; 81,07)	<0,0001
Стентирование КА в анамнезе	75 (8,0 %)	12 (66,7 %)	58,7 (36,8; 80,5)	8,34 (5,63; 12,34)	<0,0001
Зоны дискинеза (ЭХОКГ)	13 (7,1 %)	14 (77,8 %)	70,7 (51,2; 90,3)	11,01 (6,17; 19,65)	<0,0001
Ангиопатия сетчатки	54 (6,3 %)	26 (33,8 %)	27,5 (16,8; 38,2)	5,38 (3,58; 8,07)	<0,0001
ОХС, динамика <2,5 ммоль/л	41 (5,3 %)	46 (24,7 %)	19,4 (13,0; 25,8)	4,64 (3,15; 6,86)	<0,0001
ХС ЛПНП, динамика < 2,3 ммоль/л	23 (3,6 %)	64 (19,9 %)	16,2 (11,6; 20,8)	5,47 (3,46; 8,64)	<0,0001
Зоны акинеза (ЭХОКГ)	9 (5,0 %)	8 (80,0 %)	75,0 (50,0; 100,0)	16 (7,88; 32,48)	<0,0001

Фактор	ИБС: ПИКС: частота (риск, %)		Изменение риска (95 % ДИ)	Относительный риск (95% ДИ)	Уровень Р
	Фактор: Нет	Фактор: Есть			
Наличие сахарного диабета	53 (6,3 %)	31 (30,1 %)	23,8 (14,8; 32,8)	4,79 (3,23; 7,09)	<0,0001
ХС ЛПНП ≥2,6 ммоль/л	39 (5,2 %)	48 (23,1 %)	17,9 (11,9; 23,8)	4,42 (2,98; 6,55)	<0,0001
ХС ЛПНП, динамика < -2,8 ммоль/л	25 (4,6 %)	44 (24,4 %)	19,8 (13,3; 26,4)	5,31 (3,35; 8,42)	<0,0001
QT < 0,9 мсек	23 (10,4 %)	33 (54,1 %)	43,7 (30,6; 56,9)	5,22 (3,33; 8,20)	<0,0001
Натрий ≥ 959,0 г/сутки	30 (11,1 %)	28 (56,0 %)	44,9 (30,6; 59,1)	5,04 (3,32; 7,65)	<0,0001
ДЭП в анамнезе	59 (6,8 %)	22 (32,8 %)	26,1 (14,7; 37,4)	4,86 (3,19; 7,41)	<0,0001

В таблице 4 представлен ТОП-20 факторов риска развития ИБС: проведенное оперативное лечение в виде аорто-коронарного шунтирования (АКШ).

Таблица 4.

ТОП-20 ключевых риска развития ИБС: проведенное АКШ

Фактор	ИБС: ПИКС: частота (риск, %)		Изменение риска (95 % ДИ)	Относительный риск (95% ДИ)	Уровень Р
	Фактор: Нет	Фактор: Есть			
Фибриноген (динамика) < -288,0 мг/дл	2 (0,4 %)	1 (50,0 %)	49,6 (-19,7; 118,9)	137 (19,33; 970,83)	<0,0001
Масса тела < 60,0 кг	9 (0,9 %)	2 (28,6 %)	27,6 (-5,8; 61,1)	30,1 (7,88; 114,90)	<0,0001
Наличие ГЛП	1 (0,1 %)	10 (5,7 %)	5,6 (2,1; 9,0)	44,06 (5,68; 341,91)	<0,0001
ПИКС в анамнезе	3 (0,4 %)	8 (7,0 %)	6,6 (1,9; 11,3)	19,48 (5,24; 72,37)	<0,0001
ОНМК в анамнезе	7 (0,8 %)	4 (12,5 %)	11,7 (0,3; 23,2)	16,48 (5,08; 53,47)	<0,0001
QRS < 0,1 мсек	2 (0,8 %)	5 (11,4 %)	10,5 (1,1; 20,0)	13,52 (2,71; 67,51)	<0,0001

Фактор	ИБС: ПИКС: частота (риск, %)		Изменение риска (95 % ДИ)	Относительный риск (95% ДИ)	Уровень Р
	Фактор: Нет	Фактор: Есть			
Калий, динамика < -0,1 ммоль/л	3 (0,9 %)	7 (9,2 %)	8,3 (1,7; 14,8)	9,7 (2,57; 36,65)	<0,0001
Базофилы ≥ 0,4%	2 (0,3 %)	9 (3,4 %)	3,1 (0,9; 5,3)	11,47 (2,49; 52,74)	<0,0001
Тест с 6-минутной ходьбой < 120,0 м	1 (1,5 %)	1 (50,0 %)	48,5 (-20,9; 117,8)	32,5 (2,98; 354,02)	<0,0001
АГ 3	1 (0,2 %)	10 (3,0 %)	2,9 (1,0; 4,7)	18,85 (2,42; 146,63)	<0,0001
ХС ЛПВП < 0,9 ммоль/л	2 (0,3 %)	8 (3,5 %)	3,2 (0,8; 5,6)	11,21 (2,40; 52,38)	0,0001
Наличие АС	2 (0,3 %)	9 (3,2 %)	2,9 (0,8; 5,0)	10,9 (2,37; 50,14)	0,0001
ТГ ≥ 2,5 ммоль/л	6 (0,7 %)	4 (6,0 %)	5,2 (-0,5; 10,9)	7,99 (2,31; 27,62)	0,0001
ХС ЛПОНП ≥ 1,1 ммоль/л	7 (0,8 %)	4 (6,0 %)	5,2 (-0,5; 10,9)	7,55 (2,27; 25,14)	0,0001
ДЭП в анамнезе	7 (0,8 %)	4 (6,0 %)	5,2 (-0,5; 10,9)	7,44 (2,23; 24,77)	0,0002
Моно- и дисахара < 53,6 г/сутки	2 (0,8 %)	2 (12,5 %)	11,7 (-4,5; 27,9)	15,75 (2,37; 104,64)	0,0002
PQ < 0,2 мсек	2 (0,9 %)	5 (10,6 %)	9,7 (0,8; 18,6)	11,28 (2,26; 56,36)	0,0002
Ангиопатия сетчатки	6 (0,7 %)	4 (5,2 %)	4,5 (-0,5; 9,5)	7,44 (2,14; 25,79)	0,0002
Пол (Мужской)	2 (0,3 %)	9 (3,0 %)	2,7 (0,7; 4,6)	9,68 (2,10; 44,54)	0,0003
QT < 0,4 мсек	2 (0,9 %)	5 (9,3 %)	8,4 (0,6; 16,2)	10,56 (2,10; 52,95)	0,0004

Тремя ключевыми статистически значимыми факторами развития риска ИБС: проведенное оперативное лечение в виде аорто-коронарного шунтирования (АКШ) являются: фибриноген (динамика) < 288,0 мг/дл, масса

тела < 60,0 кг, ГЛП. Известно, что наличие одного из трех ключевых факторов повышает уровень риска данной патологии более чем в 30,1 раза.

В таблице 5 представлен ТОП-20 факторов риска развития ИБС: стенокардия напряжения ФК I.

Таблица 5.

ТОП-20 ключевых риска развития ИБС: стенокардия напряжения ФК I

Фактор	ИБС: стенокардия напряжения ФК I (риск, %)		Изменение риска (95 % ДИ)	Относительный риск (95 % ДИ)	Уровень P
	Фактор: Нет	Фактор: Есть			
Диагнозы — Стенокардия напряжения	17 (2,5 %)	61 (21,9%)	19,4 (14,4; 24,4)	8,75 (5,21; 14,71)	<0,0001
Терапия фибратами	0 (0,0 %)	1 (100,0 %)	100,0	—	<0,0001
Эпизоды депрессии ST ≥ 1,0 мм (СМЭКГ)	12 (3,7 %)	33 (20,5 %)	16,8 (10,2; 23,4)	5,53 (2,94; 10,42)	<0,0001
Жалобы на боли в сердце	28 (4,8 %)	50 (13,7 %)	8,9 (4,9; 12,8)	2,84 (1,82; 4,43)	<0,0001
Ср САД ≥ 142,0 мм рт. ст. (СМАД)	0 (0,0 %)	4 (15,4 %)	15,4	—	<0,0001
Мин сатурация ≥ 93,8 %	1 (2,4 %)	1 (100,0 %)	97,6 (93,0;102)	42 (6,06; 291,24)	<0,0001
Мин. САД день ≥ 124,00 мм рт.ст. (СМАД)	1 (0,9 %)	3 (25,0 %)	24,1 (-0,5; 48,7)	27,5 (3,10; 244,08)	<0,0001
РН мочи ≥ 7,0	0 (0,0 %)	1 (33,3 %)	33,3	—	<0,0001
Объем талии < 112,0 см	4 (1,7 %)	42 (11,1 %)	9,4 (5,8; 13,0)	6,56 (2,38; 18,05)	<0,0001
ИБС в анамнезе	72 (10,3 %)	6 (2,3 %)	-8,0 (-10,9; -5,1)	0,23 (0,10; 0,51)	<0,0001
Мочевая к-та < 298,0 мкмоль/л	36 (5,9 %)	30 (14,3 %)	8,4 (3,3; 13,5)	2,43 (1,54; 3,84)	0,0001
Макс. ДАД ≥ 107,0 мм рт.ст. (СМАД)	1 (0,7 %)	9 (12,7 %)	11,9 (4,1; 19,8)	17,37 (2,24; 134,36)	0,0001

Фактор	ИБС: стенокардия напряжения ФК I (риск, %)		Изменение риска (95 % ДИ)	Относительный риск (95 % ДИ)	Уровень P
	Фактор: Нет	Фактор: Есть			
ВИВР ≥ 124,0	16 (6,3%)	19 (19,6%)	13,3 (4,8; 21,7)	3,1 (1,66; 5,77)	0,0002
ГР < 1,6 Ед/г Нб	13 (5,4 %)	28 (16,3 %)	10,9 (4,6; 17,1)	3,01 (1,60; 5,63)	0,0003
Ср ДАД ≥ 85,0 мм рт.ст. (СМАД)	0 (0,0 %)	4 (10,0 %)	10,0	—	0,0004
Х С ЛПВП ≥ 1,5 ммоль/л	50 (6,6 %)	28 (13,9 %)	7,2 (2,1; 12,3)	2,09 (1,35; 3,23)	0,0009
РБ аорта ≥ 29,0	3 (3,6 %)	1 (50,0 %)	46,4 (-23;116)	14 (2,37; 82,72)	0,0021
Калий, динамика < -0,4	21 (5,8 %)	6 (20,7 %)	14,9 (0,0; 29,8)	3,58 (1,57; 8,16)	0,0023
Макс. САД ≥ 173,0 мм рт.ст. (СМАД)	4 (2,4 %)	6 (14,0 %)	11,5 (0,9; 22,2)	5,79 (1,71; 19,61)	0,0016
Возраст ≥ 51,0 лет	11 (3,9 %)	67 (10,0 %)	6,1 (2,9; 9,3)	2,55 (1,37; 4,76)	0,0018

Тремя ключевыми статистически значимыми факторами развития риска ИБС: стенокардия напряжения ФК I являются: наличие ИБС в анамнезе, терапия фибратами и наличие эпизодов депрессии ST ≥ 1,0 мм по данным СМЭКГ.

Заключение

Таким образом, эти примеры клинического течения ИБС демонстрируют существенные отличия в прогнозируемых факторах риска их развития. В одном случае ключевыми являются параметры лабораторной диагностики, в другом случае параметры клинического течения атеросклеротического процесса, в третьем и четвертом — их совокупность.

Результаты исследования позволили выявить конкретные факторы прогнозирования развития той или иной формы ИБС. Принимая во внимание наличие этих факторов, возможно проводить адекватную коррекцию и своевременные профилактические мероприятия, тем самым предотвращая развитие и прогрессирование данных нозологических форм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Eckel R.H., Jakić J.M., Ard J.D. American College of Cardiology/American Heart Association Practice Guidelines Task Force. 2013 AHA/ACC Guidelines for Lifestyle Management to Reduce Cardiovascular Disease Risk: American College of Cardiology/American Heart Association Practice Guidelines Task Force Report. *Circulation* 2014; 129(Appendix 2):S76–99. DOI:10.1161/01.CIR.0000437740.48606.d1
2. World Health Organization. Global status report on non — communicable diseases. [http:// apps.who.int/iris/bitstream/10665/44579/1/9789240686458_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44579/1/9789240686458_eng.pdf). (20 June 2018).
3. Anders Holt, Bruno Batinica, Jingyuan Liang, Andrew Kerr, Sue Crengle, Ben Hudson, Susan Wells, Matire Harwood, Vanessa Selak, Suneela Mehta, Corina Grey, Morten Lamberts, Rod Jackson, Katrina K Poppe, Development and validation of cardiovascular risk prediction equations in 76 000 people with known cardiovascular disease, *European Journal of Preventive Cardiology*, Volume 31, Issue 2, January 2024, Pages 218–227, <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwad314>.
4. Goff DC, Lloyd-Jones DM, Bennett G, Cody S, D'Agostino RB, Gibbons R, et al. 2013 ACC/AHA Guidelines for Cardiovascular Risk Assessment: A Report from the American College of Cardiology/American Heart Association Practice Guidelines. *Circulation* 2014; 129:C49–C73. <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000437741.48606.98>.
5. WHO working group on CVD risk matrix. World Health Organization Cardiovascular Disease Risk Charts: Revised Models for Risk Assessment in 21 Regions of the World. *Lancet Glob Health* 2019; 7:e1332–e1345. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(19\)30318-3](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(19)30318-3).
6. Hippisley-Cox J., Copeland K., Tigrovoy. Development and validation of QRISK3 risk prediction algorithms for estimating future cardiovascular disease risk: a prospective cohort study. *BMJ* 2017; 357; J2099. <https://doi.org/10.1136/bmj.j2099>.
7. Helgason H, Eiríksdóttir T, Ulfarsson M.O., et al. Evaluation of large-scale proteomics for predicting cardiovascular events. *JAMA*. 2023; 330(8):725–735. DOI:10.1001/jama.2023.13258.
8. Lazzeroni D., Coruzzi. Risk stratification in secondary prevention of cardiovascular diseases. *Minerva Cardioangiol*. 2018 August; 66(4):471–476. DOI: 10.23736/S0026-4725.18.04648-0. Epub 2018 February 19. PMID: 29458249.
9. Benincasa G, Suades R, Padro T, Badimon L, Napoli C. Bioinformatic platforms for the clinical stratification of the natural history of atherosclerotic cardiovascular diseases. *Eur Heart J Cardiovasc Pharmacother*. 14 December 2023; 9(8):758–769. DOI: 10.1093/ehjcvp/pvad059. PMID: 37562936.
10. Akya R.K., Leonardi-B.J., Asselbergs F.V., Patel RS, Durrington., Wierzbicki A.S., Ibiwoye OH, Kai J., Qureshi N., Weng SF. Prediction of major adverse cardiovascular events for secondary prevention: a protocol for systematic review and meta-analysis of risk prediction models. *BMJ Open*. 2020 Jul 27; 10(7):E034564. DOI: 10.1136/bmjopen-2019-034564. PMID: 32718921; PMCID: PMC738948.

© Дербенева Светлана Анатольевна (sderbeneva@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРЕДИКЦИЯ ПРЕЭКЛАМПСИИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

PREDICTION OF PREECLAMPSIA
(LITERATURE REVIEW)

F. Kazanchi
S. Batman
E. Belsky
I. Barkalova
V. Donetsky

Summary. Pre-eclampsia is a multisystem disease that typically affects 2 % to 5 % of pregnant women and is one of the leading causes of maternal and perinatal morbidity and mortality, especially when the disease starts early. Globally, 76,000 women and 500,000 babies die each year from this disease. In addition, women in low-resource countries are at higher risk of developing hypertensive disorders during pregnancy and preeclampsia compared to women in high-resource countries. This is because socioeconomic, educational, and environmental disadvantages have historically plagued vulnerable communities, leading to nutritional inequalities, poor nutrition, obesity, and diabetes (before and during pregnancy), which increased the incidence of pregnancy complications, in particular preeclampsia. To date, the incidence of this disease at all stages of pregnancy (1st, 2nd and 3rd trimester) is only increasing, and therefore there is an urgent need for early prediction and prevention of preeclampsia.

Keywords: complication of pregnancy, prognosis, preeclampsia.

Казанчи Фатима Байзетовна

Ассистент, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Россия, Краснодар
fatima.kazanchi.93@mail.ru

Батмен Саида Казбековна

Доцент, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Россия, Краснодар
tkhatl.saida@mail.ru

Бельский Евгений Анатольевич

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Россия, Краснодар
Bielskii2000@mail.ru

Баркалова Ирина Александровна

Врач-терапевт, Место работы ГБУЗ «Городская поликлиника № 10 г. Краснодара» МЗ КК Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Россия, Краснодар
barkalova695@gmail.com

Донецкий Виктор Николаевич

Ассистент, ГБУЗ «Городская поликлиника № 10 г. Краснодара» МЗ КК Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Россия, Краснодар
lipovitin@gmail.com

Аннотация. Преэклампсия — мультисистемное заболевание, которым обычно страдают от 2 % до 5 % беременных женщин и которое является одной из ведущих причин материнской и перинатальной заболеваемости и смертности, особенно при раннем начале заболевания [18]. Во всем мире от этого заболевания ежегодно умирают 76000 женщин и 500000 младенцев [18]. Кроме того, женщины в странах с низким уровнем ресурсов подвержены более высокому риску развития гипертензивных нарушений во время беременности и преэклампсии по сравнению с женщинами в странах с высокими ресурсами. Это связано с тем, что социально-экономические, образовательные и экологические неблагоприятные условия исторически преследовали уязвимые сообщества, что приводило к неравенству в питании, некачественному питанию, ожирению и диабету (до и во время беременности), что увеличивало частоту осложнений беременности, в частности преэклампсию. На сегодняшний день показатель возникновения данного заболевания на всех этапах беременности (1-ый, 2-ой и 3-ий триместр) только увеличивается, а следовательно, возникает острая необходимость раннего прогнозирования и предупреждения преэклампсии.

Ключевые слова: осложнения беременности, прогноз, преэклампсия.

Презеклампсию традиционно определяют, как начало гипертензии, сопровождающееся выраженной протеинурией, после 20 недель беременности. В последнее время определение преэклампсии было расширено. На сегодняшний день на международном уровне определение преэклампсии — это определение, предложенное Международным обществом по изучению гипертензии во время беременности (ISSHP) [5].

Согласно ISSHP, преэклампсия определяется как систолическое артериальное давление на уровне ≥ 140 мм рт.ст. и/или диастолическое артериальное давление на уровне ≥ 90 мм рт.ст. по крайней мере в двух измерениях с интервалом в 4 часа у ранее нормотензивных женщин и сопровождается ≥ 1 из следующих новых: — начальные условия в или после 20 недель беременности. Протеинурия: белок суточной мочи ≥ 300 мг/сут; соотношение белок/креатинин в разовой моче ≥ 30 мг/ммоль или $\geq 0,3$ мг/мг, или анализ мочи с помощью тест-полосок ≥ 2 [7].

Другие дисфункции материнских органов [21]:

- Острое повреждение почек (креатинин ≥ 90 мкмоль/л; $> 1,1$ мг/дл);
- Поражение печени (например, повышение активности печеночных трансаминаз > 40 МЕ/л) с болью в правом подреберье или эпигастральной области или без нее;
- Неврологические осложнения (включая эклампсию, изменение психического состояния, слепоту, инсульт или, чаще, гиперрефлексию, сопровождающуюся клонусом, сильными головными болями и стойкими зрительными скотомами);
- Гематологические осложнения (тромбоцитопения — число тромбоцитов $< 150\ 000$ /мкл, диссеминированное внутрисосудистое свертывание крови, гемолиз);
- Маточно-плацентарная дисфункция (например, задержка роста плода, аномальная форма доплеровской волны пупочной артерии или мертворождение).

Преэклампсию можно разделить на [3]:

- Преэклампсия с ранним началом (с родами в сроке $< 34 + 0$ нед гестации).
- Преждевременная преэклампсия (с родами в $< 37 + 0$ недель гестации).
- Преэклампсия с поздним началом (с родами в сроке $\geq 34 + 0$ недель гестации).
- Преэклампсия в срок (с родами в сроке $\geq 37 + 0$ недель гестации).

Перечисленные подклассы не исключают друг друга. Преэклампсия с ранним началом связана с гораздо более высоким риском краткосрочной и долгосрочной материнской и перинатальной заболеваемости и смерт-

ности. Доказательства высокого качества продемонстрировали, что раннее начало и преждевременная преэклампсия могут быть эффективно предсказаны с помощью модели, основанной на методе Байеса, которая включает материнские факторы и ряд биологических параметров, измеренных на сроке 11–13 недель беременности. Когда женщины с высоким риском (с расчетным риском $\geq 1:100$) лечатся аспирином в дозе 150 мг на ночь в период с 11 по 14 недель беременности, то частота ранней и преждевременной преэклампсии может быть снижена на 60 % и более [9]. FIGO (Международная федерация гинекологии и акушерства) одобрила эту стратегию «выявления и предотвращения» преэклампсии в первом триместре, и ее практическое руководство было опубликовано в 2019 году [9].

Текущая широкомасштабная дородовая помощь основана на моделях здравоохранения, разработанных в начале 20 века. В 1929 году Министерство здравоохранения Великобритании издало Меморандум о дородовых клиниках, в котором рекомендовалось, чтобы женщины проходили обследование на 16-й неделе беременности, а затем на 24-й и 28-й неделе, раз в две недели до 36-й недели, а затем еженедельно до родов [16]. Не было предложено четкого обоснования сроков или клинического содержания посещений, тем не менее, эти рекомендации установили схему дородовой помощи, которой придерживаются во всем мире и по сей день.

Распространено мнение, что дородовая помощь должна быть сосредоточена вокруг третьего триместра беременности, когда клинически проявляется большинство осложнений и могут быть диагностированы неблагоприятные исходы. Текущий метод мониторинга преэклампсии основан на этой 90-летней схеме лечения, которая требует, чтобы при каждом клиническом посещении женщины обследовались на гипертензию и протеинурию. Однако даже в случае раннего начала заболевания этот подход выявляет артериальную гипертензию и преэклампсию только на поздней стадии проявления, что не обязательно позволяет оптимизировать уход как за матерью, так и за плодом, к примеру стабилизировать АД.

В последнее десятилетие были предприняты значительные усилия по разработке инструментов для стратификации риска и прогнозирования преэклампсии у женщин с высоким риском, а также краткосрочного прогнозирования у женщин с признаками и симптомами преэклампсии и женщин с подтвержденным диагнозом. FIGO собрала вместе международных экспертов для обсуждения и оценки текущих знаний по этой теме и разработки документа, в котором были бы сформулированы вопросы и предложены ключевые действия для снижения бремени для здоровья, связанного с преэклампсией. Цель FIGO, изложенная в этом документе, заключается в следующем [1]:

1. повышать осведомленность о связях между преэклампсией и плохими материнскими и перинатальными исходами, а также о будущих рисках для здоровья матери и потомства, и требовать четко определенной повестки дня для решать эту проблему глобально;
2. создать согласованный документ, который содержит рекомендации по прогнозированию, стратификации риска, мониторингу и лечению преэклампсии во втором и третьем триместрах беременности, а также распространять и поощрять его использование.

Основанный на высококачественных доказательствах, документ описывает текущие глобальные стандарты стратификации риска, мониторинга и лечения преэклампсии во втором и третьем триместре беременности. В нем представлены наиболее прагматичные рекомендации для различных ресурсов с учетом осуществимости, приемлемости и простоты реализации рекомендаций, для значительного снижения медицинского и экономического бремени, вызванного преэклампсией. Предложения предоставляются для различных региональных и ресурсных условий в зависимости от их финансовых, человеческих и инфраструктурных ресурсов, а также для приоритетов исследований для преодоления текущего пробела в знаниях и фактических данных.

Для лечения преэклампсии FIGO рекомендуется следующее [4]:

- Акцент на общественное здравоохранение: международное сообщество должно уделять больше внимания преэклампсии и связям между материнским здоровьем и неинфекционными заболеваниями. Требуется дополнительные усилия для повышения осведомленности о преимуществах дородовых визитов в раннем возрасте, ориентированных на женщин репродуктивного возраста, особенно в странах с низким уровнем ресурсов.
- Стратификация риска и мониторинг у бессимптомных женщин: следует проводить надлежащее антенатальное наблюдение за матерью и плодом для женщин с высоким риском преэклампсии. Там, где позволяют ресурсы, можно включить следующее: руководство по распознаванию симптомов и тому, когда обращаться за медицинской помощью; мониторинг артериального давления в домашних условиях; регулярная формальная клиническая оценка (измерение артериального давления, оценка протеинурии с помощью полосок и, при наличии, анализы на гемоглобин, количество тромбоцитов, креатинин сыворотки и трансаминазы печени); ультразвуковая оценка роста плода и доплерография пупочной артерии; Допплерография маточных артерий.

- Ведение женщин с подтвержденной преэклампсией: женщин с преэклампсией следует обследовать в больнице при первом диагнозе. После этого некоторых женщин можно лечить амбулаторно, как только будет установлено, что их состояние стабильно, и на них можно положиться, чтобы контролировать артериальное давление дома и обращаться за медицинской помощью при повышении / повышении артериального давления. Необходимо обеспечить надлежащее дородовое наблюдение за матерью и плодом. Если позволяют ресурсы, может быть включено следующее: оценка состояния матери по компонентам моделей PIERS (комплексная оценка показателей риска преэклампсии), лабораторное обследование матери, ультразвуковая оценка роста плода, доплерография пупочной артерии и кардиотокография плода.

- Для оценки риска для плода при гипертензивной беременности следует использовать следующее: возраст матери, симптомы и протеинурию с помощью измерительной полоски. Для лечения нетяжелой артериальной гипертензии повышенное артериальное давление следует лечить антигипертензивной терапией с целью достижения систолического артериального давления и диастолического артериального давления, равных или ниже 135 и 85 мм рт.ст. соответственно. Пероральный лабеталол, нифедипин и метилдопа следует рассматривать как антигипертензивные средства первой линии при нетяжелой гипертензии. Тяжелую артериальную гипертензию (систолическое артериальное давление ≥ 160 мм рт.ст. или диастолическое артериальное давление ≥ 110 мм рт.ст.) следует срочно лечить антигипертензивной терапией в условиях наблюдения. Сильно повышенное диастолическое артериальное давление следует снизить до целевого уровня 85 мм рт.ст., но постепенно, в течение нескольких часов или дней. нифедипин перорально, лабеталол перорально, лабеталол внутривенно, и внутривенный гидралазин считаются антигипертензивными препаратами первой линии при тяжелой гипертензии. Сульфат магния рекомендуется для профилактики эклампсии, а также в качестве нейропротекторного средства для профилактики перинатальной заболеваемости при преждевременной преэклампсии, требующей родоразрешения в срок <32 недель.

Важно отметить, что множеством исследователей было доказано, что помимо использования в качестве инструмента скрининга в первом триместре, тесты на основе PLGF обладают высокой диагностической точностью у женщин с подозрением на преэклампсию. Не-

давнее проспективное многоцентровое исследование продемонстрировало, что низкие концентрации циркулирующего материнского PLGF обладают высокой чувствительностью (96 %; 95 % ДИ, 89–99) и отрицательной прогностической ценностью (98 %; 95 % ДИ, 93,0–99,5). Исследование показало, что тест Triage PLGF при пороговом значении 100 пг/мл (при этом ≥ 100 пг/мл считается нормальным результатом) имел отрицательную прогностическую ценность 98 % при использовании для исключения преэклампсии, требующей родоразрешения в течение следующих 14 дней [12]. Оценка женщин с аномальным результатом менее 12 пг/мл (нижний предел обнаружения) показала высокую специфичность (>90 %) для той же конечной точки. Эти тесты были действительны у женщин с подозрением на преэклампсию, включая женщин с артериальной гипертензией, протеинурией, задержкой роста плода или симптомами, указывающими на преэклампсию, такими как головная боль или боль в эпигастрии. Тест хорошо работает между 20 и 34 неделями беременности.

Авторы продолжили применять эти пороговые значения в прагматическом ступенчатом испытании, чтобы увидеть, повлияло ли знание теста на поведение и результаты. Исследование PARROT продемонстрировало, что в среднем на сроке 32 недели беременности наличие результатов PLGF (с использованием теста Triage PLGF) существенно сокращает время до клинического подтверждения преэклампсии. Высокая отрицательная прогностическая ценность тестов на основе PLGF поддерживает их использование в качестве инструмента «исключения» у женщин с подозрением на недоношенность [20]. Мы предлагаем их использовать вместе с клинической оценкой, чтобы помочь исключить преэклампсию у женщин с подозрением на развитие заболевания. Хотя ангиогенные маркеры могут иметь значение при преэклампсии, учитывая исходное количество женщин с гипертензией и протеинурией с помощью тест-полосок, это еще предстоит установить. Кроме того, необходима дальнейшая работа, чтобы установить ценность повторных измерений PLGF у женщин с подозрением или подтвержденной преэклампсией, особенно после 35 недель.

В исследовании COMPARE оценивались три из этих тестов в одной и той же популяции женщин с использованием пороговых значений, рекомендованных производителем: тест Triage PLGF (Quidel Corporation, Сан-Диего, Калифорния, США), тест DELFIA-Xpress PLGF 1-2-3 (PerkinElmer Inc., Уолтем, Массачусетс, США) и соотношение sFlt-1/PLGF в иммуноанализе Elecsys (Roche Diagnostics, Мангейм, Германия) [17]. Аналогичная эффективность была продемонстрирована при прогнозировании потребности в родах в течение 14 дней у женщин с подозрением на преэклампсию.

Окончательный выбор того, какой анализ использовать, будет зависеть от стоимости, доступности и клинической полезности, такой как простота использования. Тест Triage PLGF и соотношение sFlt-1/PLGF для иммуноанализа Elecsys были рекомендованы Национальным институтом здравоохранения и передового опыта (NICE) в качестве исключаящего теста на преэклампсию в сроке менее 35 недель [17].

Роль соотношения sFlt-1/PLGF для прогнозирования неблагоприятных исходов, связанных с преэклампсией, изучалась в проспективном исследовании с участием 616 женщин с признаками и симптомами заболевания [11]. Женщины подходили для включения в исследование, если у них было либо повышенное артериальное давление, либо протеинурия и/или такие симптомы, как головная боль, визуальные симптомы, боль в правом подреберье или отек. Первичной конечной точкой было развитие нежелательных явлений со стороны матери и/или плода, связанных с преэклампсией, в течение 2 недель. Побочные явления у матери определялись как сочетание артериальной гипертензии и отклонений от нормы показателей функции печени, диссеминированного внутрисосудистого свертывания крови, отека легких или эклампсии. Побочные явления у плода включали указанные роды, задержку роста плода или гибель плода или новорожденного. Побочные эффекты наблюдались у 43,5 % всех пациенток ($n = 268$) и у 33,5 % женщин, поступивших на сроке менее 34 недель беременности ($n = 268$) [10]. У женщин, у которых было нежелательное явление, связанное с преэклампсией, было значительно повышенное соотношение sFlt-1/PLGF по сравнению с теми, у кого его не было (47,0, межквартильный размах [IQR] 15,5–112,2 против 10,8, IQR 4,1–28,6; $P < 0,001$). У женщин, обратившихся на сроке менее 34 недель беременности ($n = 176$), результаты были более поразительными (226,6, IQR 50,4–547,3 против 4,5, IQR 2,0–13,5; $P < 0,001$) [10]. Для женщин, обратившихся до 34 недель беременности, добавление отношения sFlt-1/PLGF к гипертензии и протеинурии значительно улучшило прогноз последующих неблагоприятных исходов (площадь под кривой рабочей характеристики приемника (AUC) 0,93 для гипертензии, протеинурии и Соотношение sFlt-1/PLGF по сравнению с 0,84 только для гипертонии и протеинурии; $P < 0,001$). Роды произошли в течение 2 недель после поступления у 86,0 % женщин с соотношением sFlt-1/PLGF выше 85 по сравнению с 15,8 % женщин с соотношением sFlt-1/PLGF менее 85 (отношение рисков 15,2; 95 % ДИ, 8,0–28,7) [10].

В исследовании PROGNOSIS, проведенном в 14 странах, изучалась способность отношения sFlt-1/PLGF предсказывать отсутствие преэклампсии в течение 1 недели и предсказывать наличие преэклампсии в течение 4 недель у женщин с признаками и симптомами преэклампсии. В это исследование были включены 1050 беремен-

ных женщин в возрасте 18 лет и старше в возрасте 24–36 лет [2].

Показаниями к плановым родам, независимо от гестационного возраста или гипертензивного расстройства, являются осложнения со стороны органов-мишеней, связанные с повышенным риском материнской или перинатальной смерти [8]. Для женщин с преэклампсией ни мочева кислота в сыворотке, ни уровень протеинурии не должны использоваться в качестве показаний к родам.

При сроке <34 недель нет данных, указывающих на то, что женщинам с хронической или гестационной гипертензией будет полезно родоразрешение, если нет особых показаний к родам, как указано выше. В этом гестационном возрасте для женщин с преэклампсией небольшие рандомизированные контролируемые исследования показывают, что выжидательная тактика может улучшить исходы новорожденных без увеличения материнского риска. Однако выжидательная тактика должна осуществляться только там, где имеются адекватные службы для удовлетворения потребностей больной матери и ребенка. На сроке 34 + недель данных для лечения женщин с хронической или гестационной гипертензией немного. Одно исследование сроков родов включало женщин с хронической гипертензией, но у них была либо наложенная преэклампсия, либо «ухудшающаяся гипертензия», которая удовлетворяет определению наложенной преэклампсии во многих руководствах.

В исследование NUPITAT-II были включены 182 женщины с гестационной гипертензией [13]. Хотя исходы были сходны с исходами у женщин с преэклампсией при анализе подгрупп, начало родов могло быть связано со снижением материнского, но с увеличением неонатального риска; однако количество рандомизированных женщин было недостаточным для того, чтобы основывать рекомендацию.

В доношенном гестационном возрасте женщины с хронической гипертензией могут получить пользу от родов в сроке 38 + недель с точки зрения снижения частоты тяжелой гипертензии, мертворождения и кесарева сечения, но данные в основном носят наблюдательный характер; данные рандомизированного контролируемого исследования с участием 50 женщин позволяют предположить, что начало родов в сроке 37 + недель связано с избыточной неонатальной заболеваемостью [6].

Важно отметить, что родовозбуждение не увеличивает частоту кесарева сечения. Фактически, в исследованиях гипертензии беременных индукция родов в срок или в ближайшем будущем была связана с значительным снижением числа кесаревых сечений. В испытаниях по индукции родов, взятых вместе, индукция

родов уменьшала (но не увеличивала) частоту кесарева сечения. Исследование PHOENIX было связано со значительно более спонтанными родами через естественные родовые пути в группе рутинных родов. Кроме того, были проведены исследования начала родов и выжидательной тактики в условиях, когда гипертензия лечится при значительном повышении, например $\geq 150/100$ 83 или $\geq 160/110$ мм рт.ст., важный факт, учитывая ключевой исход тяжелой гипертензии, заболеваемость которой можно снизить вдвое с помощью антигипертензивной терапии [21].

Послеродовой уход. Артериальное давление следует продолжать контролировать после родов, так как оно, вероятно, будет самым высоким через 3–6 дней после рождения. У женщин может развиваться преэклампсия или осложнения, связанные с преэклампсией (включая эклампсию), впервые после рождения. Самые высокие значения артериального давления могут наблюдаться после того, как женщина покинет стационарное учреждение, в котором ведется наблюдение, поэтому важно иметь план мониторинга артериального давления. Большинство антигипертензивных средств, включая ингибиторы АПФ, допустимы при грудном вскармливании [5].

Первоначальные опасения, что применение нестероидных противовоспалительных препаратов (НПВП) может усилить императивные позывы при гипертонической болезни при использовании после рождения после беременности с гипертонической болезнью, не подтвердились. Ретроспективные когортные исследования (с участием 538 женщин, в основном с преэклампсией на более поздних стадиях) показывают, что НПВП не повышают послеродовое артериальное давление, гипотензивную дозу и не требуют повышения дозы, осложнений у матери, повторной госпитализации или применения опиоидов [12]. Два рандомизированных контролируемых исследования ибупрофена по сравнению с ацетаминофеном/парацетамолом для послеродовой анальгезии при «тяжелой» преэклампсии были обнадеживающими, обнаружив либо отсутствие повышения артериального давления до 6 недель после рождения или повышение артериального давления, но без увеличения частоты тяжелой гипертензии. Таким образом, НПВП могут использоваться для послеродовой анальгезии после беременности с гипертензией, если нет проблем с контролем артериального давления и нет других факторов риска послеродового острого повреждения почек (например, послеродовое кровотечение или хроническое заболевание почек).

Таким образом рекомендуется проводить следующие мероприятия в 6–12 недель после родов, а затем периодически, предпочтительно ежегодно, после беременности, осложненной гипертензивными расстройствами [4]:
— история и медицинский осмотр;

- измерения артериального давления;
- рассмотреть возможность проведения скрининга на другие факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний и диабета в соответствии с дополнительными факторами риска.

Преэклампсия является общепризнанным фактором риска долговременных осложнений у матери и новорожденного. Даже после исчезновения симптомов существует повышенный риск сердечно-сосудистых, цереброваскулярных и сосудистых заболеваний у матери в будущем. Кроме того, несколько исследований, хотя и менее изученных, уже продемонстрировали, что дети, антенатально подвергшиеся преэклампсии, подвержены повышенному риску долговременных сердечно-сосудистых, респираторно-психиатрических, желудочно-кишечных и эндокринологических заболеваний.

Будущие материнские сердечно-сосудистые заболевания, вероятно, являются наиболее изученным отдаленным последствием гипертонической болезни беременных. Многочисленные систематические обзоры контролируемых исследований оценивали риск поздних сердечно-сосудистых событий у женщин с гипертонической болезнью в анамнезе и без нее во время беременности. В 2007 г. были опубликованы результаты систематического обзора и метаанализа риска сердечно-сосудистых заболеваний в будущем у женщин, перенесших преэклампсию [17]. Было проведено 25 исследований, включающих более 3 миллионов женщин, из которых около 5% имели в анамнезе преэклампсию, в результате исследователи сообщили, что относительный риск (ОР) артериальной гипертензии составляет 3,70 (95 % ДИ, 2,70–5,05), ишемической болезни сердца болезнь 2,16 (95 % ДИ, 1,86–2,52), инсульт 1,81 (95 % ДИ, 1,45–2,27) и венозная тромбоэмболия 1,79 (95 % ДИ, 1,37–2,33) [18]. В их анализе также был отмечен относительный риск 1,49 (95 % ДИ, 1,05–2,14) общей смертности после преэклампсии. Другой метаанализ, который включал исследования случай-контроль и когортные исследования, показал, что отношение шансов сердечно-сосудистых заболеваний составляло 2,47 (95 % ДИ, 1,22–5,01) в исследованиях случай-контроль, а относительный риск в когортных исследованиях составлял 2,33 (95 % ДИ, 1,95–2,78). Учёные также сообщили о повышенном риске цереброваскулярных заболеваний (ОР 2,03; 95 % ДИ 1,54–2,67) и смертности от сердечно-сосудистых заболеваний (ОР 2,29; 95 % ДИ 1,73–3,04). Аналогичным образом, обзор 43 исследований показал, что преэклампсия связана с приблизительно двукратным увеличением вероятности сердечно-сосудистых заболеваний и цереброваскулярных заболеваний и трехкратным увеличением риска гипертонии [18].

В 2017 г. Wu et al. провели 22 исследования с участием более 6,4 миллионов женщин, включая более

258 000 женщин с преэклампсией. С поправкой на потенциальные искажающие факторы, такие как возраст, индекс массы тела и сахарный диабет, они продемонстрировали, что преэклампсия была независимо связана с повышенным риском сердечной недостаточности в будущем (ОР 4,19; 95 % ДИ, 2,09–8,38), ишемической болезнью сердца. (ОР 2,50; 95 % ДИ, 1,43–4,37), смерть от сердечно-сосудистых заболеваний (ОР 2,21; 95 % ДИ, 1,83–2,66) и инсульт (ОР 1,81; 95 % ДИ, 1,29–2,55), что еще раз подчеркивает важность пожизненного мониторинга сердечно-сосудистых факторов риска у женщин с преэклампсией в анамнезе [15].

Надежность этих данных уже побудила Американскую кардиологическую ассоциацию (АНА) в 2011 году считать преэклампсию или гестационную гипертензию в анамнезе основным фактором риска развития сердечно-сосудистых заболеваний. Американский колледж акушеров и гинекологов (ACOG) совместно с АНА опубликовал рекомендации президента для АНА, в которых содержатся конкретные рекомендации по скринингу факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний для женщин с преэклампсией в анамнезе, которая была недоношенной (<37 недель) или рецидивирующей. Для этой группы женщин ACOG рекомендует проводить ежегодный скрининг артериального давления, липидов, уровня сахара в крови натощак и индекса массы тела. Эта рекомендация относится только к женщинам с недоношенной или рецидивирующей преэклампсией, поскольку они подвергаются наибольшему риску смертности от сердечно-сосудистых заболеваний; скрининг женщин с предшествующей доношенной преэклампсией не рассматривался.

Наблюдение, сделанное ACOG между доношенной и недоношенной преэклампсией, важно, поскольку величина вышеуказанных результатов дополнительно подчеркивается тяжестью, рецидивом и гестационным возрастом начала гипертонивного расстройства.

Женщины с ранней преэклампсией подвержены значительно более высокому риску сосудистых заболеваний по сравнению с поздней преэклампсией. Норвежское популяционное когортное исследование 626 272 родов показало, что у женщин с преэклампсией долгосрочный риск смерти в 1,2 раза выше (95 % ДИ, 1,02–1,37), чем у женщин, у которых преэклампсии не было [14]. При стратификации по доношенным или преждевременным родам, учитывая, что преэклампсия может быть более тяжелой, если она началась преждевременно, риск увеличился до 2,71 (95 % ДИ, 1,99–3,68) у женщин с преэклампсией и преждевременными родами по сравнению с женщинами без преждевременных родов. Кроме того, риск смерти от сердечно-сосудистых причин среди женщин с преэклампсией и преждевременными родами был в 8,12 раза выше (95 % ДИ,

4,31–15,33), чем у женщин без преэклампсии. Сходные результаты были получены в других исследованиях, где отношение риска сердечно-сосудистой смерти, связанной с преждевременной преэклампсией (роды <37 недель), было в 3,7 раза выше [14].

Между тяжестью преэклампсии и долгосрочным риском сердечно-сосудистых заболеваний наблюдалась зависимость доза-реакция. В 2015 году Кессоус и соавторы сообщили о значительной связи между преэклампсией и сердечно-сосудистыми заболеваниями и показали линейную связь между тяжестью преэклампсии (преэклампсия отсутствует, легкая преэклампсия, тяжелая преэклампсия и эклампсия) и риском сердечно-сосудистых заболеваний в будущем. (2,75 % против 4,5 % против 5,2 % против 5,7 % соответственно; $P = 0,001$). Подобные результаты были опубликованы в более ранних исследованиях, а также были обнаружены в метаанализе McDonald et al., при этом легкая, умеренная и тяжелая преэклампсия были связаны с относительным риском развития сердечно-сосудистых заболеваний в 2,00, 2,99 и 5,36 соответственно [7].

Была задокументирована значительная линейная связь между количеством предыдущих беременностей с преэклампсией и риском сердечно-сосудистых заболеваний в будущем. Об этой связи также сообщалось в когортном исследовании на основе регистра в Дании, где повторнородящие женщины имели повышенный риск на 2,8 (95 % ДИ, 2,3–3,4) после двух беременностей, осложненных преэклампсией, по сравнению с более низким 1,3 (95 % ДИ, 1,1–1,5) повышенный риск, если только их первая беременность была преэклампсией, обе по сравнению с повторнородящими женщинами без гипертонической болезни [8]. Следует отметить, что соответствующие относительные риски инсульта у женщин в этом исследовании составляли 1,5 и 1,2.

Женщины с преэклампсией также могут подвергаться повышенному риску развития терминальной стадии почечной недостаточности (ТХПН) в более позднем возрасте, но абсолютный риск невелик. Ретроспективное исследование, проведенное в Норвегии, показало, что женщины с преэклампсией во время первой беременности имели четырехкратное увеличение риска ТХПН по сравнению с женщинами без преэклампсии (ОР 4,7; 95 % ДИ 3,6–6,1), но абсолютный риск ТХПН составляла менее 1 % в течение 20 лет [10]. Аналогичным образом, в другом исследовании 106 женщин с преэклампсией имели повышенный риск почечной недостаточности в более позднем возрасте, что также было связано с тяжестью преэклампсии (преэклампсия отсутствует, преэклампсия легкой степени, преэклампсия тяжелой степени, и эклампсия), хотя общая распространенность была небольшой (0,1 % против 0,2 % против 0,5 % против 1,1 % соответственно; $P = 0,001$) [18]. ТХПН может

быть следствием субклинического заболевания почек во время беременности, но также возможно, что ранее существовавшие факторы риска предрасполагали этих женщин как к преэклампсии, так и к ТХПН, так же как эти женщины подвержены повышенному риску других сердечно-сосудистых заболеваний.

Микроангиопатические поражения, которые, как считается, вызваны преэклампсией, также могут подвергать женщин долгосрочным офтальмологическим осложнениям, таким как диабетическая ретинопатия и отслойка сетчатки. При изучении более 100 000 родов, 8,1 % из которых осложнились преэклампсией, недавнее исследование показало, что преэклампсия во время беременности в анамнезе была независимо связана с более высокими показателями офтальмологической заболеваемости [21].

Диагностика преэклампсии. В связи с физиологической адаптацией сердечно-сосудистой системы при беременности осциллометрические устройства для измерения артериального давления обычно неточны при преэклампсии и склонны занижать артериальное давление. Таким образом, следует полагаться только на устройства, которые доказали свою точность при измерении артериального давления во время беременности. Валидация гарантирует, что как калибровка, так и программное/аппаратное обеспечение правильно получают точные измерения. Был опубликован ряд протоколов проверки, в том числе Британским обществом гипертонии, Европейским обществом гипертонии и Ассоциацией развития медицинского оборудования. Эти протоколы недавно были включены в стандарт Международной организации по стандартизации. На рынке представлено более 4000 устройств, и лишь немногие из них точны во время беременности. Принимая во внимание последствия неточного измерения артериального давления во время беременности, следует использовать устройства, которые доказали свою эффективность и точность.

Диагноз преэклампсии основывается на артериальном давлении, поражении органов-мишеней у матери (т. е. протеинурии, материнских симптомах, материнских признаках и отклонениях лабораторных показателей) и фетоплацентарной дисфункции. Критерии могут привести к ложноположительным диагнозам. Это может привести к ненужным дородовым госпитализациям, запросам на множественные лабораторные исследования и, нередко, к решению о ятрогенных преждевременных родах.

Оценка медицинских технологий была проведена в Великобритании в 2016 г. на основе трех опубликованных исследований с целью оценить диагностическую точность и экономическую эффективность тестов на ос-

нове PLGF для пациентов, направленных на вторичную помощь с подозрением на преэклампсию в возрасте 20 лет и 37 недель беременности [12]. Авторы провели независимый экономический анализ на основе модели дерева решений. Оцененная модель стоит с точки зрения NHS и персональных социальных служб. Общая стоимость лечения ложноположительного диагноза преэклампсии составила 9576,25 фунтов стерлингов, а истинно положительного случая тяжелой преэклампсии — 14 545,49 фунтов стерлингов. Основываясь на моделирующем исследовании, авторы пришли к выводу, что модель предсказывает, что, когда тестирование дополняет рутинную клиническую оценку для исключения и исключения преэклампсии, два теста экономят средства при проведении между 20 и 35 неделями беременности и незначительно снижают затраты. Продолжительность пребывания новорожденных в отделении интенсивной терапии была наиболее важным параметром в анализе чувствительности [13].

Другое британское исследование полезности затрат показало, что при существующей клинической практике без использования данных теста соотношения sFlt-1/PLGF 36 % женщин были госпитализированы до постановки диагноза преэклампсии, из которых только у 27 % впоследствии развилась преэклампсия [13]. Если бы информация об испытаниях была доступна, доля госпитализированных женщин могла бы быть снижена до 16 %, из которых у 38 % впоследствии развилась бы преэклампсия. Среди женщин, не госпитализированных, примерно у такой же доли впоследствии развилась преэклампсия. Ожидается, что введение соотношения sFlt-1/PLGF снизит количество госпитализаций при первом обращении до развития преэклампсии с 36 % до 16 %. Авторы пришли к выводу, что введение соотношения sFlt-1/PLGF в клиническую практику приводит к экономии средств в размере 344 фунтов стерлингов на одного пациента по сравнению с отсутствием теста (текущая клиническая практика). Экономия в первую очередь достигается за счет повышения точности диагностики и сокращения ненужных госпитализаций.

Независимые группы из Италии и Германии также показали, что внедрение sFlt-1/PLGF в больничную практику снижает затраты. Экономия достигается главным образом за счет повышения точности диагностики и сокращения ненужных госпитализаций женщин до развития преэклампсии.

В условиях страны со средним уровнем дохода бразильская группа сравнила введение коэффициента в государственной и частной больнице с ожидаемыми различными затратами на ведение пациентов с подозрением на преэклампсию. Внедрение теста на соотношение sFlt-1/PLGF привело к экономии средств в обоих случаях: в государственных 185,06 реалов и в частных

635,84 реалов на пациента по сравнению со сценарием без теста (текущая клиническая практика). Как и ожидалось, экономия была получена главным образом за счет сокращения ненужных госпитализаций. В настоящее время отсутствуют экономические данные о дополнении текущей клинической практики тестами на основе PLGF в странах с низким уровнем дохода и уровнем дохода ниже среднего.

Внедрение ангиогенных маркеров в клиническую практику, по-видимому, улучшает клинические решения относительно госпитализации, выявляя беременных женщин с подозрением на преэклампсию, у которых низкий риск развития заболевания, и, таким образом, избегая ненужных процедур и, таким образом, экономя средства. Более сложный экономический анализ, рассматривающий альтернативные издержки системы здравоохранения, связанные с ненужной госпитализацией с подозрением на преэклампсию в перегруженных государственных службах за счет пациентов с другими серьезными, но менее опасными состояниями, недоступен, но, вероятно, покажет улучшенную экономическую выгоду от дополнения существующей практики Тестирование на основе PLGF. Прогностические инструменты для улучшения принятия клинических решений важны не только для индивидуализации планов лечения для улучшения исходов, но и имеют экономические последствия для отдельных лиц, систем здравоохранения,

Принимая во внимание явное преимущество аспирина в снижении риска преждевременной преэклампсии, его низкую стоимость и профиль безопасности, некоторые исследователи выступают за универсальную профилактику аспирином для предотвращения преэклампсии. Было высказано предположение, что это будет более рентабельной стратегией по сравнению с использованием аспирина для профилактики у женщин, которые определены как относящиеся к группе высокого риска в результате процесса скрининга, который считается довольно сложным для реализации. Тем не менее, возможные преимущества превентивной стратегии должны быть сбалансированы с потенциальным вредом из-за геморрагических и других нежелательных явлений. Преимущества универсального аспирина и долгосрочная безопасность этой стратегии не были должным образом изучены в рандомизированных исследованиях. Кроме того, хорошая приверженность лечению имеет первостепенное значение для успешной профилактики.

Более ранние исследования, в которых беременные женщины получали аспирин только на основании того, что они были беременны или не рожали, продемонстрировали повышенную частоту эпизодов кровотечения, низкую приверженность лечению аспирином (всего около 50 %) и отсутствие снижения частоты преэклампсии. Аналогичным образом универсальный аспирин для пер-

вичной профилактики сердечно-сосудистых событий у здоровых пожилых людей приводил к значительно более высокому риску больших кровотечений, но не снижал значительно риск сердечно-сосудистых заболеваний.

Таким образом представленные исследования демонстрируют, что эти различные стратегии стратифи-

кации риска могут иметь клиническое значение для прогнозирования преэклампсии во втором и третьем триместре беременности. Однако необходимы проспективные рандомизированные контролируемые исследования, чтобы продемонстрировать улучшение материнских и неонатальных исходов как в группах высокого, так и в группах низкого риска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буштырева И.О., Курочка М.П., Гайда О.В. Прогностические критерии преэклампсии // Российский вестник Акушера-гинеколога. 2019. №4. С. 59–63.
2. Долгушина В.Ф., Сюндюкова Е.Г., Чулков В.С. Оценка значимости клинической прогностической модели PIERS для прогнозирования неблагоприятных исходов беременности при преэклампсии // Журнал Международной Научной школы «Парадигма». 2021. №7. С. 100–105.
3. Костенко И.В., Оленко Е.С., Кодочигова А.И., Сушкова Н.В., Субботина В.Г., Делиникайтис Е.Г. Возможность развития преэклампсии у клинически здоровых женщин // Вестник медицинского института «Реавиз». 2017. №1. С. 73–78.
4. Лахно И.В. Современные возможности прогнозирования и профилактики преэклампсии // Здоровье женщины. 2016. №7. С. 44–48.
5. Лемешевская Т.В., Прибушена О.В. Возможности раннего прогнозирования гестоза по маркерам комбинированного пренатального скрининга первого триместра беременности // Современные перинатальные медицинские технологии в решении проблем демографической безопасности. 2019. №8. С. 85–90.
6. Лемешевская Т.В., Прибушена О.В. Прогнозирование преэклампсии при проведении расширенного комбинированного пренатального скрининга первого триместра беременности // Акушерство и гинекология. 2019. №12. С.52–59.
7. Слободина А.В., Рудакова Е.Б., Резванцев М.В., Толкач Ю.В. Прогнозирование развития преэклампсии и степени ее тяжести у беременных пациенток при помощи математической модели, основанной на результатах оценки содержания регуляторных аутоантител в крови // Уральский медицинский журнал. 2013. № 8. С. 22–27.
8. Сюндюкова Е.Г. Оценка эффективности анамнестической модели прогноза развития преэклампсии // Современные проблемы науки и образования. 2020. №2. С. 85–89.
9. Abalos E, Cuesta C., Carroli G., Qureshi Z, Widmer M., Vogel J., Souza J. Pre-eclampsia, eclampsia and adverse maternal and perinatal outcomes: a secondary analysis of the World Health Organization multicountry survey on maternal and newborn health // BJOG: an international journal of obstetrics and gynecology. 2020. №121. P.14–24.
10. Agrawal S., Maitra N. Prediction of adverse maternal outcomes in preeclampsia using a risk prediction model // Journal of Obstetrics and Gynecology of India. 2019. № 66. P.104–111.
11. Akkermans J., Payne B., Von Dadelszen P., Groen H., Vries J., Magee L., Mol B., Ganzevoort W. Predicting complications in preeclampsia: external validation of the fullPIERS Model using the PETRA trial dataset // European Journal of Obstetrics Gynecology and Reproductive Biology. 2020. №179. P.58–62.
12. Akolekar R., Syngelaki A., Sarquis R., Zvanca M., Nicolaides, K. Prediction of early, intermediate and late pre-eclampsia from maternal factors, biophysical and biochemical markers at 11–13 Weeks // Prenatal diagnosis. 2021. №31(6). P.66–74.
13. Allen R., Aquilina J. Prospective observational study to determine the accuracy of first trimester serum biomarkers and uterine artery Dopplers in combination with maternal characteristics and arteriography for the prediction of women at risk of preeclampsia and other adverse // Matern Fetal Neonatal Med. 2021. № 16. P.1–17.
14. Almeida S., Katz L, Coutinho I., Amorim M. Validation of fullPIERS Model for prediction of adverse outcomes among women with severe pre-eclampsia // Int J Gynaecol Obstet. 2020. № 138(2). P. 142–147.
15. Andrietti S., Silva M., Wright A., Wright D, Nicolaedes K. Competing-risks model in screening for pre-eclampsia by maternal factors and biomarkers at 35–37 weeks' gestation // Ultrasound in obstetrics & gynecology: the official journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology. 2020. №48. P.72–79.
16. Antwi E, Groenwold R., Browne J., Franx A., Agyepong I., Kwadwo K., Klipstein-Grobush K., Grobbee D. Development and validation of a Prediction Model for gestational hypertension in a Ghanaian Cohort // BMJ Open. 2017 (7). e012670.
17. Antwi E, Klipstein-Grobush K., Browne J., Schielen P., Koram K., Agyepong I., Grobbee D. Improved prediction of gestational hypertension by inclusion of placental growth factor and pregnancy associated plasma protein-a (PAPP-A) in a sample of Ghanaian women // Reproductive Health. 2018. №15.1 P.1–10.
18. Baschat A.A., Magder L.S., Doyle L.E., Atlas R.O., Jenkins C.B., Blitzer M.G. Prediction of Preeclampsia Utilizing the First Trimester Screening Examination // American Journal of Obstetrics and Gynecology. 2014. № 211.5 P 514–514.
19. Chang Y, Chen X., Cui H, Li X., Xu Y. New Predictive Model at 11 +0 to 13 46 Gestational Weeks for Early-Onset Preeclampsia With Fetal Growth Restriction // Reproductive Sciences. 2017. № 24 (5) P. 783–789.
20. Churchill D, Duley L., Thornton J.G., Jones L. Interventionist versus Expectant Care for Severe Pre-Eclampsia between 24 and 34 Weeks' Gestation // The Cochrane database of systematic reviews. 2013 (7). P. 1–44.
21. Collins G.S., Reitsma J.B., Altman D.G., Moon K.G. Reporting guideline for prediction model studies: TRIPOD Transparent Reporting of a multivariable prediction model for Individual Prognosis Or Diagnosis // Annals of Internal Medicine. 2015. (162.1) P.55–63

© Казанчи Фатима Байзетовна (fatima.kazanchi.93@mail.ru); Батмен Саида Казбековна (tkhatl.saida@mail.ru);
 Бельский Евгений Анатольевич (Bielskii2000@mail.ru); Баркалова Ирина Александровна (barkalova695@gmail.com);
 Донецкий Виктор Николаевич (lipovitin@gmail.com)
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСОБЕННОСТИ МИКРОБНОГО ПЕЙЗАЖА ПРИ ОГНЕСТРЕЛЬНЫХ РАНЕНИЯХ МАЛОГО ТАЗА, ОСЛОЖНЕННОГО ПЕРИТОНИТОМ

FEATURES OF MICROBIAL LANDSCAPE IN GUNSHOT WOUNDS OF THE SMALL PELVIS COMPLICATED BY PERITONITIS

V. Maslyakov
M. Polidanov
E. Pronina
A. Parshin
I. Polkova
V. Barsukov

Summary. Objective of the study. To study the microbial landscape in patients with gunshot wounds of the small pelvis complicated by peritonitis. *Material and methods.* The study is a multicenter, retrospective one. The study involved 86 women with shrapnel gunshot wounds of the abdominal cavity resulting in damage to the internal genitalia. All casualties were from the civilian population, ranging in age from 18 to 45 years, with a mean age of 34 ± 5 years. Taking into account the time of delivery, all the wounded were divided into 2 subgroups: the 1st (group A) included 45 (52.3 %) people whose delivery time did not exceed 1.5 h; the 2nd (group B) included 41 (47.7 %) women whose delivery time from the moment of wounding exceeded the specified time. *Results.* On the basis of the obtained data we can conclude that peritonitis in gunshot wounds of the small pelvis in women is characterized by a rather severe course, which depends on the time elapsed from the moment of wounding to the beginning of surgical treatment. The microbial landscape also depended on the time of wounding, however, the results obtained showed that *Escherichia coli* predominated in both groups. In addition, *Enterobacter spp.*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, and *Enterococcus spp.* were obtained. *Proteus* and *Klebsiella* were obtained in group B. This microbial landscape is supported by studies that have been previously conducted and reported in the literature [6, 7]. It was shown that in group A, monocultures were predominant and were obtained in 26.1 % of cultures, and associations (componentization) were noted in only 7.7 % of observations ($p < 0.05$), whereas in group B, monoculture growth was noted in 19.2 % of observations and associations (componentization) in 50 % of cases. The analysis of microorganism sensitivity showed that in the majority of observations it can be recognized as rational. When comparing laboratory and clinical results, as well as analyzing the postoperative period, it was found that complications developed in 13.9 % of cases. At that, in group A in 2.3 % of observations, and in group B — in 11.6 % ($r = 0.87$, $p < 0.05$). *Conclusion.* The microbial landscape in peritonitis due to gunshot wounds of the pelvis depends on the time elapsed from the moment of wounding to the beginning of surgical treatment fulfillment.

Keywords: Gunshot wounds, small pelvis, peritonitis, microflora, microbial sensitivity, mortality, complications.

Масляков Владимир Владимирович

д.м.н., профессор, профессор, ФГБОУ ВО «Саратовский
государственный медицинский университет
им. В.И. Разумовского» Минздрава России;
Медицинский университет «Реавиз», г. Саратов

Полиданов Максим Андреевич

специалист научно-исследовательского отдела,
ассистент, Университет «Реавиз», г. Санкт-Петербург;
аспирант, Медицинский университет
«Реавиз», г. Саратов
maksim.polidanoff@yandex.ru

Пронина Елена Александровна

д.м.н., доцент, профессор, Медицинский университет
«Реавиз» г. Саратов

Паршин Алексей Владимирович

к.м.н., доцент, доцент, ФГБОУ ВО «Саратовский
государственный медицинский университет
им. В.И. Разумовского» Минздрава России

Полкова Ирина Александровна

к.м.н., доцент, доцент, ФГБОУ ВО «Саратовский
государственный медицинский университет
им. В.И. Разумовского» Минздрава России;
Медицинский университет «Реавиз», г. Саратов

Барсуков Виталий Геннадьевич

к.м.н., ассистент, ФГБОУ ВО «Саратовский
государственный медицинский университет
им. В.И. Разумовского» Минздрава России;
старший преподаватель, Медицинский университет
«Реавиз», г. Саратов

Аннотация. Цель исследования. Изучить микробный пейзаж у пациенток с огнестрельными ранениями малого таза, осложнившимся перитонитом.

Материал и методы. Исследование представляет из себя многоцентровое, ретроспективное. В исследовании приняли участие 86 женщин с осколочными огнестрельными ранениями брюшной полости, в результате которых произошло повреждение внутренних половых органов. Все пострадавшие были из числа гражданского населения, возраст которых составил от 18 до 45 лет, средний возраст — 34 ± 5 лет. С учетом времени доставки, все раненные были разделены на 2 подгруппы: в 1-ю (группу А) вошли 45 (52,3 %) человек, время доставки которых не превышало 1,5 ч; во 2-ю (группу Б) — 41 (47,7 %) женщин, время доставки которых от момента ранения превышало указанные сроки. *Результаты.* На основании полученных данных можно сделать заключение, что перитонит при огнестрельных ранениях малого таза у женщин характеризуется достаточно тяжелым течением, которое зависит от времени, прошедшего с момента получения ранения до начала выполнения хирургического лечения. Микробный пейзаж также зависел от сроков получения ранения, однако, полученные результаты показали, что в обеих группах преобладала *Escherichia coli*. Кроме того, были получены *Enterobacter spp.*, *Staphylococcus*, *Streptococcus* и *Enterococcus*. В группе Б были получены *Proteus* и *Klebsiella*. Данный микробный пейзаж



Введение

Перитонит относится к одной из самых сложных проблем ургентной хирургии. Согласно данным, представленным в литературе, на исходы этого осложнения оказывают влияние несколько факторов, среди которых можно выделить распространенность. Так, в тех случаях, если перитонит носит диффузный характер, летальность находится на уровне 25–30 %, а при разлитом она увеличивается до 50–70 % [1]. В патогенезе перитонита значительная роль отводится развитию эндотоксикоза, вследствие присоединения микробного фактора [2, 3]. Как правило, развитие перитонита происходит в результате острой хирургической патологии, однако, нельзя исключать данное осложнение и при травмах малого таза, в том числе огнестрельных [4–6].

Цель исследования

Изучить микробный пейзаж у пациенток с огнестрельными ранениями малого таза, осложнившимся перитонитом.

Материал и методы

Исследование представляет из себя многоцентровое, ретроспективное. В исследовании приняли участие 86 женщин с осколочными огнестрельными ранениями брюшной полости, в результате которых произошло повреждение внутренних половых органов. Все пострадавшие были из числа гражданского населения, возраст которых составил от 18 до 45 лет, средний возраст — 34 ± 5 лет. Ранения были получены в результате проведения локального вооруженного конфликта на территории Республика Чечня в период с 1997 по 2005 г., а также на территории Донецкой и Луганской республик в период с 2022 по 2023 г. В исследование были включены женщины с огнестрельными осколочными проникающими

подтверждается исследованиями, которые были проведены ранее и представлены в литературе [6, 7]. При этом было показано, что в группе А преобладали монокультуры, которые были получены в 26,1 % посевах, а ассоциации (компонентность) отмечены только 7,7 % наблюдениях ($p < 0,05$), тогда, как в группе Б рост монокультур отмечался в 19,2 % наблюдениях, а ассоциации (компонентность) — в 50 % случаях. Проведенный анализ чувствительности микроорганизмов показал, что в большинстве наблюдений ее можно признать рациональной. При сопоставлении лабораторных и клинических результатов, а также анализа послеоперационного периода, было установлено, что осложнения развились в 13,9 % случаях. При этом в группе А в 2,3 % наблюдениях, а в группе Б — в 11,6 % ($r = 0,87$, $p < 0,05$). **Заключение.** Микробный пейзаж при перитоните в результате огнестрельных ранений малого таза зависит от времени, прошедшего с момента получения ранения до начала выполнения хирургического лечения.

Ключевые слова: огнестрельные ранения, малый таз, перитонит, микрофлора, чувствительность микроорганизмов, летальность, осложнения.

ранениями малого таза. Исключались пациентки, моложе 18 лет и старше 45 лет, имеющие множественные и сочетанные повреждения конечностей, головы, груди, оказавшиеся от участия в исследовании, поступившие в агональном состоянии. Первичными документами служили: истории болезней.

С учетом времени доставки, все раненые были разделены на 2 подгруппы: в 1-ю (группу А) вошли 45 (52,3 %) человек, время доставки которых не превышало 1,5 ч; во 2-ю (группу Б) — 41 (47,7 %) женщин, время доставки которых от момента ранения превышало указанные сроки.

Забор экссудата брюшной полости проводился в момент выполнения лапаротомии в стерильную пробирку. Проведение посева, культивирования, выделения чистой культуры микроорганизмов проводилось согласно общепринятым методикам. Осуществление идентификации полученных аэробных микроорганизмов (УПМ) проводили с помощью классического метода, кроме того, использовали тест-систему API, Французского производства bi-oMerieux [Bergey's]. Чувствительность к антибиотикам определяли с помощью диско-диффузного метода на агаре (Среда АГВ), использовался набор стандартных дисков противомикробных препаратов (и пользовались стандартные диски с противомикробными препаратами, МУК МЗ СССР № 2675-83 «Методические указания по определению чувствительности микроорганизмов к антибиотикам методом диффузии в агар с использованием дисков» от 10 марта 1983 г. № 2675-83, затем МУК «Методические указания по определению чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам (МУК 4.2.) МЗ РФ 2004 г.» 4.2.1890-04) фирмы BioRad™ и BDTM производства США (bi-oMerieux).

На проведение исследования было получено разрешение локального этического комитета медицинского

университета «Реавиз» — протокол №6 от 09.01.2021. Для математической обработки результаты исследования изначально вносили в электронную базу данных; анализ результатов исследования проводился с использованием метода описательной статистики. В качестве критерия использовался критерий согласия Х2. Статистическая значимость определялась как $p < 0,01-0,29$ — слабая положительная связь; $r > 0,30-0,69$ — умеренная положительная связь; $r > 0,70-1,00$ — сильная положительная связь.

Результаты

Как показал проведенный анализ, из 86 раненых данной локализации, перитонит был выявлен у 26 (30,2 %) человек. Из них в группе А — 8 (9,3 %) пациенток, в группе Б — 18 (20,9 %) человек ($r = 0,84, p < 0,05$). По характеру выпота: серозный — в 12 (13,9 %) наблюдениях, фиброзный — в 9 (10,5 %) случаях, гнойный — в 3 (3,5 %) наблюдениях, каловый и мочевого перитонит пришлось

по 1 (1,2 %) случаю.

Проведение клинического анализа показало, что по распространенности перитонита были получены следующие результаты: местный перитонит был отмечен в 16 (18,6 %) наблюдениях, соответственно, в группе А — 8 (9,3 %), в группе Б — в 8 (5,8 %) случаях ($r = 0,17, p > 0,05$); диффузный — в 7 (8,1 %), во всех наблюдениях в группе Б ($r = 0,65, p < 0,05$) и разлитой перитонит — в 3 (3,5 %) во всех наблюдениях в группе Б ($r = 0,62, p < 0,05$).

Всего посевов было проведено — 26, в группе А — 8, в группе Б — 18. Микроорганизмы, выявленные в результате проведенного посева, отражены на рисунке 1.

Из данных, отраженных на рисунке 1 видно, что наиболее часто в результате посевов экссудата, был получен рост *Escherichia coli* — 29 %, *Enterobacter spp.* — 23 % и *Staphylococcus* — 19 %. Наименьшее — *Proteus* — 5 % и *Klebsiella* — 2 %.

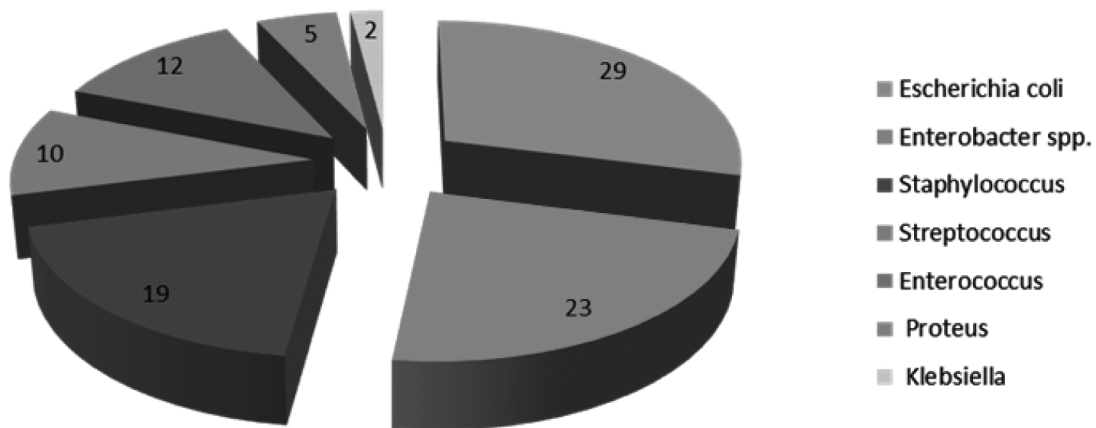


Рис. 1. Микробный пейзаж перитонеального экссудата у раненых в область малого таза группы А и Б (в %)

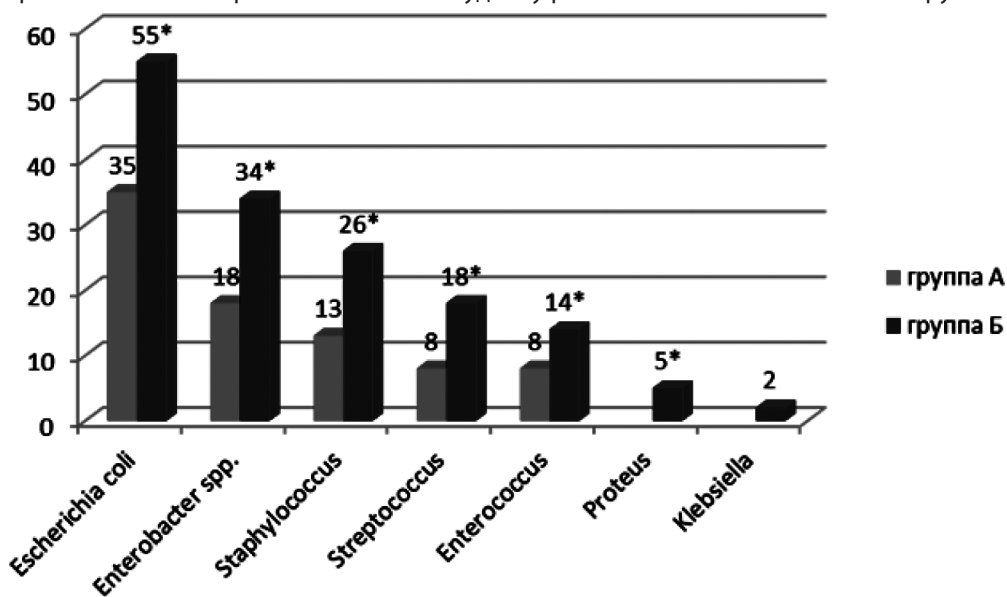


Рис. 2. Распределение микробного пейзажа у пациенток группы А и Б (в %)

Примечание здесь и далее: * — знак, показывающий статистическую достоверность ($p < 0,05$)

Распределение микробного пейзажа у пациенток двух групп представлено на рисунке 2. На основании полученных данных, которые отражены на рисунке 2, видно, что в обеих группах преобладала *Escherichia coli*. Так, в группе А он дал рост в 35 % случаях, а в группе Б — 55 % ($r = 0,87, p < 0,05$). *Enterobacter spp.* дал рост, соответственно, в 18 % и 34 % наблюдений ($r = 0,84, p < 0,05$); *Staphylococcus* — в 13 и 26 % ($r = 0,87, p < 0,05$); *Streptococcus* — в 8 и 18 % ($r = 0,89, p < 0,05$); *Enterococcus* — в 8 и 14 % ($r = 0,87, p < 0,05$); *Proteus* — 0 % и 5 % ($0,69, p < 0,05$); *Klebsiella* — в 0 % и 2 % ($0,69, p < 0,05$).

Результаты проведенного исследования на частоту встречаемости монокультур и ассоциаций в группах А и Б отражены в таблице 1.

На основании данных, отраженных в таблице 1, можно сделать заключение, что в группе А преобладали монокультуры, которые были получены в 6 (26,1 %) посевах

Таблица 1.

Частота встречаемости монокультур и ассоциаций в группах А и Б в момент выполнения лапаротомии

Исследуемая группа	Монокультуры	Ассоциации (компонентность)
А	6 (26,1%)*	2 (7,7%)
Б	5 (19,2%)	13 (50%)*

Примечание: * — знак статистической достоверности ($p < 0,05$).

из 8, а ассоциации (компонентность) отмечены только в 2 (7,7 %) наблюдениях ($p < 0,05$). Несколько иные результаты были отмечены в группе Б, где из 18 посевов, рост монокультур отмечался в 5 (19,2 %) наблюдениях, тогда как ассоциации (компонентность) — в 13 (50 %) случаях. Все это не могло не сказаться на течении ближайшего послеоперационного периода таких пациенток.

На следующем этапе исследования была дана оценка чувствительности полученных микроорганизмов к анти-

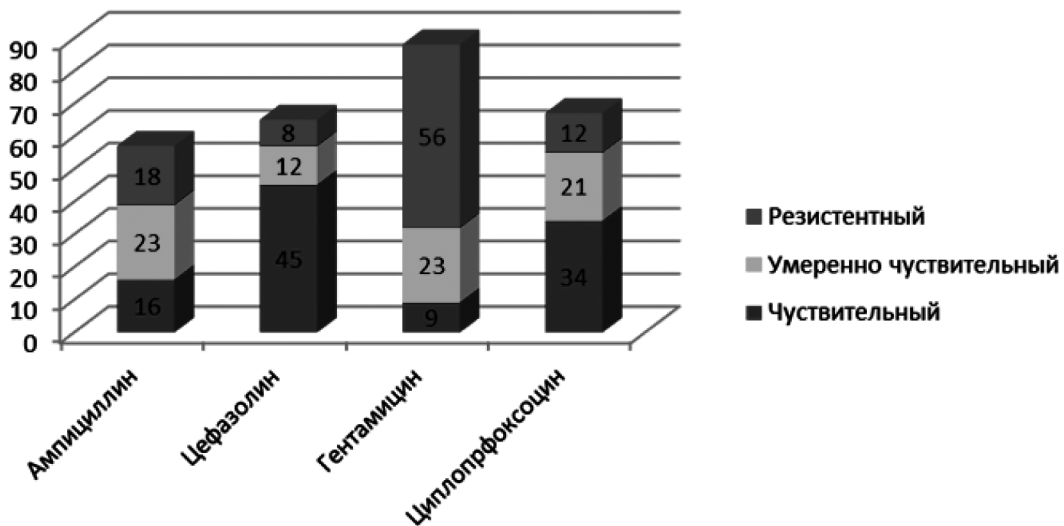


Рис. 3. Результаты чувствительности к антибиотикам *Escherichia coli* в группе А (в %)

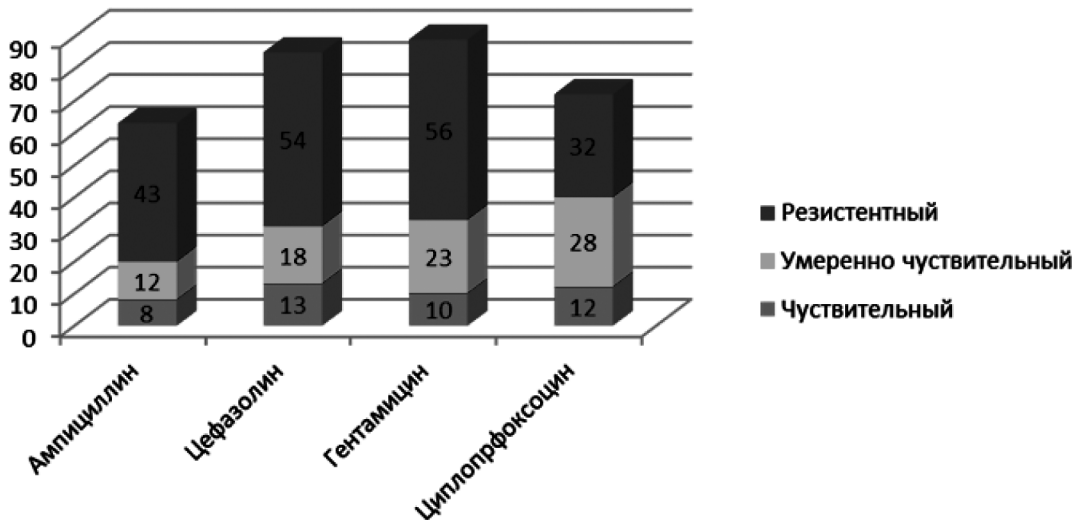


Рис. 4. Результаты чувствительности к антибиотикам *Escherichia coli* в группе Б (в %)

биотикам. С учетом того, что в обеих группах были получены *Escherichia coli*, *Enterobacter spp.*, *Staphylococcus* был проведен анализ этих микроорганизмов на чувствительность.

Результаты чувствительности к антибиотикам *Escherichia coli*, полученные в группе А, представлены на рисунке 3, а в группе Б — на рисунке 4.

Результаты чувствительности к антибиотикам *Enterobacter spp.*, полученные в группе А и Б отражены на рисунках 5 и 6.

Результаты чувствительности к антибиотикам *Staphylococcus*, полученные в группе А и Б отражены на рисунках 7 и 8.

Как видно из представленных данных, чувствительность к антибиотикам в двух анализируемых группах несколько отличалась. Вместе с тем, проведенный анализ проведенного лечения антибактериальной терапии показал, что в большинстве наблюдений ее можно признать рациональной.

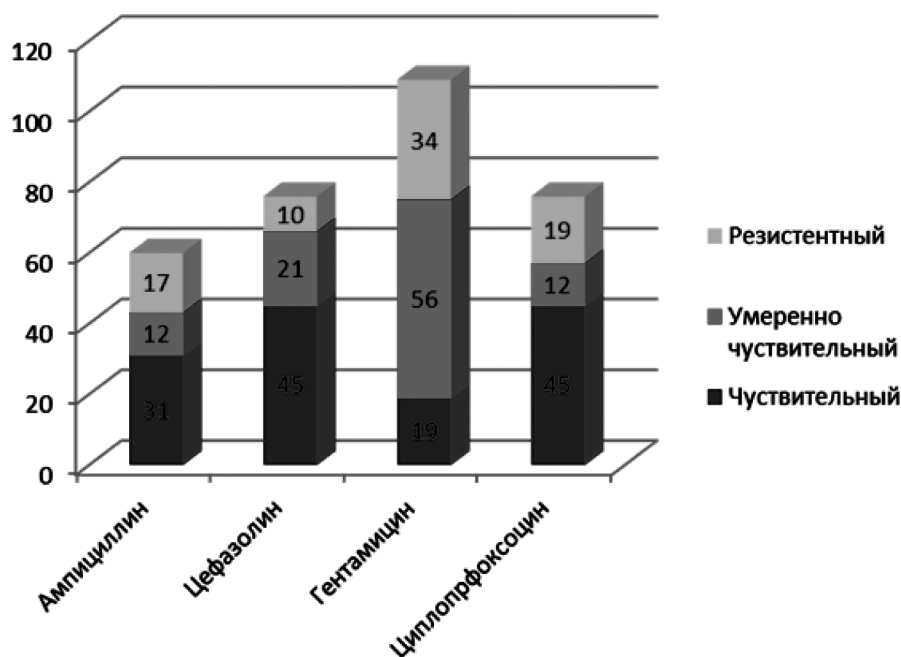


Рис. 5. Результаты чувствительности к антибиотикам *Enterobacter spp.* в группе А (в %)

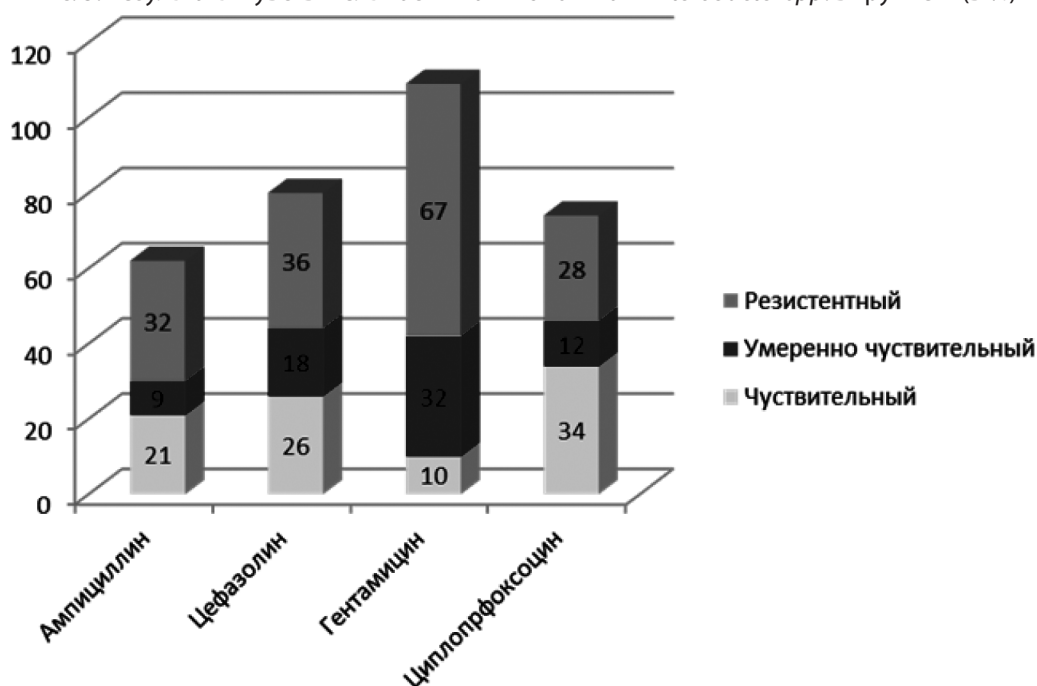


Рис. 6. Результаты чувствительности к антибиотикам *Enterobacter spp.* в группе Б (в %)

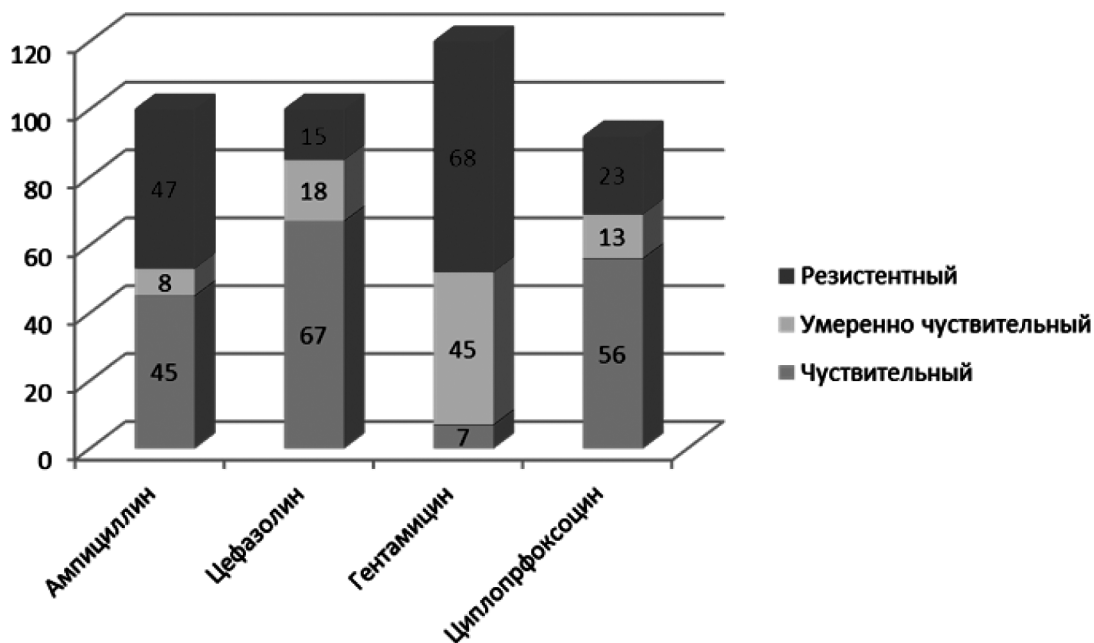


Рис. 7. Результаты чувствительности к антибиотикам *Staphylococcus* в группе А (в %)

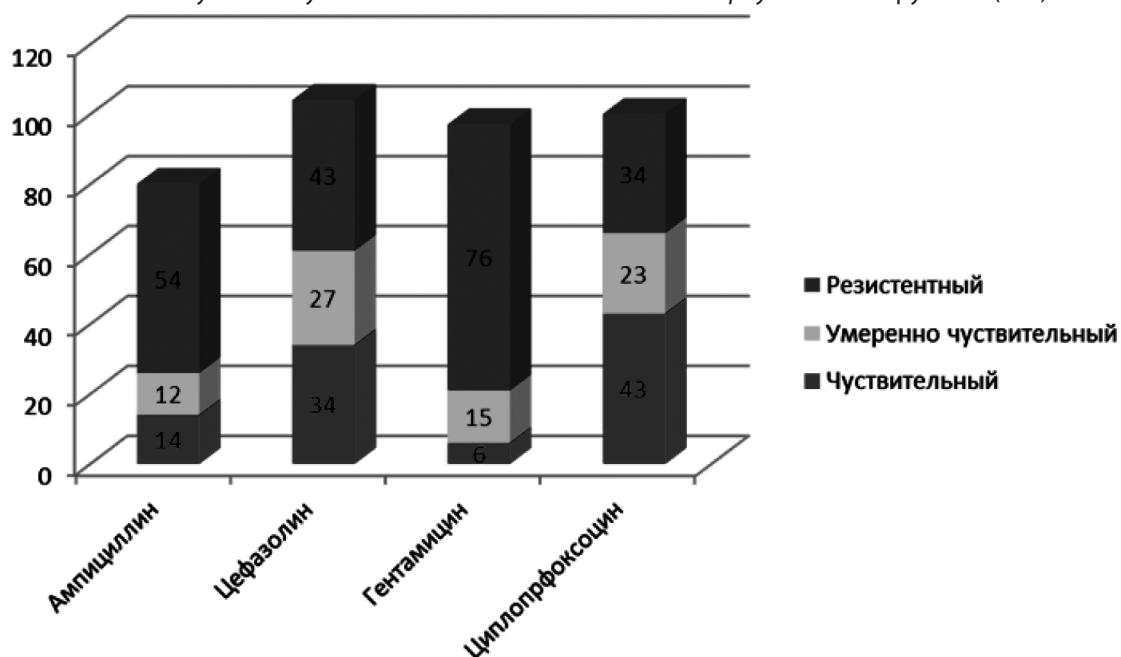


Рис. 8. Результаты чувствительности к антибиотикам *Staphylococcus* в группе Б (в %)

При сопоставлении лабораторных и клинических результатов, а также анализа послеоперационного периода, было установлено, что из 26 пациенток, оперированных по поводу перитонита, осложнения развились у 12 (13,9 %). При этом в группе А в 2 (2,3 %), а в группе Б — в 10 (11,6 %) ($r = 0,87, p < 0,05$). В большинстве наблюдений — 9 (10,5 %), было отмечено развитие сепсиса, который привел к полиорганной недостаточности и летальному исходу в 7 (8,1 %) наблюдениях, во всех случаях в группе Б. Летальных исходов в группе А отмечено не было.

Обсуждение

На основании полученных данных можно сделать заключение, что перитонит при огнестрельных ранениях малого таза у женщин характеризуется достаточно тяжелым течением, которое зависит от времени, прошедшего с момента получения ранения до начала выполнения хирургического лечения. Микробный пейзаж также зависел от сроков получения ранения, однако, полученные результаты показали, что в обеих группах преобладала *Escherichia coli*. Кроме того, были получены *Enterobacter spp.*, *Staphylococcus*, *Streptococcus* и *Enterococcus*. В группе

Б были получены *Proteus* и *Klebsiella*. Данный микробный пейзаж подтверждается исследованиями, которые были проведены ранее и представлены в литературе [7, 8]. При этом было показано, что в группе А преобладали монокультуры, которые были получены в 26,1 % посевах, а ассоциации (компонентность) отмечены только 7,7 % наблюдениях ($p < 0,05$), тогда, как в группе Б рост монокультур отмечался в 19,2 % наблюдениях, а ассоциации (компонентность) — в 50 % случаях. Проведенный анализ чувствительности микроорганизмов показал, что в большинстве наблюдений ее можно признать рациональной. При сопоставлении лабораторных и клиниче-

ских результатов, а также анализа послеоперационного периода, было установлено, что осложнения развились в 13,9 % случаях. При этом в группе А в 2,3 % наблюдениях, а в группе Б — в 11,6 % ($r = 0,87$, $p < 0,05$).

Заключение

Микробный пейзаж при перитоните в результате огнестрельных ранений малого таза зависит от времени, прошедшего с момента получения ранения до начала выполнения хирургического лечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стяжкина С.Н. Проблема распространенного перитонита в современной абдоминальной хирургии. Синергия наук. 2017; 11: 561–566.
2. Сараев А.Р. Патогенез и классификация распространенного перитонита. Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2019; 12: 106–110.
3. Вачев А.Н. Интраоперационный способ диагностики характера микрофлоры при распространенном перитоните. Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье. 2017; 6: 155–158.
4. Масляков В.В., Сидельников С.А., Дадаев А.Я., Бухарова Л.А., Паршин А.В., Куликов А.В., Иванова К.А. Анализ результатов лечения ранений малого таза с повреждением органов репродуктивной системы у женщин в условиях локального вооруженного конфликта. Медицина катастроф. 2022; 4: 34–38.
5. Масляков В.В., Салов И.А., Сидельников С.А., Урядов С.Е., Паршин А.В., Барсуков В.Г., Полиданов М.А., Пападопулос Х.Д., Петрич А.В. Оптимизация хирургического лечения огнестрельных ранений малого таза с повреждением внутренних половых органов у женщин. Политравма. 2023; 4: 13–19.
6. Масляков В.В., Салов И.А., Сидельников С.А., Барачевский Ю.Е., Паршин А.В., Полиданов М.А. Характеристика видов первой помощи при ранениях малого таза у женщин, полученных в условиях локального военного конфликта. Неотложная медицинская помощь. Журнал им. Н.В. Склифосовского. 2023; 12 (4): 601–606.
7. Купченко А.М. Идентификация и определение антибактериальной чувствительности анаэробной микрофлоры при лечении распространенного гнойного перитонита. Новости хирургии. 2014; 22 (4): 457–462.
8. Кемеров С.В. Исследование микробного пейзажа перитонеального экссудата при остром распространённом гнойном перитоните. Казанский медицинский журнал. 2016; 97 (5): 806–811.

© Масляков Владимир Владимирович; Полиданов Максим Андреевич (maksim.polidanoff@yandex.ru);
Пронина Елена Александровна; Паршин Алексей Владимирович; Полкова Ирина Александровна;
Барсуков Виталий Геннадьевич

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭНДОСКОПИЧЕСКОЙ ЭНДОНАЗАЛЬНОЙ ТРАНССФЕНОИДАЛЬНОЙ И МИКРОХИРУРГИЧЕСКОЙ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ МЕТОДОВ УДАЛЕНИЯ КРАНИОФАРИНГИОМ

Мкртчян Ваге Серёжаевич

Аспирант,

ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. И.П. Павлова Минздрава России

vasermk@gmail.com

COMPARATIVE ANALYSIS OF ENDOSCOPIC ENDONASAL TRANSSPHENOIDAL AND MICROSURGICAL TRANSCRANIAL METHODS FOR REMOVING CRANIOPHARYNGIOMAS

V. Mkrtchyan

Summary. Craniopharyngiomas are epithelial histologically benign neoplasms the main method of treatment for which is surgical removal. Endoscopic endonasal transsphenoidal and various microsurgical approaches are used for this. The choice of surgical approach mostly depends on the preferences of the neurosurgeon. This publication shows the results of a comparative analysis of two groups: a group of 32 patients operated on through a completely endoscopic endonasal transsphenoidal approach and a group of 21 patients operated on through transcranial microsurgical approaches. The comparison revealed a significantly shorter duration of surgery, a shorter duration of hospitalization, a high degree of achievement of GTR and a low degree of partial resection, as well as a lower incidence of postoperative visual disturbances with EET surgery in comparison with the second type of intervention.

Keywords: craniopharyngioma, surgical endoscopy, transsphenoidal surgery, transcranial surgery of craniopharyngiomas.

Аннотация. Краниофарингиомы являются эпителиальными гистологически доброкачественными новообразованиями основным методом лечения которых является хирургическое удаление. Используются для этого эндоскопический эндоназальный трансфеноидальный и различные микрохирургические доступы. Выбор метода хирургического доступа в большей степени зависит от предпочтений нейрохирурга. Данная публикация показывает результаты сравнительного анализа двух групп: группа из 32 пациентов оперированных через полностью эндоскопический эндоназальный трансфеноидальный доступ и группа из 21 пациента оперированных через транскраниальные микрохирургические доступы. Сравнение выявило достоверно меньшую длительность операции, меньшую длительность госпитализации, высокую степень достижения GTR и низкую степень частичной резекции, так же меньшую частоту послеоперационных зрительных нарушений при ЭЭТ хирургии в сравнении со вторым видом вмешательства.

Ключевые слова: краниофарингиома, эндоскопическая хирургия, трансфеноидальная хирургия, транскраниальное удаление краниофарингиом.

Актуальность

Краниофарингиомы являются эпителиальными гистологически доброкачественными новообразованиями [1, 14–16]. Развиваются из остатков клеток кармана Ратке. Кривая заболеваемости бимодальна, то есть с двумя пиками: у детей 5–15 лет и составляет 5–15 % интракраниальных образований (больше 50 % супраселлярных новообразований) и у взрослых в возрасте 45–70 лет, составляя 2–5 %. Различия между полами нет [1, 14–16].

Существуют разные тактики ведения и лечения краниофарингом, однако основным методом лечения является хирургическое удаление. Первые успешные трансфеноидальное удаление краниофарингиом были выполнены еще в начале 20-ого века со стороны Albert E.

Halsted, Harvey Cushing и Oskar Hirsch. Из-за технических неудобств, однако, вскоре хирургия от него отказалась.

С появлением хирургических микроскопов нейрохирургия снова вернулась к трансфеноидальному доступу при удалении опухолей ХСО и краниофарингом в частности. В 1971 г. Hardy J. подчеркнул важность микрохирургических доступов к опухолям ХСО и пометил, что интраселлярные субдиафрагмальные КФ могут быть тотально удалены трансфеноидально. В 1990 Yas, argil et al презентовали возможность достижения высокой степени GTR при микрохирургическом удалении краниофарингеом.

Со временем были разработаны и внедрены в практику различные транскраниальные микрохирургические доступы. При удалении эндоселлярных субдиафрагмальных краниофарингом можно использовать

трансфеноидальный доступ. Если же краниофарингиома больших размеров и/или распространяется в сторону и в межножковую цистерну, или же капсула опухоли врастает в гипофиз или кавернозный синус, то этот доступ нецелесообразен, а резекция опухоли обычно неполная. Можно использовать для имеющих противопоказания к краниотомии пожилых людей. При *птериональном доступе* хорошо визуализируются ретроселлярное пространство и передние отделы III желудочка на небольшой глубине, однако не обеспечивает достаточного контроля средней линии. Эту задачу может решить *фронтально-птериональный доступ*. В случае ретрохиазмального расположения можно воспользоваться *субтемпоральным доступом*, но при этом будет трудно достичь дна III желудочка и межножковой цистерны и будут мешать а. communicans posterior, n.n. oculomotorius и trigeminus. При такой необходимости предпочтение стоит отдать *транскаллезному и трансфронтально-трансвентрикулярному доступам*. Последний применим, если боковые желудочки расширены. Однако надо быть четко уверенным в интравентрикулярном расположении опухоли, в противном случае (когда опухоль вдавливают дно желудочка внутрь, но не врастает в нее) придется рассекать дно III желудочка. Гораздо реже применяется транспетрозальный-транстенториальный доступ в силу своей технической сложности и высоким риском повреждения черепных нервов. При прехиазмальной или субхиазмальной локализации удобным является субфронтальный доступ, при котором с легкостью достигаются межоптическое и оптико-коротидное пространства и хорошо визуализируется интраселлярная зона. При этом вероятность повреждения гипоталамуса и задних отделов зрительного перекреста, а также степень тракции фронтальных долей довольно высока [1, 20–23].

В конце 90-ых начале 2000-ых для удаления краниофарингиом начали применять эндоназальный трансфеноидальный эндоскопический доступ. Вначале это были эндоселлярные и отчасти эндо-супраселлярные краниофарингиомы. В 2004 г. был разработан и сразу же внедрен в практику назосептальный лоскут на питающей сосудистой ножке. В последующие годы были разработаны и внедрены в практику перикраниальный, небный, конхалный и ряд других вариантов аутопластики дефектов основания черепа [24, 25].

За последние 2 десятилетия метод активно развивался за счет технико-технологических инноваций, а также внедрение в практику расширенных доступов. При переднем расширенном доступе, например, производится резекция передней стенки турецкого седла и задних отделов площадки основной кости. Таким образом, обеспечивается хороший обзор области зрительного перекреста, так же создаются условия для свободной маневренности хирурга. Еще в 1987 г. M. Weiss впервые

сформулировал понятие расширенного трансфеноидального доступа [26]. В дальнейшем расширенные эндоскопические эндоназальные трансфеноидальные доступы активно использовались и продвигались как в заграничной, так и в Российской нейрохирургии [4, 9, 11, 27–29, 30–31].

Несмотря на первый взгляд неоспоримое преимущество эндоскопической эндоназальной трансфеноидальной хирургии, все же выбор метода оперативного вмешательства и хирургического доступа в большей степени зависят от предпочтений и навыков нейрохирурга, возможностей и традиций стационара.

Материалы и методы

Дизайн исследования: ретроспективный и проспективный анализ двух групп. Группа из 32 пациентов оперированных через полностью эндоскопический эндоназальный трансфеноидальный доступ. Группа из 21 пациентов оперированных через транскраниальные микрохирургические доступы.

Целью операции во всех случаях была тотальная резекция (GTR). Всем пациентам проводилось пред- и послеоперационное комплексное офтальмологическое и эндокринологическое обследование. Эндокринологическая оценка проводилась в ближайшем послеоперационном периоде, а затем повторялась через 4–6 недель после операции. Предоперационная компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ) была выполнена у всех пациентов. Послеоперационная МРТ с контрастированием выполнялась для определения объема резекции через 6 недель после операции.

Ввод и анализ данных осуществлялся с использованием статистического пакета SPSS-23 и Microsoft office 2010. Результаты, полученные при обработке данных выборки представлены в виде показателей описательной статистики. В качестве величин центральной тенденции рассчитывали среднюю арифметическую. Нормальность распределения значений переменных оценивали с помощью критерия Колмогорова — Смирнова. В случае нормального распределения для сравнения двух средних использовался t-тест для независимых выборок. При асимметричном распределении для оценки статистической значимости результатов исследования при сравнении двух групп в качестве метода статистического анализа использовался критерий Манна-Уитни. Нулевая гипотеза отвергалась при уровне значимости $p < 0.05$. Оценку статистической значимости результатов при категориальных переменных проводили с использованием критерия соответствия (χ^2). При наличии достоверной разницы между группами, при числе сравниваемых групп больше 2-х, для попарного сравнения групп ис-

пользовался апостериорный тест (Chi-square post hoc test). Точный критерий Фишера применялся в тех случаях, когда величина ожидаемых чисел была меньше пяти.

Результаты и обсуждения

В эндоскопической группе 13 (40,6 %) пациентов мужского пола, 19 (59,4 %) женского, соотношение по полу 1,46:1. В микрохирургической группе 7 (33,3 %) пациентов мужского пола, 14 (66,7 %) женского, соотношение по полу 2:1.

Для удобства статистической обработки, анализа и сравнения пациенты разделены на 3 возрастные подгруппы: 1) молодых пациентов (от 18 до 35 лет) в эндоскопической группе 11 чел. (34,4 %), в микрохирургической 3 чел. (14,3 %), 2) пациентов среднего возраста (от 36 до 55 лет) 16 чел. (50,0 %) и 10 чел. (47,6 %) соответственно, 3) пожилых пациентов (от 36 до 55 лет) 5 чел. (15,6 %) и 8 чел. (38,1 %) соответственно.

В эндоскопической группе размеры опухоли варьировали от 13 мм до 45 мм в максимальном диаметре (у 1 пациента было 115 мм), а в микрохирургической группе: от 19 мм до 51 мм. В литературных источниках, однако, подчёркивается, что размер опухоли не влияет на степень резекции [22, 23, 32, 33], с чем мы полностью согласны. С хирургической точки зрения важнее расположение краниофарингиомы и его соотношение с соседними структурами. В связи с этим, мы подразделили пациентов на 3 подгруппы. I группа включает в себя пациентов с эндоселлярными и эндо-супраселлярными краниофарингиомами. Во II группе краниофарингиомы в одном или более направлениях выходящие за пределы турецкого седла (антеро, ретро, латероселлярный рост), но не достигающие важных нейроваскулярных структур (таких как III желудочек, Хиазма, зрительные нервы). В III группу собраны пациенты с краниофарингиомами находящимися в непосредственной близости, компремирующие или врастающие в вышеперечисленные структуры.

В эндоскопической группе у 23 пациентов (71,9 %) предоперационно наблюдались зрительные нарушения в виде снижения остроты зрения (у 17 пациентов) и дефектов в полях зрения (у 8 пациентов). В микрохирургической группе предоперационные зрительные нарушения были у 13 пациентов (61,9 %), из них у 9 снижения остроты зрения, у 5 дефекты в полях зрения. У 13 пациентов (40,6 %) из эндоскопической группы были предоперационные нарушения функций гипофиза, из которых у 2 была дисфункция задней доли гипофиза, у 9 — дисфункция передней доли гипофиза (нарушения синтеза АКТГ — 3, нарушения синтеза ТТГ — 2, нарушения синтеза гонадотропного гормона — 1, нарушения синтеза соматотропного гормона — 1, так же нарушение синтеза 2 разных гормонов — 2). Еще у 2 пациентов наблюдался

пангипопитуитаризм. В группе микрохирургии предоперационные нарушения гипофиза наблюдались у 7 пациентов (33,3 %), из которых у 2 пациентов наблюдался пангипопитуитаризм, а у 5-и была дисфункция передней доли гипофиза (нарушения синтеза АКТГ — 2, нарушения синтеза ТТГ — 1, нарушения синтеза гонадотропного гормона — 1, так же нарушение синтеза 2 разных гормонов — 1). Статистически значимого отличия по всем вышеперечисленным критериям между двумя сравниваемыми группами не выявлено. Таким образом, составлены однородные и сопоставимые группы сравнения.

Сравнение и статистический анализ эндоскопической эндоназальной трансфеноидальной и микрохирургической транскраниальной групп произведено по длительности операции, нахождения в стационаре (койко/дни), объёму удаления опухоли, частоты возникновения питуитарных и зрительных нарушений, осложнений и рецидивов.

Опытный эндоскопический нейрохирург часто выполняет рутинную эндоскопическую эндоназальную трансфеноидальную операцию за 20–25 минут, при этом достигая тотального и субтотального объёма удаления. В наших наблюдениях эндоскопические эндоназальные трансфеноидальные вмешательства длились от 15 минут — до 60 минут, в среднем 32.7 ± 2.2 минут. Длительность микрохирургической транскраниальной операции зависит от оснащённости операционного зала и опытности хирурга, однако даже при самых благоприятных условиях в разы превышает ЭЭТ. В наших наблюдениях микрохирургические транскраниальные вмешательства длились от 160 минут — до 245 минут, в среднем 196.7 ± 5.7 минут.

Сравнение продолжительности операции в зависимости от вида хирургического вмешательства выявило ее достоверно меньшую длительность при эндоскопической трансназальной трансфеноидальной операции в сравнении с микрохирургическим транскраниальным методом (32.7 ± 2.2 против 196.7 ± 5.7 , критерий Манна-Уитни — $U = 528.0$, уровень статистической значимости по критерию — $U = 528.0, P < 0.001$).

Длительность госпитализации пациентов из группы эндоскопического эндоназального трансфеноидального вмешательства составляло от 4 до 14 койко/дней (9-14 к/дней у 4 пациентов с осложнением в виде назальной ликвореи и 4 — 8 к/дней у всех остальных), 7.2 ± 0.6 к/дней в среднем. Длительность госпитализации пациентов из группы микрохирургического транскраниального вмешательства составляло от 9 до 20 койко/дней, 17.5 ± 0.9 койко/дней в среднем.

Сравнение длительности госпитализации по койко/дням в зависимости от вида хирургического вмешательства

Характеристики	Вид хирургического вмешательства		Статистический критерий, р
	эндоскопическая трансназальная трансфеноидальная операция (n=32)	микрохирургическая транскраниальная операция (n=21)	
	M (m)		
Продолжительность операции в минутах	32.7±2.2	196.7±5.7	U= 528.0, P<0.001.
Койко-дни	7.2±0.6	17.5±0.9	t=9.866, p<0.001
<i>Примечание:</i> U— критерий Манна-Уитни, t— t-критерий, p — уровень статистической значимости по критерию.			

ства выявило ее достоверно меньшую длительность при эндоскопической трансназальной трансфеноидальной операции в сравнении с микрохирургическим транскраниальным методом (7.2 ± 0.6 к/дней против 17.5 ± 0.9 к/дней, t-критерий — $t = 9.866$, уровень статистической значимости по критерию — $U = 528.0, P < 0.001$).

В хирургии опухолей радикальность удаления перво-степенная задача и является важнейшим фактором предупреждающим рецидивы. В хирургии опухолей ЦНС, однако, нейрохирург должен стремиться к максимально щадящей операции, дабы избежать неврологических дефицитов. Таким образом, в хирургии краниофарингиом радикальность вмешательства зависит от локализации опухоли и степени инвазии прилежащих структур, так же от ее структуры и консистенции и мало зависит от размеров [22, 23, 32, 33]. В нашем исследовании в группе эндоскопического эндоназального трансфеноидального вмешательства радикальной резекции (GTR) удалось достичь у 21 пациентов (65,6 %), субтотальной резекции (STR) у 8 пациентов (25,0 %), а у 3 пациентов (9,4 %) только частичной резекции (PR). В группе микрохирургического транскраниального вмешательства тотальное удаление (GTR), субтотальное удаление (STR) и частичное удаление (PR) было выполнено у 7 пациентов (33,3 %) соответственно.

Анализ объема удаления в зависимости от вида хирургического вмешательства показал, что при эндоскопической эндоназальной трансфеноидальной хирургии процент GTR был достоверно выше (65,6 % против 33,3 %) и ниже процент частичной резекции (9,4 % против 33,3 %) по сравнению с микрохирургической транскраниальной операцией. ($X^2 = 6.671, p = 0.036$). При анализе рассчитан критерий соответствия с последующим апостериорным тестом.

Зрительные нарушения часто являются первыми симптомами краниофарингиом и возникают в основном

по причине непосредственной компрессии зрительных путей. Присутствующие предоперационно зрительные нарушения в большинстве случаев регрессируют после операции, что обусловлено декомпрессией зрительных путей и перекреста и снижением внутричерепного давления. Гораздо реже, но все же могут наблюдаться и послеоперационные зрительные нарушения [4, 6, 22, 23]. По литературным источникам улучшение зрительных нарушений при эндоскопическом доступе наблюдаются значительно чаще по сравнению с открытыми доступами [4, 6, 10–12, 22]. В нашем исследовании, однако, значительной разницы не выявлено. Так, в эндоскопической эндоназальной трансфеноидальной группе из 23 пациентов, у которых присутствовали предоперационные зрительные нарушения, улучшение зрения наблюдалось у 18 (78,2 %) пациентов (у 7 пациентов регрессировали дефекты полей зрения, у 11 пациентов улучшилась острота зрения). В микрохирургической транскраниальной группе из 13 пациентов, у которых присутствовали предоперационные зрительные нарушения, улучшение зрения наблюдалось у 10 (76,9 %) пациентов.

Послеоперационное зрительное нарушение в эндоскопической эндоназальной трансфеноидальной группе возникло у 1 пациента в виде снижения остроты зрения. Тогда как, в микрохирургической транскраниальной группе у 2 пациентов наблюдалось снижение остроты зрения, еще у двух пациентов дефекты полей зрения и у 1 пациента снижение остроты зрения с левосторонней центральной скотомой. Анализ частоты возникновения послеоперационных зрительных нарушений в зависимости от вида хирургического вмешательства показал, что при эндоскопической трансназальной трансфеноидальной операции нарушения были статистически значимо реже по сравнению со вторым видом хирургического вмешательства (3,1 % против 23,8 %).

Другим часто встречающимся симптомом краниофарингиом являются эндокринные нарушения. Улучшение предоперационных дисфункций гипофиза могут наблюдаются крайне редко. Постоперационные эндокринные нарушения тоже могут возникнуть [3–6]. Дисфункция задней доли гипофиза встречается чаще, чем переднего [3, 6, 12]. В нашем исследовании улучшение предоперационных дисфункций гипофиза не наблюдалось ни у одного пациента, ни в одной из групп сравнения. Послеоперационные питуитарные нарушения в эндоскопической эндоназальной трансфеноидальной группе возникло у 3 пациентов, из них 2 несахарный диабет и 1 пангипопитуитаризм. В микрохирургической транскраниальной группе несахарный диабет появился у 3 пациентов, у 1 пациента гипокортицизм и у 2 пангипопитуитаризм. Надо подчеркнуть, что анализировались случаи персистирующих эндокринных нарушений, а случаи транзиторных проявлений исключены из списка. Например, с ЭЭТ группе послеоперационно НД наблюдался

Сравнительный анализ объема удаления, частоты возникновения питуитарных и зрительных нарушений, осложнений и рецидивов в зависимости от вида хирургического вмешательства									
Операция	Объем удаления абс. (%)			Питуитарные нарушения после операции абс. (%)		Нарушения зрения после операции абс. (%)		Наличие рецидивов абс. (%)	
	GTR	STR	PR	да	нет	да	нет	да	нет
Эндоскопическая трансназальная трансфеноидальная	65.6 % (21)	25.0 % (8)	9.4 % (3)	9.4 % (3)	90.9 % (29)	3.1 % (1)	96.9 % (31)	6.3 % (2)	93.8 % (30)
Микрохирургическая транскраниальная	33.3 % (7)	33.3 % (7)	33.3 % (7)	28.6 % (6)	71.4 % (15)	23.8 % (5)	76.2 % (16)	23.8 % (5)	76.2 % (16)
	$\chi^2 = 6.516, p = 0.034$			$\chi^2 = 3.314, p = 0.131$		$\chi^2 = 5.404, p = 0.031$		$\chi^2 = 3.410, p = 0.099$	

Примечание: χ^2 — критерий соответствия, p — уровень статистической значимости.

у 13 пациентов, однако у большинства на фоне консервативной терапии нарушение регрессировало и только у 2 пациентов оно персистировало.

Анализ частоты возникновения послеоперационных питуитарных нарушений в зависимости от вида хирургического вмешательства показал, что при эндоскопической трансназальной трансфеноидальной хирургии нарушения реже (9,4 %) чем при микрохирургии (28,6 %), однако отличие не

Краниофарингиомы хоть и гистологически доброкачественные опухоли, все же, даже при радикальной резекции, часто рецидивируют (по литературным источникам от 5 % до 50 %). Такой разброс связан, от части, с длительностью наблюдений. Однако на частоту рецидивов влияют так же объем удаления опухоли, биологическая активность и гистологический тип (адамантиномоподобные: 21 %–53 %, папилломатозные: 7 %–15 %)[1, 12, 22, 34, 35]. В нашем исследовании в эндоскопической эндоназальной трансфеноидальной группе было 2 случая рецидивов, а в микрохирургической транскраниальной группе 5 (диапазон наблюдения: 10–70 месяцев).

Анализ частоты возникновения рецидивов в зависимости от вида хирургического вмешательства показал,

что при ЭЭТ хирургии рецидивы бывают реже (6,3 %) чем при микрохирургии (23,8 %), однако отличие статистически не значимо ($\chi^2 = 3.410, p = 0.099$)

Заключение и выводы

Таким образом, ЭЭТ доступ по сравнению с транскраниальными доступами позволяет снизить длительность операции в среднем в 6 раз, а также сократить длительность нахождения пациента в стационаре, что ведет к ранней реабилитации и возвращения трудоспособности пациента. В совокупности это экономит время и силы хирурга и операционной бригады, повышает эффективность использования операционных залов и техники, снижает объем кровопотери, риски и стоимость операции. Что важнее, ЭЭТ хирургия достоверно позволяет достичь большего объема удаления и меньшего количества послеоперационных зрительных нарушений.

При ЭЭТ хирургии послеоперационные питуитарные нарушения, осложнения и рецидивы встречаются реже. Статистический анализ не выявляет значимости отличий, но показывает тенденцию существования такой закономерности ($P = 0,06 \div 0,1$).

ЛИТЕРАТУРА

- Konovalov AN, Kalinin PL, Kutin MA, Fomichev DV, Kadashev BA, Astaf'eva LI, Semenova ZhB, Golanov AV, Trunin YuYu. Transsphenoidal surgery of craniopharyngioma: form palliative surgery to radical removal. Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko. 2013;77(3):3–12
- Kalinin PL, Fomichev DV, Kutin MA, Kadashev BA, Astaf'eva LI, Kurnosov AB, Popugaev KA, Fomochkina LA, Tropinskaia OF. Endoscopic endonasal anterior extended transsphenoidal approach in craniopharyngioma surgery. Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko. 2013;77(3):13–20
- Frank G, Pasquini E, Doglietto F, Mazzatenta D, Sciarretta V, Farneti G, et al. The endoscopic extended transsphenoidal approach for craniopharyngiomas. Neurosurgery. 2006;59:ONS75–83
- de Divitiis E, Cappabianca P, Cavallo LM, Esposito F, de Divitiis O, Messina A. Extended endoscopic transsphenoidal approach for extrasellar craniopharyngiomas. Neurosurgery. 2007;61:219–27.
- Gardner PA, Kassam AB, Snyderman CH, Carrau RL, Mintz AH, Grahovac S, et al. Outcomes following endoscopic, expanded endonasal resection of suprasellar craniopharyngiomas: A case series. J Neurosurg. 2008;109:6–16.
- Campbell PG, McGettigan B, Luginbuhl A, Yadla S, Rosen M, Evans JJ. Endocrinological and ophthalmological consequences of an initial endonasal endoscopic approach for resection of craniopharyngiomas. Neurosurg Focus. 2010;28:E8.

7. Jane JA, Jr, Kiehna E, Payne SC, Early SV, Laws ER, Jr Early outcomes of endoscopic transsphenoidal surgery for adult craniopharyngiomas. *Neurosurg Focus*. 2010;28:E9.
8. Leng LZ, Greenfield JP, Souweidane MM, Anand VK, Schwartz TH. Endoscopic, endonasal resection of craniopharyngiomas: Analysis of outcome including extent of resection, cerebrospinal fluid leak, return to preoperative productivity, and body mass index. *Neurosurgery*. 2012;70:110–23.
9. Cavallo LM, Solari D, Esposito F, Cappabianca P. The endoscopic endonasal approach for the management of craniopharyngiomas involving the third ventricle. *Neurosurg Rev*. 2013;36:27–37.
10. Koutourosiou M, Gardner PA, Fernandez-Miranda JC, Tyler-Kabara EC, Wang EW, Snyderman CH. Endoscopic endonasal surgery for craniopharyngiomas: Surgical outcome in 64 patients. *J Neurosurg*. 2013;119:1194–207.
11. Cavallo LM, Frank G, Cappabianca P, Solari D, Mazzatenta D, Villa A, et al. The endoscopic endonasal approach for the management of craniopharyngiomas: A series of 103 patients. *J Neurosurg*. 2014;121:100–13.
12. Yadav YR, Nishtha Y, Vijay P, Shailendra R, Yatin K. Endoscopic endonasal transsphenoid management of craniopharyngiomas. *Asian J Neurosurg*. 2015 Jan-Mar;10(1):10–6.
13. Jane J.A. Jr., Laws E.R. Craniopharyngioma. *Pituitary* 2006; 9: 4: 323–326
14. Karavitaki N. et al. Craniopharyngiomas. *Endocr Rev* 2006; 27: 4: 371–397.
15. Prabhu V.C., Brown H.G. The pathogenesis of craniopharyngiomas. *Childs Nerv Syst* 2005; 21: 8–9: 622–627
16. Alen J.F. et al. Intratumoural bleomycin as a treatment for recurrent cystic craniopharyngioma. Case report and review of the literature. *Neurocirugia (Astur)* 2002; 13: 6: 479–485
17. Mortini P, Losa M, Pozzobon G, Barzaghi R, Riva M, Acerno S, et al. Neurosurgical treatment of craniopharyngioma in adults and children: Early and long-term results in a large case series. *J Neurosurg*. 2011;114:1350–9.
18. Fernandez-Miranda JC, Gardner PA, Snyderman CH, Devaney KO, Strojan P, Suárez C, et al. Craniopharyngioma: A pathologic, clinical, and surgical review. *Head Neck*. 2012;34:1036–44.
19. Stamm AC, Vellutini E, Balsalobre L. Craniopharyngioma. *Otolaryngol Clin North Am*. 2011;44:937–52. VIII
20. Masson C.B. Complete removal of two tumors of the third ventricle with complete recovery. — *Archiv of Surgery*. — 1934. — 38. — 527–537
21. Steno J. Microsurgical topography of craniopharyngiomas. — *Acta Neurochirurgica*. — Suppl. — 1985. — 35. — 94–100
22. Fahlbusch R., Honegger J., Paulus W., Huk W. Surgical treatment of craniopharyngiomas: experience with 168 patients. — *J.Neurosurg*. — 1999. — 90. — 237–250
23. Ulitin A.J., Oliushin V.E., Burnin K.S., Pustovoj S.V., Kabulaeva S.K., Maslova L.N. Translaminar approach for surgical treatment of III ventricle floor craniopharyngiomas at adults. *Russian journal of neurosurgery*. 2014;(2):33–38. (In Russ.).
24. Zanation AM, Snyderman CH, Carrau RL, Kassam AB, Gardner PA, Prevedello DM. Minimally invasive endoscopic pericranial flap: a new method for endonasal skull base reconstruction. *Laryngoscope*. 2009;119(1):13–18. <https://doi.org/10.1002/lary.20022>
25. Kapitanov DN, Kalinin PL, Chernikova NA, Fomichev DV, Malevany NV. The modern endoscopic endonasal approaches for the treatment of pathological changes in the base of the skull applied in the otorhinolaryngological practice. *Russian rhinology*. 2017;25(3):58–62. <https://doi:10.17116/rosrino201725358-62>
26. Weiss M.H. Transnasal transsphenoidal approach. In: *Surgery of the Third Ventricle*. Ed. M.L.J. Apuzzo. Baltimore: Williams & Wilkins 1987; 476–49
27. Cappabianca P., Frank G., Pasquini E. et al. Extended endoscopic endonasal transsphenoidal approaches to the suprasellar region, planum sphenoidale and clivus. In: *Endoscopic Endonasal Transsphenoidal Surgery*. Eds. E. de Divitiis, P. Cappabianca. Wien: Springer-Verlag 2003; 176–187.
28. Cavallo L., de Divitiis O., Aydin S. et al. Extended endoscopic endonasal transsphenoidal approach to the suprasellar area: anatomic considerations — part 1. *Neurosurgery* 2007; 61: 24–34.
29. de Divitiis E., Cavallo L.M., Cappabianca P. et al. Extended endoscopic endonasal transsphenoidal approach for the removal of suprasellar tumors: part 2. *Neurosurgery* 2007; 60: 46–59.
30. Калинин П.Л., Фомичев Д.В., Кутин М.А. и др. Расширенные эндоскопические эндоназальные трансфеноидальные доступы в хирургии основания черепа. *Вопросы нейрохирургии* 2008; 4: 47–49.
31. Kalinin PL, Fomichev DV, Kutin MA, Kadashev BA, Astaf'eva LI, Kurnosov AB, Popugaev KA, Fomochkina LA, Tropinskaia OF. Endoscopic endonasal anterior extended transsphenoidal approach in craniopharyngioma surgery. *Burdenko's Journal of Neurosurgery*. 2013;77(3):13–20. (In Russ., In Engl.)
32. Adamson T.E., Weistler O.D., Kleihues P. et al. Correlation of clinical and pathological features in surgically treated craniopharyngiomas. — *J.Neurosurg*. — 1990. — 73(1). — 12–17
33. Harrison M.J., Morgello S., Post K.D. Epithelial cystic lesions of the sellar and parasellar region: a continuum of ectodermal derivatives? — *Neurosurg*. — 1994. — 80(6). — 1018–1025
34. Duo D., Gasverde S., Benech F. et al. MIB-1 immunoreactivity in craniopharyngiomas: a clinico-pathological analysis. *Clin Neuropathol* 2003;22(5): 229–34
35. Коновалов А.Н., Кутин М.А., Кадашев Б.А., Калинин П.Л., Фомичев Д.В., Астафьева Л.И., Голанов А.В., Трунин Ю.Ю. Современные принципы лечения краниофарингиом // *Опухоли головы и шеи*. 2012. №3.

© Мкртчян Варе Серёжаевич (vasermk@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСТРЫЙ ИНФАРКТ МИОКАРДА НА ФОНЕ ГИПЕРТРОФИЧЕСКОЙ КАРДИОМИОПАТИИ

ACUTE MYOCARDIAL INFARCTION AGAINST THE BACKGROUND OF HYPERTROPHIC CARDIOMYOPATHY

D. Nebieva
S. Voropaeva
I. Kuziev
B. Sklyarov
B. Pavlov

Summary. Cardiovascular diseases (CVD) are the main cause of death of the adult population in Russia, accounting for 46.3 % of the total number of deaths. In 2016, 187,240 cases of acute myocardial ischemia (MI) were registered, of which 17.7 % were fatal already upon hospitalization. In 2015, this figure was 18.6 %. Approximately 90 % of all cases of acute myocardial ischemia occur in MI, and the remaining cases relate to other forms of acute coronary heart disease.

Acute myocardial infarction (AMI) is an acute injury to the heart muscle caused by insufficient blood supply. To diagnose AMI that is not associated with a previous heart attack or coronary bypass surgery, it is necessary to detect an increase in the concentration of cardiac troponin in the blood. In this article, we consider a unique clinical case of a patient with myocardial infarction, the presence of a beautiful ST depression with obvious signs of a heart attack in the context of myocardial hypertrophy requires additional examinations and careful supervision by medical personnel. The results of such studies will allow us to more accurately determine the cause of this condition and consider the possibilities of treatment and prevention of cardiovascular diseases.

Keywords: acute coronary syndrome, myocardial infarction, hypertension, hypertrophic cardiomyopathy.

Небиева Диана Халиковна

Участковый врач терапевт

ГБУЗ МО «ПБ ИМ. Проф. Розанова В.Н.» Московская область, г.о. Пушкинский г. Пушкино

d.nebieva@mail.ru

Воропаева Светлана Валерьевна

Кандидат медицинских наук, доцент,

ФГБОУ ВО Тамбовский Государственный Университет

имени Г.Р. Державина

vrpaevas@rambler.ru

Кузиев Иброхимджон Джахонбекович

ФГБОУ ВО Тамбовский Государственный Университет

имени Г.Р. Державина

kuzievibrohim@gmail.com

Склярв Богдан Александрович

ФГБОУ ВО Тамбовский Государственный Университет

имени Г.Р. Державина

b.sklyarov@mail.ru

Павлов Богдан Владимирович

Ассистент, врач-эндокринолог, нутрициолог,

ФГБОУ ВО Тамбовский Государственный Университет

имени Г.Р. Державина

DewollS@yandex.ru

Аннотация. Во всем мире сердечно-сосудистые заболевания являются основной причиной смерти взрослого населения. Ежегодно только в России на 100 тысяч граждан умирают от инфаркта миокарда 154 женщины и вдвое больше мужчин.

Острый инфаркт миокарда (ОИМ) как жизнеугрожающее состояние, возникающее в результате повреждения сердечной мышцы, вызванное недостаточным кровоснабжением, достоверно чаще развивается не только у больных, имеющих факторы риска, но и на фоне сопутствующей патологии со стороны сердечно-сосудистой системы.

В данной статье рассматриваем уникальный клинический случай пациента с острым инфарктом миокарда с депрессией ST, около месяца назад перенесшего новую коронавирусную инфекцию без должной медицинской помощи и последующего наблюдения. В процессе диагностики выявлена гипертрофическая кардиомиопатия (ГКМП), которая сама по себе значительно увеличивает риск внезапной сердечной смертности, риск развития сердечной недостаточности и риск смерти от всех кардиальных причин.

Принимая во внимание генетическое детерминирование в развитии ГКМП и невозможность разработки мероприятий по её первичной профилактике, необходимо акцентировать внимание на ранней диагностике и проведении вторичной профилактики, направленной на снижение внезапной смертности, предотвращение развития сердечной недостаточности, улучшение качества и увеличение продолжительности жизни.

Ключевые слова: острый коронарный синдром, инфаркт миокарда, гипертоническая болезнь, коронавирусная инфекция, гипертрофическая кардиомиопатия.

Введение

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) — основная причина смерти взрослого населения в России. По данным федеральной службы государственной статистики за 2022 ежегодно на 100 тысяч граждан России умирают от инфаркта миокарда 154 женщины и вдвое больше мужчин [1].

По данным Росстата в 2022 году от заболеваний сердечно-сосудистой системы умерло 831 557 человек, что составило 43,8 % от общей доли смертности. В эту категорию входят ишемическая болезнь сердца, цереброваскулярные заболевания и острые нарушения мозгового кровообращения. Регистрируемый рост заболеваний с поражением сердечно-сосудистой системы и снижение общей смертности и смертности от ССЗ связан со многими факторами: влияние факторов риска, развитие медицины как науки и широкий охват населения диагностическими обследованиями (Рис. 1) [2].

Во время пандемии covid-19 зарегистрировано увеличение смертности от сердечно-сосудистых заболеваний. Вынужденное нахождение в ограниченном пространстве во время карантина, стресс, неопределенность, снижение физической активности, ограничение возможности в получении своевременной медицинской помощи, приводили к обострению хронических заболеваний. Пациенты с избыточной массой тела, имеющие в анамнезе повышение артериального давления, сахарный диабет, тяжелее переносили новую коронавирусную инфекцию, чаще имели характерные осложнения и неблагоприятный прогноз (увеличивалась летальность).

Патогенетическое воздействие вируса SARS-CoV-2 на организм оказалось комплексным и разносторонним: токсическое, сдвиги в работе кроветворной, иммунной системы, эндокринной, кардио-респираторной, пищеварительной систем. Новая коронавирусная инфекция повышает вероятность развития острого поражения миокарда и развитие жизнеугрожающих кардиологических осложнений [3].

Обобщая данные научных исследований, следует отметить, что повреждение миокарда, определяемое повышенным уровнем тропонина I, может возникнуть de novo. В докладе Явелова И.С. на заседании круглого стола, посвященного пандемии, сообщается, что сердечно-сосудистые осложнения во время стационарного лечения больных COVID-19 возникали, в среднем, у 14 % пациентов. В исследовании Ayoubkhani D, et al. частота впервые выявленных крупных сердечно-сосудистых событий после выписки из стационара, определенных как сумма случаев СН, инфаркта миокарда, инсульта и аритмий, составила 66/1000 человеко-лет, что в 3 раза чаще, чем в контрольной группе.

К механизмам сердечно-сосудистых осложнений после перенесенного COVID-19 относят: прямое повреждающее действие вируса на кардиомиоциты, снижение экспрессии ангиотензинпревращающего фермента 2 типа с нарушением регуляции ренин-ангиотензин-альдостероновой системы, высвобождение провоспалительных цитокинов, воспалительный иммунологический ответ и особенности лечения коронавирусной инфекции. Новые данные указывают на то, что центральной особенностью COVID-19 является дисфункция эндотелиальных клеток. Каскад реакций, запускаемых инвазией

Динамика смертности

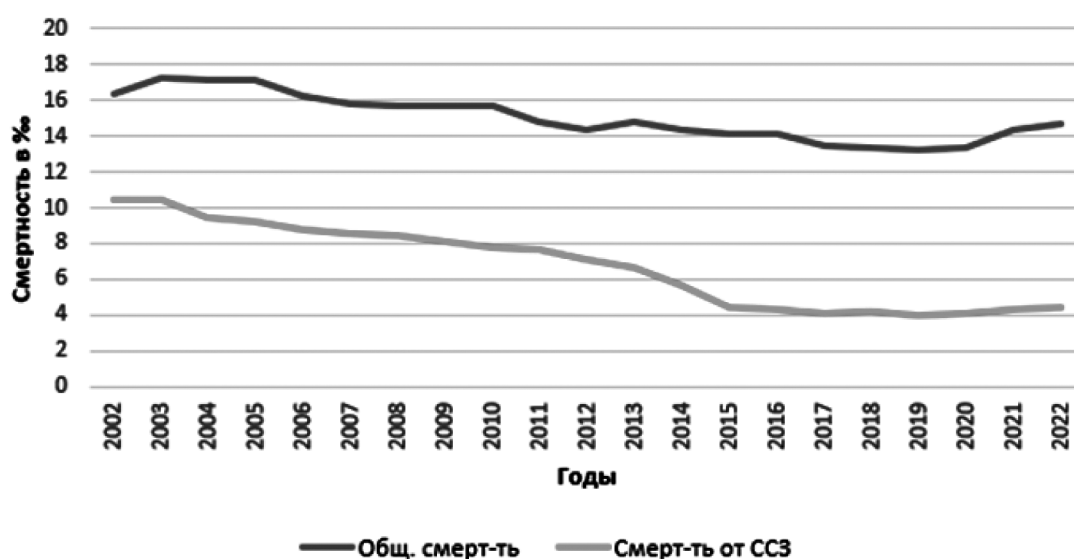


Рис. 1. Изменение основных показателей общей смертности и смертности от сердечно-сосудистых заболеваний по РФ за период 2002–2022 гг.

вируса SARS-CoV-2, приводит к нарушению структурной целостности миокарда, перикарда и проводящей системы, вызывает некроз кардиомиоцитов и фиброзно-жировое замещение десмосомных белков.

В группу сердечно-сосудистых осложнений COVID-19 входят миокардит, фатальные аритмии (9–17 %), острое кардиальное повреждение (0,9–11 %), острая сердечная недостаточность (3–33 %), кардиогенный шок (9–17 %), а также венозные и артериальные тромбоэмболии. Обращает на себя внимание публикация немецких коллег, в которой представлены результаты магнитно-резонансной томографии сердца на 2–3 месяца после начала болезни: у 78 % обследованных выявлено поражение сердца, наиболее частой патологией являлся миокардит (60 %) [2;4].

Согласно проведенному научному исследованию «COVID-19 — самостоятельный фактор риска острого инфаркта миокарда и ишемического инсульта» за 2020 год, включающего в себя 86 742 пациента с covid-19 и 348 481 контрольных лиц, выявлен риск развития острого инфаркта миокарда в первую неделю после заболевания — 2,89 (95 % доверительный интервал 1,51–5,555), во вторую неделю — 2,53 (1,29–4,94), а на 3-й и 4-й неделях — 1,60 (0,84–3,04). Аналогично, относительные риски развития ишемического инсульта в первую неделю составили 2,97 (1,71–5,15), во вторую неделю — 2,80 (1,60–4,88), а на 3-й и 4-й неделях — 2,10 (1,33–3,32). При когортном анализе отношение шансов развития острого инфаркта миокарда в течение 2 недель после перенесенного заболевания covid-19 составило 3,41 (1,58–7,36), для инсульта — 3,63 (1,69–7,80). Полученные результаты четко демонстрируют способность covid-19 служить самостоятельным фактором риска тромбообразования: возникновения острого инфаркта миокарда и ишемического инсульта. Также острый инфаркт миокарда и ишемический инсульт могут являться частью клинической картины covid-19.

Одновременно, ряд лекарственных препаратов, используемых при лечении COVID-19, может оказывать и кардиотоксическое воздействие, поэтому рекомендуется мониторировать гемодинамические параметры, ЭКГ, ЭхоКГ, контролировать работу печени и почек [4;5].

В последние годы соотношение между острой ишемией миокарда с подъемом сегмента ST (ИМПСТ) и без подъема сегмента ST (ИМБПСТ) меняется в пользу последней, благодаря лабораторному выявлению дополнительных случаев ИМБПСТ среди пациентов с нестабильной стенокардией, с помощью определения уровня высокочувствительного тропонина [6;7].

Смертность при острой ишемии миокарда с подъемом сегмента ST снижается на фоне широкого вне-

дрения инвазивного лечения. Согласно национальным регистрам в Европе, летальность в стационаре колеблется от 6 до 14 %. Данные регистра ОКС, проведенного в Москве в 2012 году, указывают, что около 28,3 % случаев от общего числа окс приходится на окс с подъемом сегмента ST. В стационаре умерло 12,4 % пациентов с оксПСТ, в то время как с оксБПСТ — практически в 6 раз меньше — 1,9 % [8].

Клинический случай

Мужчина, 1979 г.р., 43 года, госпитализирован в РСЦ 11.12.2022.

Жалобы: на момент осмотра боли за грудиной не беспокоят, сохраняется слабость.

Анамнез заболевания: около двух месяцев назад, после перенесенной коронавирусной инфекции в легкой форме, заметил ухудшение самочувствия, появилась быстрая утомляемость, эпизоды головокружения, учащенное сердцебиение, чувство тяжести при дыхании, жжение и чувство тяжести за грудиной при значительной физической нагрузке и длительной ходьбе, проходящие самостоятельно после непродолжительного отдыха. Свое состояние связывал с перенесенной инфекцией. Так как работа не связана с двигательной активностью (дальнобойщик), за медицинской помощью не обращался, не лечился, отлежался дома и после окончания выходов вышел в рейс.

10 декабря 2022 года, отмечал эпизод сильных болей за грудиной в 7:00 с иррадиацией под левую лопатку, после отдыха боли самостоятельно прекратились, и пациент смог закончить рейс.

11 декабря 2022 года, около 16:00 повторный эпизод интенсивной боли за грудиной с иррадиацией в межлопаточную область, слабость, потливость. Бригадой СП введено: клопидогрел 300 мг, ацетилсалициловая кислота 100 мг, гепарин 4000 ед.п/к, нитроспрей одна доза, госпитализирован в РСЦ. На ЭКГ синусовый ритм, чсс 103, ЭОС отклонена влево, косонисходящая депрессия сегмента ST в отведениях I, V5-V6. Троп-тест положительный (экспресс-диагностика).

Анамнез жизни: длительное время отмечает повышение артериального давления до 150/90 мм рт ст, с максимальными эпизодическими подъемами артериального давления до 180/100 мм рт. ст., адаптирован к 130/80 мм рт ст. Периодически употребляет: лизиноприл 5 мг, конкор 5 мг. СД, ИМ, ОНМК, травмы, операции, отрицает.

Аллергический анамнез без особенностей.

Наследственность: мать страдает ИБС, гипертонической болезнью.

Вредные привычки: курение 2 пачек сигарет в день более 20 лет, употребление алкоголя — по праздникам, выходным дням.

Эпидемиологический анамнез: октябрь 2022 перенес COVID-19 в легкой форме, пневмония не выявлена, получал лечение амбулаторно. Вакцинация против COVID-19 не проводилась. ВИЧ, вирусные гепатиты В и С, венерические заболевания, туберкулез отрицает.

При объективном обследовании состояние пациента средней степени тяжести. Сознание ясное. Рост 180 см, вес 110 кг. ИМТ 34. Ожирение 1 ст. Кожные покровы чистые, гиперемия лица. Температура тела 36,6 С. В легких дыхание жесткое, хрипов нет, ЧДД — 20 в минуту. SpO₂ — 96 %. Тоны сердца приглушены, ритм правильный, систолический шум на верхушке сердца. Артериальное давление 100/60 мм рт. ст., ЧСС=PS= 103 ударов в минуту. Живот мягкий, безболезненный при пальпации. Печень не увеличена. Мочеиспускание и стул без особенностей. Периферических отеков нет.

Результаты дополнительных исследований:

ОАК: гемоглобин — 170 г/л, лейкоциты 10,6 *10⁹, эритроциты 5,34*10¹².

Тропонин I — 620,8 нг/л, КФК-МВ — 33,4 ед/л, холестерин — 5,9 ммоль/л,

Липидограмма: триглицериды 0,74 ммоль/л, ЛПВП — 1,07 ммоль/л, ЛПНП — 4,54 ммоль/л, ЛПОНП — 0,34 ммоль/л. Индекс атерогенности — 4,56, общий белок — 85 г/л, глюкоза — 6,33 ммоль/л, креатинин — 113 мкмоль/л, мочевины — 19,24 ммоль/л, СКФ — 68,27 мл/мин/1.73 м.кв.

ЭКГ от 11.12.2022: депрессия сегмента ST в I, aVL, V5—V6. Элевация сегмента в aVR, V1 до 1 мм (рис. 2–4).

ЭХО КГ от 12.12.2022, заключение: ЛЖ не увеличен. Миокард значительно утолщен. Концентрическая гипертрофия ЛЖ. Локальных нарушений сократимости не найдено. Глобальная сократимость ЛЖ сохранена. ФВ 69 % (методом Simpson). Диастолическая функция нарушена, 1 степени. ЛП увеличено. ИОЛП 37 мл/м² (N < 34 мл/м²). Аорта не расширена, стенки уплотнены. Аортальный клапан состоит из 3-х полулуний, без ограничения раскрытия.

Признаки обструкции в выносящем тракте левого желудочка на фоне симметричной гипертрофии левого желудочка. С формированием градиента давления максимального до 143 мм рт.ст. Створки МК не изменены. Приклапанная митральная регургитация. Правые камеры сердца незначительно расширены. Сократимость ПЖ сохранена. ВПЖ и ЛС не расширены. Кровоток через МПП не лоцируется. Пульмональный и трикуспидальный клапан обычные. Минимальная трикуспидальная регургитация. Давление в ЛА не повышено. НПВ не расширена, спадение ее на вдохе более 50 %. Перикард без особенностей.

Коронарография от 12.12.2022, проведена без осложнений, на ангиографическом комплексе Siemens Artis Zee МЗН. Коронарные артерии с неровными контурами, стеноз передней нисходящей артерии до 40%. Заключение: гемодинамически значимых стенозов нет.

Пациент получал лечение: антиагреганты, инфузия гепарина 1 тыс. ед\час., иАПФ, в-блокаторы, статины, ингибиторы протонного насоса. Проводилось мониторинговое АД, ЧСС, SpO₂ — 97 %.

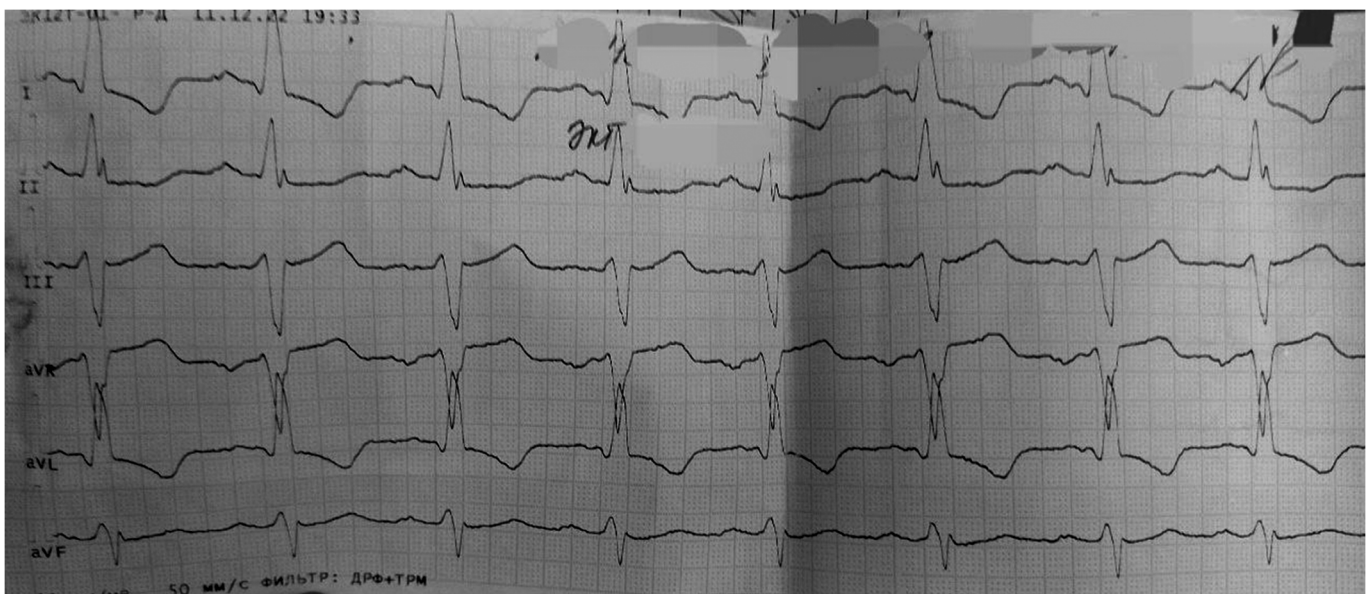


Рис. 2. ЭКГ пациента на момент поступления в РСЦ в I, II, III, aVR, aVL, aVF отведениях



Рис. 3. ЭКГ пациента на момент поступления в РСЦ в V1—V3 отведениях

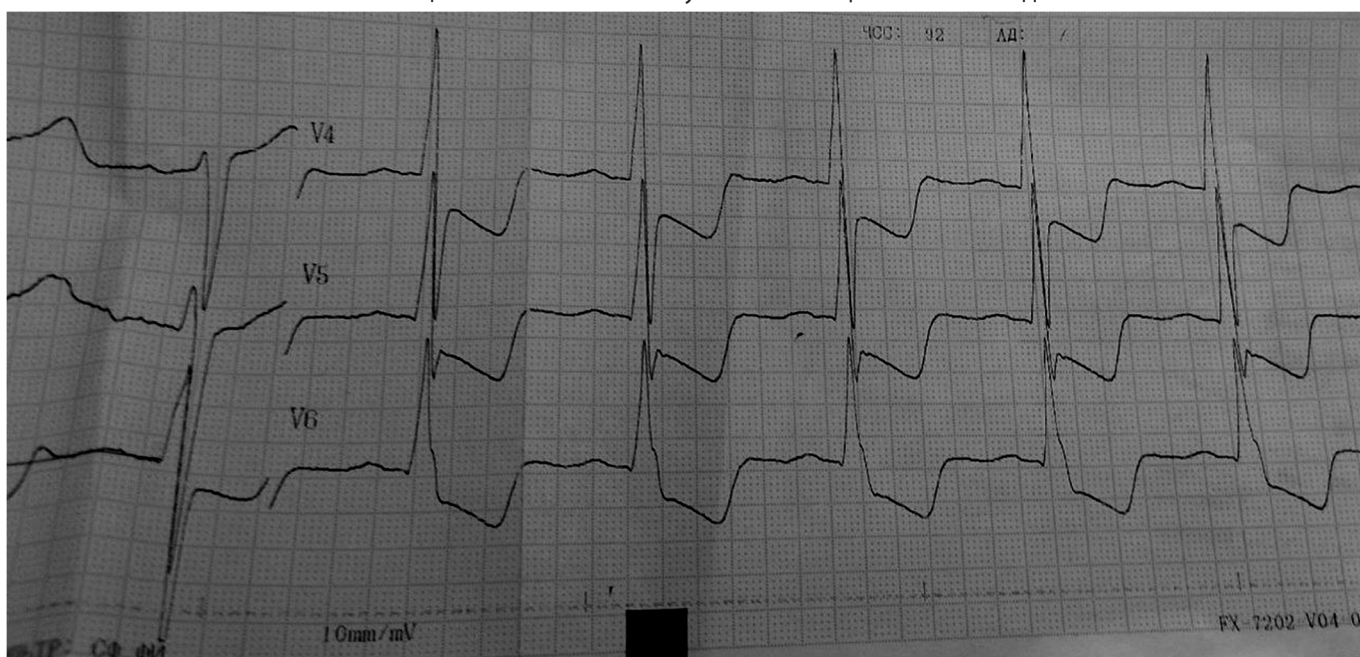


Рис. 4. ЭКГ пациента на момент поступления в РСЦ в V4—V6 отведениях

Выписан 28.12.22 с улучшением, в удовлетворительном состоянии.

Основной диагноз: ИБС. Субэндокардиальный инфаркт миокарда без подъема сегмента ST переднебоковой стенки левого желудочка от 11.12.2022.

Фоновый: Гипертоническая болезнь 2 степени, 3 стадии, контролируемая АГ. Ожирение 1 степени. Риск 4. Целевое АД 120–130/70–79 мм рт. ст. Обструктивная гипертрофическая кардиомиопатия.

Осложнение основного: ХСН 2 ст., 3 ФК

Рекомендовано: Очная консультация с госпитализацией в ФГБУ НИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева Минздрава России, с целью решения вопроса о хирургическом лечении ГКМП, обструктивной формы, через миоэктомию межжелудочковой перегородки. Для принятия решения о хирургическом лечении требуется получить консультации специалистов согласно прилагаемому перечню.

Обсуждение полученных результатов

ГКМП — одно из немногих кардиоваскулярных заболеваний, которое может манифестировать в любом возрасте, но чаще средний возраст пациентов при установке диагноза составляет около 40 лет. Согласно данным эпидемиологических исследований, проводимых в разных частях света, распространенность ГКМП составляет 1:500 в общей популяции, у мужчин встречается в 2 раза чаще. ГКМП проявляется неспецифической клинической картиной и зачастую приводит к смертельному исходу или развитию инвалидности.

Гипертрофическая кардиомиопатия является частой причиной внезапной смерти. Ухудшение коронарного кровотока может приводить к развитию артериальной гипертензии, стенокардии, нарушению ритма сердца, развитию сердечной недостаточности. Характерные клинические признаки: тахикардия, потеря сознания, одышка, боли в грудной клетке неспецифичны, могут быть проявлениями и других заболеваний, не связанных с поражением сердечно-сосудистой системы.

Инфаркт миокарда, как одно из типичных и часто встречающихся осложнений гипертрофической кардиомиопатии, представляет собой угрозу жизни больного. Интерес вызывает частота ИМ в более масштабных группах пациентов с гипертрофической кардиомиопатией и при долгосрочном наблюдении. У 11,8 % взрослых пациентов с ГКМП обнаруживается острое начало инфаркта миокарда, приводящее к резкому ухудшению работы миокарда. Смертность среди пациентов с ГКМП и острым инфарктом миокарда составляет 20 % при среднем сроке наблюдения 10,5 месяцев.

Воздействие вируса SARS-CoV-2 и других патогенных факторов, обладающих токсическим, провоспалительным и прокоагулянтным эффектами, может приводить к декомпенсации сопутствующих сердечно-сосудистых заболеваний и увеличивать летальность.

При подозрении на возникновение у пациентов ОКСбпСТ неотъемлемой составляющей диагностики является проведение эхокардиографии (эхокг) с оценкой фракции выброса ЛЖ (ФВ), что позволяет более точно установить диагноз, определить оптимальный подход к лечению, провести дифференциальную диагностику и выявить возможные осложнения. Следовательно, проведение ЭХО КГ в любом случае необходимо проводить всем больным, имеющим риск развития сердечно-сосудистых заболеваний.

По шкале SCORE наш пациент имеет высокий суммарный риск смерти от сердечно-сосудистых заболеваний. Отягощенная наследственность, ожирение 1 степени, стрессовые нагрузки на работе, сниженная двигательная

активность, курение и употребление алкоголя, гиперхолестеринемия и повышенный индекс атерогенности.

При анализе эхокардиографического обследования выявлено: левое желудочковое наполнение не увеличено, однако миокард значительно утолщен, имеется концентрическая гипертрофия левого желудочка. Не выявлено локальных нарушений сократимости, что свидетельствует о сохранении глобальной сократимости левого желудочка. Фракция выброса сохранена и составляет 69 % по методу Simpson. Диастолическая функция левого желудочка находится на первой степени нарушения. Объем левого предсердия увеличен до 37 мл/м², что ниже нормального значения (<34 мл/м²). Стенки аорты уплотнены, однако расширения аорты не наблюдается. На фоне симметричной гипертрофии левого желудочка выявлены признаки обструкции в выносящем тракте левого желудочка с максимальным градиентом давления до 143 мм рт.ст. Створки митрального клапана не изменены, но имеется митральная регургитация. Правые камеры сердца незначительно расширены, однако сократимость правого желудочка сохранена. Венозный трехстворчатый клапан и легочный клапан без патологических изменений. Наблюдается минимальная трикуспидальная регургитация, давление в левом предсердии не повышено. Нижняя полая вена не расширена, при вдохе она спадает более чем на 50 %. Перикардальные изменения отсутствуют.

При проведении коронарографии для уточнения диагноза и объема поражения гемодинамически значимых стенозов не выявлено.

Острый коронарный синдром (ОКС) как набор клинических признаков или симптомов, указывающих на острый инфаркт миокарда (ИМ) или нестабильную стенокардию (НС). Острый инфаркт миокарда (ОИМ) — острое повреждение сердечной мышцы из-за её недостаточного кровоснабжения. Для диагностики ОИМ без связи с перенесенным инфарктом или коронарным шунтированием необходимо фиксировать увеличение концентрации сердечного тропонина в крови, который превышает 99-й перцентиль нормы у пациентов без начального повышения тропонина или увеличиваться более чем на 20 % у тех, у кого уровень тропонина уже был повышен, при условии стабильности (вариация ≤ 20 %) или снижения его уровня, совместно с хотя бы одним критерием острой ишемии миокарда [9].

Симптомы ишемии миокарда могут включать:

- Остро возникшие ишемические изменения на ЭКГ, включая появление патологических зубцов Q.
- Подтверждение наличия новых участков миокарда с потерей жизнеспособности через методы визуализации.
- Выявление внутрикоронарного тромбоза при коронарографии или на аутопсии.

Изменения на ЭКГ, характерные для острой ишемии миокарда:

- Наблюдается остро возникший подъем сегмента ST в точке J как минимум в двух смежных отведениях. Значение этого подъема должно быть не менее 0,1 мВ во всех отведениях, за исключением отведений V2–V3, где элевация сегмента ST должна составлять не менее 0,2 мВ у мужчин в возрасте 40 лет и старше, не менее 0,25 мВ у мужчин моложе 40 лет, либо не менее 0,15 мВ у женщин вне зависимости от возраста (при условии отсутствия гипертрофии левого желудочка или полной блокады левой ножки пучка Гиса (ЛНПГ))[5].
- Если степень элевации точки J оценивается в сравнении с ранее зарегистрированной ЭКГ, ишемические изменения отражаются в виде новой элевации, равной или больше 0,1 мВ.
- Горизонтальное или косонисходящее снижение сегмента ST, равное или превышающее 0,05 мВ, наблюдается как минимум в двух смежных отведениях ЭКГ. Также возможна инверсия зубца T, превышающая 0,1 мВ, как минимум в двух смежных отведениях ЭКГ. Это может проявляться в преобладающем зубце R или отношением амплитуды зубцов R/S >.

ИмпбпST (или инфаркт миокарда без стойких подъемов сегмента ST на ЭКГ) является формой инфаркта миокарда, при которой в ранние стадии заболевания на ЭКГ не наблюдается стойкий (продолжительностью более 20 минут) подъем сегмента ST как минимум в двух смежных отведениях и отсутствует остро возникшая блокада левой направляющей системы сердца. ИмпбпST требует особого внимания, так как отсутствие стойкого подъема сегмента ST может затруднить его диагностику [8;10].

Окклюзивный коронарный тромбоз (ОКТ) является одной из основных причин ОКС и инфаркта миокарда. Обычно ОКТ происходит в результате тромбоза коронарной артерии (КА). Тромб образуется главным образом на месте разрыва нестабильной атеросклеротической бляшки (АБ) — это бляшка с большим липидным ядром, богатая воспалительными элементами и имеющая истонченную накладку. Однако возможно образование окклюзивного тромба и на поврежденном эндотелии. В некоторых случаях острый тромбоз возникает в месте, где изначально стеноз КА не был клинически значимым с точки зрения гемодинамики. В отличие от острой коронарной синдромы с ST-подъемом на ЭКГ, продолжительная окклюзия большой КА, вызывающая трансмуральную ишемию миокарда, отсутствует при ОКС без ST-подъема [10;11].

В случае пациентов с острым коронарным синдромом (ОКС) часто обнаруживают несколько ранимых атеросклеротических бляшек (АБ), которые могут быть повреждены или иметь надрывы. В связи с высоким риском повторных окклюзий при лечении этих пациентов необходимо комбинировать местное воздействие на область АБ, которая вызывает клиническую картину ОКС, с общими терапевтическими мероприятиями, направленными на снижение риска повреждения АБ и тромбоза [12;13].

Тромб может стать источником эмболических событий в дистальные сосуды сердца. Микроэмболизация сосудов миокарда сама по себе может привести к формированию малых очагов некроза. Кроме того, малые эмболы могут мешать восстановлению кровоснабжения миокарда (реперфузии) после удаления основного заболевания коронарной артерии. Ишемия миокарда может быть спровоцирована или усугублена анемией, гипоксемией, воспалением, инфекцией, лихорадкой, а также метаболическими или эндокринными нарушениями (в особенности гипертиреозом). Спазм, диссекция и тромбоз коронарной артерии, наряду с тахикардией и повышением артериального давления, могут возникнуть при употреблении кокаина и некоторых других запрещенных веществ [14–16].

У некоторых пациентов с окклюзивной коронарной артерией развивается ишемический некроз (инфаркт) миокарда, размеры которого могут быть различными. Это может привести к процессу ремоделирования сердца. Образование очага некроза в миокарде сопровождается изменением размеров, формы и толщины стенки левого желудочка (ЛЖ), а оставшаяся функционирующая часть миокарда испытывает повышенную нагрузку и гипертрофируется. Насосная функция ЛЖ с измененной формой ухудшается, что способствует развитию сердечной недостаточности [17;18].

Вывод

Распространенность сердечно-сосудистых заболеваний в мире ежегодно увеличивается, прогрессивно снижается возраст пациентов, при котором регистрируется дебют заболевания, повышается смертность и инвалидность среди работоспособного населения, что требует серьезного внимания и разработки мер по предупреждению и лечению сердечно-сосудистых заболеваний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данные Росстата www.gsk.ru на 22.06.2022
2. Бунова С.С., Охотникова П.И., Скирденко Ю.П., Николаев Н.А., Осипова О.А., Жернакова Н.И. COVID-19 и сердечно-сосудистая коморбидность: поиск новых подходов к снижению смертности. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2021; 20 (4): 122–128. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2021-2953>
3. Козлов И.А., Тюрин И.Н. Сердечно-сосудистые осложнения COVID-19 // Вестник анестезиологии и реаниматологии. — 2020. — Т. 17, № 4. — С. 14–22. <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2020-17-4-14-22>
4. Вахненко Ю.В., Доровских И.Е., Домке А.П. Кардиоваскулярная составляющая постковидного синдрома. Тихоокеанский медицинский журнал. 2022;1: 56–64. <https://doi.org/10.34215/1609-1175-2022-1-56-64>
5. Болдырева, С.Ю. Влияние новой коронавирусной инфекции COVID-19 на сердечно-сосудистую систему // Молодежный инновационный вестник. — 2021. — Т. 10. — № 51. — С. 354–357.
6. Reichlin T, Twerenbold R, Maushart C, Reiter M, Moehring B, Schaub N, Balmelli C, Rubini Gimenez M, Hoeller R, Sakarikos K, Drexler B, Haaf P, Osswald S, Mueller C. Risk stratification in patients with unstable angina using absolute serial changes of 3 high-sensitive troponin assays. *Am Heart J* 2013; 165: 371–378.
7. Nestelberger T, Wildi K, Boeddinghaus J, Twerenbold R, Reichlin T, Gimenez MR, Puelacher C, Jaeger C, Grimm K, Sabti Z, Hillinger P, Kozuharov N, du Fay de Lavallaz J, Pinck F, Lopez B, Salgado E, Miró Ò, Bingisser R, Lohrmann J, Osswald S, Mueller C. Characterization of the observe zone of the ESC 2015 high-sensitivity cardiac troponin 0h/1h-algorithm for the early diagnosis of acute myocardial infarction. *Int J Cardiol* 2016; 207: 238–245.
8. Козлов И. А. Тюрин И.Н. Сердечно-сосудистые осложнения COVID-19 // Вестник анестезиологии и реаниматологии. -2020. — Т. 17, № 4. — С. 14–22. <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2020-17-4-14-22>
9. Shah ASV, Anand A, Strachan FE, Ferry AV, Lee KK, Chapman AR, Sandeman D, Stables CL, Adamson PD, Andrews JPM, Anwar MS, Hung J, Moss AJ, O'Brien R, Berry C, Findlay I, Walker S, Cruickshank A, Reid A, Gray A, Collinson PO, Apple FS, McAllister DA, Maguire D, Fox KAA, Newby DE, Tuck C, Harkess R, Parker RA, Keerie C, Weir CJ, Mills NL, High SI. High-sensitivity troponin in the evaluation of patients with suspected acute coronary syndrome: a stepped-wedge, cluster-randomised controlled trial. *Lancet* 2018; 392: 919–928
10. Здравоохранение // Федеральная служба государственной статистики. — URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13721#> (дата обращения: 30.12.2023).
11. COVID-19 — самостоятельный фактор риска острого инфаркта миокарда и ишемического инсульта. <https://gnicpm.ru/articles/terapevt-news/covid-19-samostoyatelnyj-faktor-riska-ostrogo>
12. Fox KA, Carruthers KF, Dunbar DR, Graham C, Manning JR, De Raedt H, Buyschaert I, Lambrechts D, Van de Werf F. Underestimated and under-recognized: the late consequences of acute coronary syndrome (GRACE UK-Belgian Study). *Eur Heart J*. 2010 Nov;31(22):2755–64. doi: 10.1093/eurheartj/ehq326. Epub 2010 Aug 30. PMID: 20805110.
13. Эрлих А.Д., Грацианский Н.А. Независимый регистр острых коронарных синдромов рекорд. Характеристика больных и лечение до выписки из стационара // Атеротромбоз. 2009. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nezavisimyy-registr-ostryh-koronarnyh-sindromov-rekord-harakteristika-bolnyh-i-lechenie-do-vypiski-iz-statsionara>
14. Thygesen K, Alpert JS, Jaffe AS, Chaitman BR, Bax JJ, Morrow DA, White HD; ESC Scientific Document Group. Fourth universal definition of myocardial infarction (2018). *Eur Heart J* 2019; 40: 237–269.
15. Pasupathy S, Air T, Dreyer RP, Tavella R, Beltrame JF. Systematic review of patients presenting with suspected myocardial infarction and nonobstructive coronary arteries. *Circulation* 2015;131: 861–870.
16. Roffi M., Patrono C., Collet J.P., et al. 2015 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation: Task Force for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 2016; 37: 267–315.
17. Chapman AR, Lee KK, McAllister DA, Cullen L, Greenslade JH, Parsonage W, Worster A, Kavsak PA, Blankenberg S, Neumann J, Sorensen NA, Westermann D, Buijs MM, Verdel GJE, Pickering JW, Than MP, Twerenbold R, Badertscher P, Sabti Z, Mueller C, Anand A, Adamson P, Strachan FE, Ferry A, Sandeman D, Gray A, Body R, Keevil B, Carlton E, Greaves K, Korley FK, Metkus TS, Sandoval Y, Apple FS, Newby DE, Shah ASV, Mills NL. Association of High-Sensitivity Cardiac Troponin I Concentration With Cardiac Outcomes in Patients With Suspected Acute Coronary Syndrome. *JAMA* 2017; 318: 1913–1924.
18. Mueller C, Giannitsis E, Mockel M, Huber K, Mair J, Plebani M, Thygesen K, Jaffe AS, Lindahl B, Biomarker Study Group of the ESC ACCA. Rapid rule out of acute myocardial infarction: novel biomarker-based strategies. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care* 2017; 6: 218–222.

© Небиева Диана Халиковна (d.nebieva@mail.ru); Воропаева Светлана Валерьевна (vrpaeva@rambler.ru);
 Кузиев Иброхимджон Джахонбекович (kuzievibrohim@gmail.com); Склярков Богдан Александрович (b.sklyarov@mail.ru);
 Павлов Богдан Владимирович (DewollS@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЛЕГОЧНЫЙ АЛЛОГРАФТ В АОРТАЛЬНОЙ ПОЗИЦИИ. ТЕХНИКА ИМПЛАНТАЦИИ, НЕПОСРЕДСТВЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ, ПРИЧИНЫ РАННЕЙ И ПОЗДНЕЙ ДИСФУНКЦИИ. СИСТЕМНЫЙ ОБЗОР

PULMONARY ALLOGRAFT IN AORTIC POSITION. IMPLANTATION TECHNIQUES, CAUSE OF EARLY AND LATE DYSFUNCTION. A SYSTEMATIC REVIEW

**M. Nuzhdin
R. Komarov
I. Nadin
I. Stroganov
A. Fokin**

Summary. Background. Aortic root surgery currently includes a wide range of operations, involving the use of various types of valve replacements, as well as valve-sparing operations. The use of pulmonary allograft is poorly covered in the world literature; immediate and long-term results, along with the causes of dysfunction, are not systematized.

Objective. To systematize the world experience of using pulmonary allograft in aortic root surgery.

Methods. The systematic review was conducted according to PRISMA criteria. The following terms were used as search queries in the databases: ((pulmonary homograft) OR (pulmonary allograft) AND (aortic valve replacement) NOT ((autograft) OR (Ross))). The available databases PubMed (NCBI) were used to conduct the search. Cochrane Library, Web of Sciences (Clarivate), Google Scholar, and the Consensus neural network.

Results. After conducting a search according to inclusion and exclusion criteria, involving 3 specialists, 9 publications from 1990 to 2023 were selected for analysis. In total, world experience with the use of pulmonary allograft includes 463 operations. According to available publications, pulmonary allograft was implanted using three different techniques, two of which — subcoronary and cylindrical — are currently practically not used. The predominant causes of early mortality are allograft-unrelated complications, while in the long-term period, allograft degeneration was the main reason for reoperations.

Conclusion. Pulmonary allograft implantation using subcoronary or cylindrical techniques does not achieve good immediate and long-term results. Analysis of the patient population indicates that there are no criteria for selecting patients for this operation. Analysis of immediate mortality and early reoperations indicates the lack of a unified approach to indications for surgery and technical errors during implantation. The period of observation of patients, as well as the lack of a unified approach to recording end points, a significant difference in the implantation technique does not allow us to draw conclusions about the long-term performance of the pulmonary allograft in the aortic position.

Keywords: pulmonary allografts, aortic root.

Нуждин Михаил Дмитриевич

К.м.н., ассистент, Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Челябинская областная клиническая больница»;

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский Государственный Медицинский университет» Министерства Здравоохранения Российской Федерации, Челябинск
austesla2022@gmail.com

Комаров Роман Николаевич

Д.м.н., профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

Надин Илья Станиславович

Соискатель, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский Государственный Медицинский университет» Министерства Здравоохранения Российской Федерации, Челябинск

Строганов Игорь Александрович

Соискатель, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский Государственный Медицинский университет» Министерства Здравоохранения Российской Федерации, Челябинск

Фокин Алексей Анатольевич

Д.м.н., профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский Государственный Медицинский университет» Министерства Здравоохранения Российской Федерации, Челябинск

Аннотация. Хирургия корня аорты в настоящее время включает широкий спектр операций, подразумевающий использование различного рода клапанных заменителей, а также клапан-сохраняющие операции. Использование же легочного аллогraftа в мировой литературе освещено в малом объеме, непосредственные и отдаленные результаты, наряду с причинами дисфункции не систематизированы.

Цель. Систематизировать мировой опыт использования легочного аллогraftа в хирургии корня аорты.

Методы. Системный обзор проведен в соответствии с критериями PRISMA. В качестве поисковых запросов в базах данных использовались термины: ((pulmonary homograft) OR (pulmonary allograft) AND (aortic valve



Актуальность

Операций на корне аорты в настоящее время включают использование достаточно широкого спектра протезных материалов как при операции с заменой клапана, так и при клапан-сохраняющих операциях. Кроме традиционных механических и биологических кондуитов замена корня аорты может подразумевать использование ксенографта, сосудистых протезов с вшитыми в него створками из аутоперикарда, аллогraftов [1-3]. Клапан-сохраняющие операции при патологии корня аорты также подразумевают использование линейного сосудистого протеза или протеза с синусами Вальсальвы [4]. В ряде случаев, в центрах с большим опытом проведения операций Росса с применением «усиленного» легочного аутографта позволяет достичь очень хороших непосредственных и отдаленных результатов [5]. Использование аортального аллогraftа является оптимальным при деструктивном эндокардите корня аорты, у женщин детородного возраста, пациентов с противопоказаниями к антикоагулянтной терапии [6]. Последние исследования, посвященные использованию аллогraftов подчеркивают возможность использования у пациентов с патологией аортального клапана, в том числе дегенеративной этиологии [7]. Интерес к использованию легочного аллогraftа в аортальной позиции в настоящее время практически не находит отражения в доступной литературе. Систематизации данных не проводилось. Причинами, по которым хирургическое

replacement) NOT ((autograft) OR (Ross)). Для проведения поиска были использованы доступные базы данных PubMed (NCBI), Cochrane Library, Web of Sciences (Clarivate), Google Scholar, а также нейросеть Consensus.

Результаты. После проведения поиска в соответствии с критериями включения и исключения, с привлечением 3 специалистов, в анализ было отобрано 9 публикации в период с 1990 по 2023 год. В общей совокупности, мировой опыт использования легочного аллогraftа включает 463 операции. По имеющимся публикациям легочный аллогraft имплантировался с использованием трех различных техник, две из которых — субкоронарная и цилиндрическая в настоящее время практически не используются. Преимущественными причинами ранней летальности являются аллогraft-несвязанные осложнения, в то время как в отдаленном периоде дегенерация аллогraftа являлась основной причиной повторных операций.

Заключение. Имплантация легочного аллогraftа с использованием субкоронарной или цилиндрической техники не позволяет достичь хороших непосредственных и отдаленных результатов. Анализ популяции пациентов свидетельствует об отсутствии критериев отбора пациентов на данную операцию. Анализ непосредственной летальности и ранних повторных операций свидетельствует в пользу отсутствия единого подхода к показаниям к операции, техническим ошибкам при имплантации. Период наблюдения за пациентами, а также отсутствие единого подхода к регистрации конечных точек, существенная разница в технике имплантации не позволяет делать выводы о долгосрочности работы легочного аллогraftа в аортальной позиции.

Ключевые слова: легочный аллогraft, корень аорты.

сообщество отказалось от использования легочного аллогraftа были высокий процент ранней дисфункции графта, более высокий процент повторных операций и клапан-ассоциированных осложнений. Целью данного исследования является систематизация данных использования легочного аллогraftа в аортальной позиции, в том числе технических аспектов имплантации, причин непосредственной и поздней летальности и повторных операций.

Материалы и методы

Поиск публикаций и отбор исследований. Систематический обзор выполнен в соответствии с рекомендациями и положениями отчетности для систематических обзоров и метаанализов (PRISMA). Поиск осуществлялся в электронных базах данных PubMed (NCBI), Cochrane Library, Web of Sciences (Clarivate), Google Scholar, а также нейросеть Consensus. Ограничения по дате публикаций были выставлены с 1990 по январь 2024 года. Четыре независимых исследователя отдельно друг от друга проводили поиск и отбор исследований с использованием поисковых запросов, ключевых слов (в т.ч. MeSH). В качестве поисковых запросов в базах данных использовались термины: ((pulmonary homograft) OR (pulmonary allograft) AND (aortic valve replacement) NOT ((autograft) OR (Ross))) Любые разногласия решались путем привлечения третьего исследователя. Критерии включения: применение легочного аллогraftа при протезирова-

нии корня аорты. Другие критерии включения: полнотекстовые статьи и/или структурированное резюме на английском языке, отражающие оперативную технику имплантации гомографта и/или непосредственные и/или среднеотдаленные результаты. Случаи из практики не включались в рассмотрение. Из скрининга и анализа были исключены статьи на других языках, обзоры и мнения авторов. Приемлемость каждой работы для включения проверялась в 2 этапа: 1) просмотр названия и аннотации и 2) просмотр полного текста. Дублирующиеся публикации исключались автоматическим методом с помощью программы Zotero SoftWare, а также вручную.

Извлечение и синтез данных исследований. Для каждого исследования регистрировались следующие данные: первый автор, год публикации, количество случаев, вид используемого гомографта, период наблюдения, технические аспекты имплантации ЛА, 30-дневная летальность, свобода от дисфункции графта, свобода от повторной операции, выживаемость. Также отдельно проанализированы причины ранней и поздней легальности, причины ранних и поздних повторных операций.

Статистический анализ. Метаанализ данных не проводился с учетом высокой гетерогенности исследований, существенной разнице в технике, видах

используемых гомографтов, различных подходах в регистрации конечных точек.

Результаты

Первоначальный электронный поиск по запросу определил в PubMed (n = 237), Web of Sciences (n = 5), Cochrane Library (n = 0), Google Scholar (n = 22 400), нейросеть Consensus. Критериями удаления из анализа были также работы, посвященные использованию легочного аутографта при операции Росса. Всего после удаления повторяющихся статей, статей, не соответствующих критериям включения и исключения, осталось 9 работ. Три независимых исследователя просмотрели полнотекстовые и/или структурированные аннотации оставшихся публикаций и оставили 9 статей из первоначального поискового результата. После коллегиального обсуждения и привлечения третьего исследователя в анализ было отобрано 9 публикаций.

Общая характеристика исследований, виды имплантированных аллографтов, техника имплантации

Исследований, посвященных использованию легочного аллографта в аортальной позиции очень мало

Таблица 1.

Общая характеристика исследований, виды имплантированных аллографтов, техника имплантации

Автор, год	Возраст, лет	Период наблюдения	Вид аллографта	Количество пациентов	Техника имплантации		
					Субкоронарная	Внутриаортальный цилиндр	Протезирование корня
Vogt F. et al. 2011 [14]	51,6 [12-84]	9,4+/-3,8 лет	Аортальный	320	75		291
			Легочный	46			
R Mair et al. 1997 [12]	61.75 +/- 12.92[20-79]	3.83 +/- 1,45 лет	Легочный	175	162	13	
W Konertz et al. 1994 [15]	10-74	2 года	Легочный	89	Н/Д	Н/Д	Н/Д
J F McCarthy et al. 1996 [11]	53,3 [5-77]		Аортальный	43	51		5
			Легочный	14			
R Mair et al. 1992 [16]	59,9 +/- 12,0	14,7+-7,8 мес	Легочный	45	45		
S K Choudhary et al. 2000 [8]	32,2 +/- 17,3	24,5+-13,2 мес	Аортальный	103	64		39
			Легочный	44	34		10
G. Ganguly et al. 2004 [13]	63 [22-88]	5,5 [1-10] лет	Аортальный	47	48		10
			Легочный	11			
Naegele H et al., 2000 [9]	42+/-12	Н/Д	Аортальный	41	Н/Д	Н/Д	Н/Д
			Легочный	23			
Dave R. Koolbergen et al., 2002 [10]	37,3[27-59]	7,6 [6-10] лет	Легочный	16	16		

Примечание: Н/Д — нет данных.

и это видно из таблицы 1. Последняя работа из выбранного нами временного диапазона датируется 2011 годом. Возраст пациентов также существенно различается в приведенных исследованиях, кроме того, возрастной диапазон в ряде работ очень широкий. Так, например, в работах S K Choudhary MCh et al. (2000), Naegele H et al., (2000), D. R. Koolbergen et al., (2002) отмечается достаточно молодой возраст оперированных пациентов [8–10]. Напротив, в исследования J F McCarthy et al. (1996), R Mair et al. (1997), G Ganguly et al. (2004) и Vogt F. et al. (2011) включались пациенты как младше 30 лет, так и старше 80 лет [11–14]. Период наблюдения за пациентами также гетерогенный, но в целом не превышал 10 лет. Исследованию исключительно легочных аллографтов в аортальной позиции посвящены работы R Mair et al. 1997, W Konertz et al. 1994, Dave R. Koolbergen et al., 2002 [10, 12, 15]. Другие работы посвящены сравнению с аортальными аллографтами — Vogt F. et al. (2011), J F McCarthy et al. (1996), S K Choudhary et al. (2000), G. Ganguly et al. (2004), Naegele H et al., (2000) [8,9,11,13,14]. Наибольших опыт операций был представлен Vogt F. et al. (2011) — 366 пациентов, хотя преимущественно использовался

аортальный аллографт [14]. Наибольший опыт имплантации легочного аллографта в аортальную позицию представлен R Mair et al. 1997, W Konertz et al. 1994 — 175 и 89 пациентов соответственно [12,15]. С технической точки зрения, имплантация аллографтов включала субкоронарную имплантацию, цилиндрическую технику включения в собственный корень аорты пациента и полное протезирование корня. Из таблицы 1 видно, что подавляющее количество операций — это субкоронарная имплантация, когда из корня легочной артерии выкраивался клапан с комиссуральными стержнями и имплантировался на уровне фиброзного кольца корня аорты.

Ранняя и отдаленная летальность, частота дисфункции аллографта и повторной операции

Во всех исследованиях представлена достаточно высокая 30-дневная летальность, которая была характерна для работ, опубликованных в данный период времени. Летальность в группе имплантации легочного аллографта варьировала от 0 % в относительно небольшом исследовании Koolbergen D.R. et al., (2002) до 15,2 %

Таблица 2.

Ранняя и отдаленная летальность, частота дисфункции аллографта и повторной операции

Автор, год	Возраст, лет	Период наблюдения,	Вид аллографта	Количество пациентов	30-дневная летальность	1-летняя летальность	Поздняя летальность	Свобода от повторной операции
Vogt F. et al. 2011 [14]	51,6 [12–84]	9,4+/-3,8 лет	Аортальный	320	3,7 %	6,5 %	5 лет — 10,4 % 10 лет — 14,4 % 15 лет — 20,1 %	5 лет — 95,8 % 10 лет — 84,5 % 15 лет — 77,7 %
			Легочный	46	15,2 %	17,4 %	5 лет — 24 % 10 лет — 24 % 15 лет — 31,3 %	5 лет — 82,4 % 10 лет — 64 % 15 лет — 57,4 %
R Mair et al. 1997 [12]	61.75 +/- 12.92[20–79]	3.83 +/-1,45 лет	Легочный	175	4,57 %	Н/Д	17,1 %	73,7 %
W Konertz et al. 1994 [15]	10–74	2 года	Легочный	89	4,5 %	Н/Д	3,37 %	95,5 %
J F McCarthy et al. 1996 [11]	53,3 [5–77]		Аортальный	43	7,1 %	Н/Д	0	93,1 %
			Легочный	14		Н/Д	0	69,2 %
R Mair et al. 1992 [16]	59,9 +/- 12,0	14,7+/-7,8 мес	Легочный	45	6,66 %	Н/Д	0	93,3 %
S K Choudhary et al. 2000 [8]	32,2 +/-17,3	24,5+/-13,2 мес	Аортальный	103	11,6 %	1,9 %	0,97 %	99 %
			Легочный	44	9,1 %	4,54 %	4,54 %	95,4 %
G. Ganguly et al. 2004 [13]	63 [22–88]	5,5 [1–10] лет	Аортальный	47	8,62 %	Н/Д	17,2 %	89,4 %
			Легочный	11		Н/Д		45,5 %
Naegele H et al., 2000 [9]	42+/-12	Н/Д	Аортальный	41	4,9 %	Н/Д	Н/Д	100 %
			Легочный	23	4,3 %	Н/Д	Н/Д	59,9 %
Dave R. Koolbergen et al., 2002 [10]	37,3[27–59]	7,6 [6–10] лет	Легочный	16	0	Н/Д	0	37,5 %

Примечание: Н/Д — нет данных.

в работе Vogt F. et al. (2011) [10,14]. Данные по 1-летней летальности представлены только в работах Vogt F. et al. (2011), J F McCarthy et al. (1996), S K Choudhary et al. (2000), G. Ganguly et al. (2004) и варьировали от 1,9 % до 6,5 % [8,11,13,14]. Летальность и выживаемость в отдаленном периоде структурирована только в исследовании Vogt F. et al. (2011) ввиду большой выборки и более длительно-го периода наблюдения в сравнении с другими авторами [14]. Поздняя летальность в группе легочных аллографтов также различается у разных авторов — от нулевой у Dave R. Koolbergen et al., (2002) и R Mair et al. (1992) до 17,1 % в работе R Mair et al. (1997) [10,12,16]. Свобода от повторных вмешательств в отдаленном периоде также разная, но в целом по всем исследованиям она ниже, чем у пациентов, которым был имплантирован аортальный аллографт.

Причины ранней, поздней летальности

Причины ранней и поздней летальности условно можно разделить на 2 группы — аллографт-ассоциированная и не связанная с самим аллографтом. К сожалению, детальный анализ причин ранней и поздней летальности провести невозможно, поскольку только в трех работах есть указание на связанную с аллографтом летальность и смертность, обусловленную другими

причинами — Vogt F. et al. (2011), J F McCarthy et al. (1996), S K Choudhary et al. (2000), R Mair et al. (1997) [8,11,12,14]. В остальных работах не приведены причины. В представленных работах преимущественной причиной ранней летальности являлись аллографт не-ассоциированные причины — развитие острой сердечной недостаточности, септический шок, инфаркт миокарда. Причинами аллографт-связанной смертности были развитие инфекционного эндокардита, острая клапанная недостаточность в послеоперационном периоде. Основными причинами поздней летальности были также аллографт-несвязанные факторы — сердечная недостаточность, не-кардиальная смертность. Среди аллографт-ассоциированной смертности основную роль играли инфекционный эндокардит, тромбоз протеза с развитием инсульта, прогрессирующая клапанная недостаточность. Принимая во внимание причины ранней летальности во всех исследованиях, с большей долей вероятности можно сделать вывод об исходной тяжести состояния пациентов, неправильной стратегии оперативного лечения, техническими ошибками, проблема с защитой миокарда, которые в совокупности и являлись причинами смертности, нежели сам имплантируемый аллографт, аортальный или легочный.

Таблица 3.

Причины ранней, поздней летальности

Автор, год	Вид аллографта	Количество пациентов	Причины ранней летальности		Причины поздней летальности	
			Аллографт-ассоциированная	Аллографт-не ассоциированная	Аллографт-ассоциированная	Аллографт-не ассоциированная
Vogt F. et al. 2011 [14]	Аортальный	320	12		64	
	Легочный	46	2 (4,3 %)	5 (10,9 %)	14	
R Mair et al. 1997 [12]	Легочный	175	0	8 (4,6 %)	13(7,42 %)	17 (10,1 %)
W Konertz et al. 1994 [15]	Легочный	89	4		3	
J F McCarthy et al. 1996 [11]	Аортальный	43	2 (4,6 %)	2 (4,6 %)	0	0
	Легочный	14	Нет данных		0	0
R Mair et al. 1992 [16]	Легочный	45	3		0	0
S K Choudhary et al. 2000 [8]	Аортальный	103	2 (1,9 %)	10 (9,7 %)	2	0
	Легочный	44	1 (2,2 %)	3 (6,8 %)	1	1
G. Ganguly et al. 2004 [13]	Аортальный	47	4		1	10
	Легочный	11				
Naegele H et al., 2000 [9]	Аортальный	41	1		0	0
	Легочный	23	2		0	0
Dave R. Koolbergen et al., 2002 [10]	Легочный	16	0	0	0	1

Примечание: Н/Д — нет данных.

Причины ранних и поздних повторных операций на легочном аллографте

В анализируемых работах часть пациентов подверглись ранним повторным вмешательствам, в основе которых преимущественно технические причины — неправильный выбор размера, неправильная фиксация протеза — R Mair et al. (1997), W Konertz et al. (1994), R Mair et al. (1992), S K Choudhary MCh et al. (2000), Naegele H et al., (2000) [8,9,12,15,16]. В одной работе причиной явилось развития инфекционного эндокардита — R Mair et al. (1997) [12]. В отдаленном послеоперационном периоде основной причиной повторных операций являются дегенеративные изменения аллографта, что подчеркнуто в большинстве исследований — Vogt F. et al. (2011), R Mair et al. (1997), Ganguly G. et al. (2004), Naegele H et al., (2000), Dave R. Koolbergen et al., (2002) [9,10, 12–14]. В исследовании Vogt F. et al. (2011), которое включало наибольшее количество пациентов с аортальным аллографтом обращает на себя внимание существенно больший процент повторных операций на легочном аллографте в сравнении с аортальным — 15(32,6 %) против 24(7,5 %) [14]. Однако в исследовании R Mair et al. (1997) с наибольшим количеством имплантированных легочных аллографтов, процент поздних реопераций по поводу дегенеративных изменений существенно ниже, чем у Vogt F.

et al. (2011) — 15(8,9 %) [12]. Данные по причинам и частоте повторных операций представлены в таблице 4.

Обсуждение

Применение легочного аллографта в аортальной позиции ограничено малыми сериями случаев и крайне гетерогенной популяцией пациентов разных возрастных групп, с применением различных хирургических техник, что позволяет сделать вывод о крайне несистематическом подходе использования данного клапанного заменителя в хирургии корня аорты. Использованные хирургические техники, применявшиеся в данных публикациях в большей части устарели и практически не применяются в настоящее время в хирургии корня аорты, в частности субкоронарная имплантация и цилиндрическая техника. Имеющиеся публикации по применению аортальных аллографтов с использованием такой же техники позволяют сделать вывод, что субкоронарная имплантация и цилиндрическая техника не позволяет достичь приемлемых непосредственных и отдаленных результатов, как за счет ранней дисфункции аллографта, так и за счет повторных операций в отдаленном периоде [17]. Причинами ранней дисфункции легочного аллографта в аортальной позиции преимущественно являются технические ошибки, неправильный выбор пациента,

Таблица 4.

Причины ранних и поздних повторных операций на легочном аллографте

Автор, год	Вид аллографта	Количество пациентов	Причины ранних реопераций			Причины поздних реопераций		
			Технические причины	Эндокардит	Дегенеративные изменения	Технические причины	Эндокардит	Дегенеративные изменения
Vogt F. et al. 2011 [14]	Аортальный	320	0	0	0	0	16(5 %)	24(7,5 %)
	Легочный	46	0	0	0	0	3(6,5 %)	15(32,6 %)
R Mair et al. 1997 [12]	Легочный	175	1	1	0	5	5 (2,9 %)	15 (8,9 %)
W Konertz et al. 1994 [15]	Легочный	89	1	0	0	3	0	0
J F McCarthy et al. 1996 [11]	Аортальный	43	3(6,9 %)					
	Легочный	14	0	0	1	0	0	2
R Mair et al. 1992 [16]	Легочный	45	1	0	0	2	0	0
S K Choudhary et al. 2000 [8]	Аортальный	103	0	0	0	0	1	0
	Легочный	44	2	0	0	0	1	1
G. Ganguly et al. 2004 [13]	Аортальный	47	0	0	0	2		3
	Легочный	11	0	0	0	2		4
Naegele H et al., 2000 [9]	Аортальный	41	0	0	0	0	0	0
	Легочный	23	3	0	0	0	0	5
Dave R. Koolbergen et al., 2002 [10]	Легочный	16	0	0	0	0	2	8

развитие инфекционного эндокардита. Причинами же поздней дисфункции является сам факт использования легочного аллогraftа, не стабилизированного на уровне фиброзного кольца, синусов Вальсальвы и синотубулярного соединения. Существенная разница в регистрации конечных точек, различия в отдаленных результатах и периоде наблюдения не позволяет делать серьезных выводов в отношении целесообразности применения легочного аллогraftа в аортальной позиции. Тем не менее, результаты применения субкоронарной и цилиндрической техники имплантации не стабилизированного легочного аллогraftа не позволяет рассматривать его как надежный клапанный заменитель в хирургии корня аорты. Улучшение результатов операции Росса (использование легочного аутогraftа) за последние годы, по мнению ряда авторов обусловлены более рациональным подходом к целевой группе пациентов для этой операции, а также использование стабилизированного на всех уровнях легочного аутогraftа [18]. Последние результаты и перспективы использования аортальных

аллогraftов в хирургии корня аорты, обусловленные улучшение технологии заготовки клапанных аллогraftов отличаются от результатов использования схожих клапанных заменителей в исследованиях прошлых десятилетий [7]. Позволило бы использование стабилизированного легочного аллогraftа, на современном этапе заготовки и хранения тканей, а также с использованием техники полного протезирования корня достичь таких же результатов как при операции Росса на данный момент не известно.

Ограничение

Ограничением данного систематического обзора является существенных разброс публикаций за выбранный период времени, разное количество пациентов и период наблюдения за ними, разный возраст и различная хирургическая техника. Отсутствие единого подхода к регистрации конечных точек также является лимитирующим фактором приведенного обзора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dagnegård HH, Bekke K, Kolseth SM, Glaser N, Wallén C, El-Hamamsy I, Vidisson KO, Lie AS, Valentin JB, Sartipy U, Haaverstad R, Vanky F, Lefebvre L, Gudbjartsson T, Johnsen SP, Søndergaard L, Thyregod GH, Lund JT, Ihlemann N, Smerup MH. Survival after aortic root replacement with a stentless xenograft is determined by patient characteristics. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2022 Dec;164(6):1712–1724.e10. doi: 10.1016/j.jtcvs.2021.07.011. Epub 2021 Jul 17. PMID: 34452760.
2. Komarov R, Chernov I, Enginiov S, Sá MPBO, Tarasov D. The Russian Conduit — Combining Bentall and Ozaki Procedures for Concomitant Ascending Aorta Replacement and Aortic Valve Neocuspidization. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2019 Dec 1;34(5):618–623. doi: 10.21470/1678-9741-2019-0329. PMID: 31719014; PMCID: PMC6852441.
3. Witten JC, Durbak E, Houghtaling PL, Unai S, Roselli EE, Bakaeen FG, Johnston DR, Svensson LG, Jaber W, Blackstone EH, Pettersson GB. Performance and Durability of Cryopreserved Allograft Aortic Valve Replacements. *Ann Thorac Surg.* 2021 Jun;111(6):1893–1900. doi: 10.1016/j.athoracsur.2020.07.033. Epub 2020 Sep 25. PMID: 32987014.
4. Beckmann E, Leone A, Martens A, Mariani C, Krueger H, Cebotari S, Di Bartolomeo R, Haverich A, Shrestha ML, Pacini D. Comparison of Two Strategies for Aortic Valve-Sparing Root Replacement. *Ann Thorac Surg.* 2020 Feb;109(2):505–511. doi: 10.1016/j.athoracsur.2019.07.006. Epub 2019 Aug 3. PMID: 31381871.
5. Энгиноев С.Т., Кондратьев Д.А., Зеньков А.А., Магомедов Г.М., Рашидова Т.К., Абдурахманов А.А., Чернов И.И., Тарасов Д.Г. Дисфункция легочного гомогraftа после операции Росса у взрослых пациентов: опыт одного центра. *Российский кардиологический журнал.* 2022;27(8):4804. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2022-4804>. Enginiov S.T., Kondratiev D.A., Zenkov A.A., Magomedov G.M., Rashidova T.K., Abdurakhmanov A.A., Chernov I.I., Tarasov D.G. Pulmonary homograft dysfunction after Ross procedure in adults: a single center experience. *Russian Journal of Cardiology.* 2022;27(8):4804. (In Russ.) <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2022-4804>
6. Nappi F, Nenna A, Spadaccio C, Avtaar Singh SS, Almazil A, Acar C. The Use of the Cryopreserved Aortic Homograft for Aortic Valve Replacement: Is It Still an Option? *J Cardiovasc Dev Dis.* 2023 Jun 8;10(6):248. doi: 10.3390/jcdd10060248. PMID: 37367413; PMCID: PMC10299650.
7. Horke A, Tudorache I, Laufer G, Andreas M, Pomar JL, Pereda D, Quintana E, Sitges M, Meyns B, Rega F, Hazekamp M, Hübler M, Schmiady M, Pepper J, Rosendahl U, Lichtenberg A, Akhyari P, Jashari R, Boethig D, Bobylev D, Avsar M, Cebotari S, Haverich A, Sarikouch S. Early results from a prospective, single-arm European trial on decellularized allografts for aortic valve replacement: the ARISE study and ARISE Registry data. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2020 Nov 1;58(5):1045–1053. doi: 10.1093/ejcts/ezaa100. PMID: 32386409; PMCID: PMC7577293.
8. Choudhary SK, Saxena A, Dubey B, Kumar AS. Pulmonary homograft. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery.* 2000 Jul;120(1):148–55.
9. Naegele H, Bohlmann M, Döring V, Kalmar P, Rödiger W. Results of aortic valve replacement with pulmonary and aortic homografts. *J Heart Valve Dis.* 2000 Mar;9(2):215–20; discussion 220–221.
10. Koolbergen D, Hazekamp M, Deheer E, Vanhoorn F, Huysmans H, Bruijn J, et al. Structural degeneration of pulmonary homografts used as aortic valve substitute underlines early graft failure. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery.* 2002 Nov;22(5):802–7.
11. McCarthy J, Subbareddy K, Wood A, Dervan P. Is use of the pulmonary valve allograft justified as an aortic valve substitute? *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery.* 1996;10(2):105–9.
12. Mair R. The pulmonary homograft as aortic valve substitute: 7 years' follow up. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery.* 1997 May;11(5):910–6.
13. Ganguly G, Akhunjy ZA, Neethling WML, Hodge AJ. Homograft Aortic Valve Replacement — The Experience of One Unit. *Heart, Lung and Circulation.* 2004 Jun;13(2):161–7.

14. Vogt F, Kowert A, Beiras-Fernandez A, Oberhoffer M, Kaczmarek I, Reichart B, et al. Pulmonary Homografts for Aortic Valve Replacement: Long-term Comparison with Aortic Grafts. *HSF*. 2011 Aug 22;14(4):237.
15. Konertz W, Tandler R, Hasfeld M, Fahrenkamp A, Breithardt G, Schled HH. Aortic Valve Replacement with Cryopreserved Pulmonary Allograft. *J Cardiac Surgery*. 1994 Jan;9(1):43–9.
16. Mair R, Harringer W, Gros C, Hartl P, Wimmergreinecker G, Brucke P. Early results of cryopreserved pulmonary allografts as aortic valve substitute. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 1992;6(9):485–9.
17. Athanasiou T, Jones C, Jin R, Grunkemeier GL, Ross DN. Homograft implantation techniques in the aortic position: to preserve or replace the aortic root? *Ann Thorac Surg*. 2006 May;81(5):1578–85. doi: 10.1016/j.athoracsur.2005.12.049. PMID: 16631637.
18. Varrica A, Satriano A, Frigiola A, Giamberti A. Autograft Wrapping Reinforcement in Adolescents Undergoing Ross Operation: A Tailored Coat. *Ann Thorac Surg*. 2022 Sep;114(3):866–871. doi: 10.1016/j.athoracsur.2021.05.087. Epub 2021 Jul 1. PMID: 34217690.

© Нуждин Михаил Дмитриевич (austesla2022@gmail.com); Комаров Роман Николаевич;
Надин Илья Станиславович; Строганов Игорь Александрович; Фокин Алексей Анатольевич
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ ПЕРЕЛОМА НАДКОЛЕННИКА У ПАЦИЕНТА С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 1 ТИПА (КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ)

FEATURES OF THE COURSE OF THE PATELLA FRACTURE BY THE PATIENT WITH THE FIRST TYPE OF DIABETES

B. Pavlov
A. Mordovina
M. Artemova
A. Slavnova
I. Kuziev

Summary. There is a relationship between of the patella fracture and the first type of diabetes in this article The author emphasizes the importance of an individualized approach to the treatment and rehabilitation of diabetic patients after the fracture. The risk has mounted. Complications arise such as osteoporosis, infections and delay of healing by this category of the patients. In this article there are factors have described which influence on the course and results of treatment. It consists of: control the level of glucose and specific problems (metabolic disorder and an increased risk of infections). Ulceration and osteomyelitis are the best important complications. It arises with diabetes and fractures. The clinical case of the patient with a patella fracture and diabetes the first type. The author analyzes the course of treatment, rehabilitation and complications identified in the process. The work illustrates not only the complexity of treating such patients, but also the importance of comprehensive medical supervision, an individual approach and early intervention for a successful recovery.

Keywords: a patella fracture, diabetes mellitus of the first type , blood glucose, body temperature.

Павлов Богдан Владимирович

Ассистент, врач-эндокринолог, нутрициолог,
ФГБОУ ВО Тамбовский Государственный Университет
имени Г.Р. Державина
DewollS@yandex.ru

Мордовина Анастасия Сергеевна

ФГБОУ ВО Тамбовский Государственный Университет
имени Г.Р. Державина
mordovina-nastena@mail.ru

Артёмова Мария Вячеславовна

ФГБОУ ВО Тамбовский Государственный Университет
имени Г.Р. Державина
mariaartemova85@mail.ru

Славнова Анна Андреевна

ФГБОУ ВО Тамбовский Государственный Университет
имени Г.Р. Державина
slavnova97@list.ru

Кузиев Иброхимджон Джохонбекович

ФГБОУ ВО Тамбовский Государственный Университет
имени Г.Р. Державина
kuzievibrohim@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассматривается взаимосвязь между переломом надколенника и сахарным диабетом 1 типа. Автор подчеркивает важность индивидуализированного подхода к лечению и реабилитации пациентов с диабетом после перелома. Риск осложнений, таких как: остеопороз, инфекции, замедление заживления, повышен у данной категории пациентов. В статье подробно описываются факторы, влияющие на течение и результаты лечения: от контроля уровня глюкозы до специфических проблем (ухудшение обмена веществ и повышенный риск попадания инфекции). Особое внимание уделено осложнениям, которые могут возникать при сочетании сахарного диабета и перелома, то есть происходит образование язв, и образуется остеомиелит. В статье также представлен клинический случай наблюдения пациента с переломом надколенника и сахарным диабетом 1 типа, где автор анализирует: течение лечения, реабилитацию и осложнения, выявленные в процессе. Работа иллюстрирует не только сложность лечения таких пациентов, но и важность комплексного медицинского наблюдения, индивидуального подхода и своевременного вмешательства для успешного выздоровления.

Ключевые слова: перелом надколенника, сахарный диабет I типа, глюкоза в крови, температура тела.

Сахарный диабет 1 типа — это аутоиммунное заболевание эндокринной системы, которое характеризуется хронической гипергликемией (повышенным уровнем глюкозы в крови) в результате недостаточного производства гормона инсулина. Пациенты с сахарным диабетом 1 типа нуждаются в постоянном мониторинге уровня глюкозы в крови и инъекциях

инсулина для поддержания нормального обмена веществ [1,2]. У этих пациентов повышены: риск развития осложнений (повреждение кровеносных сосудов, нервов, сердечно-сосудистых заболеваний), склонность к заразным заболеваниям, замедленное заживление ран [3,4]. В случае перелома надколенника у пациентов с сахарным диабетом 1 типа, особенно важно учитывать их

состояние здоровья при проведении лечения и реабилитации. Нарушения обмена веществ, связанные с диабетом, могут оказывать негативное влияние на процесс заживления перелома и увеличивать риск осложнений, таких как: инфекции и деформации костей. Контроль уровня глюкозы в крови играет ключевую роль в успешном лечении переломов у таких пациентов. Важно также учитывать факторы, которые могут способствовать развитию переломов у пациентов с сахарным диабетом. Остеопороз, обусловленный диабетом или его осложнениями, увеличивает хрупкость костей и делает их более подверженными переломам. Необходимо проводить профилактику остеопороза и обеспечивать пациентам сбалансированное питание с достаточным содержанием кальция и витамина D для поддержания здоровья костей [5]. Таким образом, понимание особенностей сахарного диабета у пациентов с переломом надколенника является важным аспектом при проведении лечения и реабилитации. Эти пациенты требуют индивидуализированного подхода с учетом особенностей их заболевания для предотвращения осложнений и обеспечения успешного выздоровления.

Перелом надколенника — это серьезное повреждение костей верхней части бедра, которое часто возникает в результате значительного травматического воздействия на это уязвимое место. Основные причины перелома надколенника могут быть разнообразными, но обычно связаны с высокой энергией травмы или ослаблением костной ткани [6]. Переломы надколенника могут происходить при падениях с высоты, автомобильных авариях, спортивных травмах или других сильных механических воздействиях на бедренную область. Одной из основных причин переломов надколенника является остеопороз — состояние, при котором костная ткань становится более хрупкой и склонной к переломам [7]. У людей с остеопорозом риск получения перелома при даже незначительной травме увеличивается многократно. Кроме того, у пожилых людей частота переломов надколенника выше из-за ухудшения качества костной ткани и снижения мышечной массы, что уменьшает защитные функции организма. Травмы, связанные с переломами надколенника, могут также быть результатом несчастных случаев, спортивных травм, падений при нарушении равновесия или дорожно-транспортных происшествий. В таких ситуациях кость надколенника подвергается интенсивному воздействию сил, что приводит к ее разрушению и образованию перелома. Важно отметить, что у пациентов с сахарным диабетом 1 типа риск развития переломов надколенника увеличивается из-за множества факторов, включая остеопороз, микроангиопатию, нейропатию и др [8]. Поэтому важно раннее выявление переломов и комплексное лечение для предотвращения осложнений и минимизации последствий данной серьезной травмы.

Особенности течения перелома надколенника у пациентов с сахарным диабетом 1 типа могут быть значительно разнообразны и требуют особого внимания со стороны медицинского персонала. У пациентов с диабетом 1 типа возникают определенные специфические проблемы, которые могут осложнить процесс заживления перелома и влиять на результаты лечения. Во-первых, высокий уровень глюкозы в крови у пациентов с сахарным диабетом может привести к снижению скорости заживления костей. Гипергликемия негативно влияет на образование костной ткани и процесс костной регенерации, что может вызвать задержку в заживлении переломов [9]. Это требует более тщательного контроля уровня глюкозы в крови и коррекции лечебной тактики для достижения оптимальных результатов. Кроме того, у пациентов с диабетом повышен риск развития инфекций после травмы и операций, что также может замедлить процесс заживления перелома. Инфекции могут возникнуть как в месте перелома, так и на фоне общего ослабления иммунной системы пациента. Необходимо учитывать этот фактор при планировании лечения и предупреждении возможных осложнений. Еще одной особенностью течения перелома надколенника у пациентов с сахарным диабетом является повышенный риск развития остеопороза. Длительное нарушение обмена веществ при диабете может привести к истончению костной ткани и ухудшению качества костей, что делает их более подверженными переломам [10]. Поэтому важно учитывать возможное остеопоротическое состояние при выборе метода лечения и реабилитации пациентов с переломами надколенника. В целом, особенности течения перелома надколенника у пациентов с сахарным диабетом 1 типа требуют индивидуального подхода и комплексного ведения лечения. Контроль уровня глюкозы, предотвращение инфекций, учет остеопороза — все эти аспекты играют решающую роль в успешном заживлении переломов у данной категории пациентов. Профессиональное медицинское наблюдение, своевременное начало реабилитационных мероприятий и внимательный уход помогут преодолеть особенности течения перелома надколенника у пациентов с сахарным диабетом 1 типа и достичь благоприятных результатов лечения.

При лечении перелома надколенника у пациентов с сахарным диабетом 1 типа существует ряд особых осложнений и рисков, которые необходимо учитывать для эффективной терапии и минимизации негативных последствий. Одним из основных осложнений является нарушение заживления ран у пациентов с диабетом, особенно в случае переломов, где необходима хирургическая интервенция. Высокий уровень глюкозы в крови может замедлить процесс заживления, увеличивая риск инфицирования и образования инфицированных ран. Другим серьезным осложнением является остеомиелит — инфекционное воспаление кости, которое также

часто развивается у пациентов с сахарным диабетом после переломов [11,12]. Диабетическая нейропатия увеличивает риск повреждения нервов и сосудов, что может привести к нарушению чувствительности и кровообращения в области перелома, усложняя процесс заживления и увеличивая вероятность развития инфекции [13]. Кроме того, сахарный диабет усиливает риск развития сердечно-сосудистых осложнений как при самом переломе, так и во время операции, и после нее. Высокий уровень сахара в крови может сказываться на работе сердца и сосудов, а также увеличивать вероятность тромбообразования, что увеличивает риск сердечного приступа или инсульта в послеоперационном периоде [14]. Важно также отметить, что у пациентов с диабетом повышен риск развития остеопороза, что делает кости более хрупкими и увеличивает вероятность дополнительных переломов после первичного. Это значительно усложняет процесс лечения и реабилитации, требует более тщательного подхода к предотвращению новых повреждений и контролю за состоянием костной ткани. Таким образом, осложнения и риски при лечении перелома надколенника у пациентов с сахарным диабетом 1 типа требуют индивидуального подхода, комплексного медицинского наблюдения и своевременного принятия мер для предотвращения осложнений. Важно учитывать все особенности данной категории пациентов, чтобы обеспечить им наилучшее лечение и реабилитацию, уменьшить риски и обеспечить общее благополучие и качество жизни.

Реабилитация и послеоперационный уход у пациентов с сахарным диабетом типа 1, перенесших перелом надколенника, играют ключевую роль в успешном восстановлении здоровья и функциональности. Из-за особенностей самого заболевания сочетание диабета и перелома представляет серьезные вызовы для медицинского персонала и пациентов. Процесс реабилитации и послеоперационного ухода должен быть индивидуализированным и максимально адаптированным к конкретным потребностям каждого пациента.

Пациенты с сахарным диабетом 1 типа требуют особого внимания при планировании реабилитационных мероприятий из-за риска осложнений, связанных с длительным заживлением ран и ухудшением обмена веществ. Важными компонентами успешной реабилитации являются: контроль уровня глюкозы в крови, адекватное диетическое питание, умеренная физическая активность и комплексное лечение осложнений (инфекции) и лечение ран. После операции по восстановлению надколенника пациентам с диабетом необходимо обеспечить уход, направленный на предотвращение осложнений и поддержание нормальной циркуляции крови в раневой области. Это включает в себя: регулярные перевязки, применение антибиотиков при необходимости, контроль давления и уровня сахара в крови, физио-

терапию для восстановления функциональности сустава и меры по профилактике тромбоэмболических осложнений. Следует отметить, что план реабилитации и послеоперационного ухода должен быть разработан с учетом индивидуальных особенностей каждого пациента, учитывая его возраст, физическое состояние, наличие сопутствующих заболеваний и уровень самоуправления заболеванием. Кроме того, важным аспектом является информирование пациента и его близких о том, какие шаги необходимо предпринять для успешной реабилитации и ухода после операции, а также об ожидаемых результатах и возможных осложнениях. Таким образом, особенности реабилитации и послеоперационного ухода у пациентов с сахарным диабетом 1 типа, перенесших перелом надколенника, требуют комплексного и индивидуального подхода с целью обеспечения максимально эффективного восстановления функций и качества жизни пациентов.

Цель

Цель данной работы заключалась в тщательном изучении конкретного клинического случая, в котором у пациента с переломом колена возникли язвенные поражения, что связано с СД1. Наблюдение было направлено на углубление знаний специалистов в данной сфере. В процессе наблюдения была проанализирована уникальность данного случая, исследованы личные медицинские данные пациента, так как каждый пациент с сахарным диабетом требует индивидуального подхода.

Методы и материалы исследования

Клинический случай наблюдался у мужчины в возрасте 31 года. Наблюдение проводилось на базе Тамбовского государственного университета имени Державина на добровольной основе. Наблюдаемый дал письменное согласие на проведение эксперимента. Все процедуры и манипуляции соответствовали этическим нормам. Был обследован один гражданин — мужчина. На момент проведения эксперимента испытуемый болел сахарным диабетом I типа. Исследование проводилось на протяжении 2–3 месяцев. Испытуемый проходил клинико-диагностическое обследование.

Для того, чтобы более детально изучить состояние 31-летнего пациента, было проведено тщательное анализирование различных аспектов: медицинской истории пациента, результатов осмотра, а также данных, полученных в ходе лабораторных и инструментальных исследований. Все эти данные были тщательно проанализированы и сопоставлены для получения более полной картины здоровья пациента. Важно отметить, что каждый аспект исследования играл свою роль в формировании общего представления о состоянии здоровья данного пациента. Использование инсулинов: Апидра

100 ЕД/мг 24 ± 10 ЕД в сутки, Туджео 300 ЕД/мл 34 ± 6 ЕД/мг в сутки.

Результаты: 31-летний пациент с ростом 180 см и массой тела 72 кг, имеющий индекс массы тела равный $22,5 \text{ кг/м}^3$, был доставлен в травматологическое отделение городской клинической больницы «ГКБ им. Архиепископа Луки» в городе Тамбове. Пациент был доставлен в отделение на кресле каталке во время транспортировки жаловался на ощущение боли в правом коленном суставе, усиление боли при подвижности или сгибании. Его артериальное давление составило 125/85 мм рт. ст., а пульс — 76 ударов в минуту. При проведении рентгенографии правого коленного сустава в двух проекциях был выявлен перелом без смещения в поперечной плоскости. Пациенту сразу наложили гипсовую повязку на правую конечность.

1 день перелома после наложения гипсовой повязки: Состояния пациента удовлетворительное наблюдались небольшое повышение уровня глюкозы в крови до 13 ммоль/л, повышение температуры тела до 37,3, артериальное давление составило 135/95 мм рт. ст. пульс — 82 ударов. (субфебрильная) Рис. 1, 2, 3, 4



Рис. 1. Рентген коленного сустава. В боковой проекции поперечный перелом правого надколенника. Светлая линия перелома, с отсутствием смещения



Рис. 2. Рентген коленного сустава. В передне-задней проекции определяется перелом нижней поверхности правого надколенника с отсутствием смещения

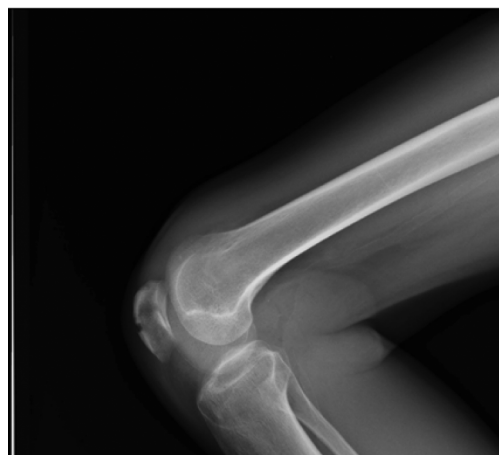


Рис. 3. Рентген коленного сустава. В боковой проекции перелом правого надколенника в его нижней поверхности с отсутствием смещения

2 день перелома: утром наблюдалось отечность в области голеностопного сустава и колена, температура тела поднимается до 38,8 градусов (фебрильная). В течение дня отмечается колебание температуры от 38,5 до 39 градусов. К вечеру температура тела достигала до 40 градусов (пиретическая), с усилением болей, сонливостью, усталостью, увеличением уровня глюкозы в крови до 35,6 ммоль/л.

5–6 день перелома: На 5–6-й день после перелома состояние пациента ухудшается: температура тела повышается до 40 градусов (пиретическая), появляется значительный отек в области голеностопного сустава и колена, уровень глюкозы в крови колеблется от 33 до 45 ммоль/л, возникают судороги, неприятные ощущения и дискомфорт в ноге, пропадает аппетит, появляется сильная жажда.



Рис. 4. Дефект кожных покровов. Язва в области голеностопного сустава. Первая стадия язвы. Появление поверхностной язвы, расположенной на коже. Окружающие ткани синюшные и истонченные

7 день перелома: температура тела 38,5 (фебрильная), уровень глюкозы в крови 25 ммоль/л, присутствует судорожный синдром, отек не спал, при сдавлении гипсовой повязки в голеностопном суставе появились болезненные ощущения. Сознание ясное, артериальное давление 120/85 мм рт. ст., а пульс — 83 ударов в минуту.

12 день перелома: был проведен повторный рентген, динамика стабильная, образование костного мозоля, сращение костной ткани. Последующие 2 недели: уровень глюкозы варьировался от 15 до 25 ммоль/л, температура 37–38 (субфебрильная), иногда ближе к 22 часам поднималась до 40 (пиретическая). Сознание ясное, артериальное давление 130/85 мм рт. ст., а пульс — 81 ударов в минуту.

В конце последней недели перед удалением гипсовой повязки пациент начал ощущать ухудшение своего состояния. На ноге появился значительный отек. Наблюдалась синюшность на нижней части ноги в районе голеностопного сустава, присутствовал отек в области колена и голеностопного сустава, напоминая при этом признаки лимфостаза. После снятия гипсовой повязки в голеностопном суставе образовались: большое твердое уплотнение и деформация кожи по типу пролежней. Температура варьировалась до 38–39 (фебрильная), наблюдалось повышение уровня глюкозы в крови. Нога сильно похудела, в 4–5 раз от момента наложения гипса.

Восстановление

В течение первых трех дней наблюдались клинические симптомы. Они характеризуются судорожными проявлениями, ощущением скованности в суставах, нарушением подвижности коленного сустава, а также длительными тупыми болями, интенсивность которых усиливалась вечером. В течение месяца постоянно наблюдались: отек, частичное повышение температуры и нестабильный уровень глюкозы в крови.



Рис. 5. 5 день. Дефект кожных покровов (вторая стадия язвы)

Язва в области медиально-клиновидного сустава и первой плюсневой кости. Усиливается разрушением тканей в области раны, затрагиваются все слои кожного эпидермиса. Кожа приобретает буро-коричневого оттенка по краям, в центре — мокнущая, гнойная рана с припухлостью по периферии.

В последние дни реабилитации у пациента началось изменение структуры кожных покровов по типу мокрой язвы на стопе в области медиально-клиновидного сустава и первой плюсневой кости. Нога скованная, холодная

на ощупь, продолжает местами менять цвет на синюшно-багровый, из ран появились небольшие кровоподтеки, пульсация на венах ослабленная. Повышение АД 220/110 мм рт. ст., пульс 96 уд. в минуту.

Медикаментозное лечение

В ходе данного исследования пациент принимал следующие препараты: Хондропротекторы: «Хондроитин» 250 мг 2 раза в день (по 1 таб.)

На протяжении всего времени были прописаны лекарственные препараты:

- «Кеторол» по 1 мл 2 раза в день в/м
- «Мумие» по 2 таблетки в день
- Инсулинотерапия: от 0,5 до 1 единиц на килограмм веса пациента в сутки. В суточной потребности пациента «Апидра» 24 ± 10 ЕД в сутри «Туджео» 34 ± 6 ЕД в сутки

Во время высоких показателей глюкозы в крови добавлялось до 10 единиц простого инсулина с промежутками, каждые 3 часа 2-4 ед подкожно.

«Энтеросгель» дозировка по 15 г (1 ст. ложка) 3 раза в день

«Витамин Д» дозировка 2000 (2 таблетки в день)

Для обработки ран использовалось:

1. «Бетадин» 10 %
2. «Йодопирон» 1 %
3. «Левомиколь» 40 мг/г ± 7,5 мг/г
4. «Ципрофлоксацин» 500 мг 2 раза в день по 1 таб
5. «Пентоксифиллин» 2 таб в день по 100 мг
6. «Кардиомагнил» 75 мг 1 таб на ночь
7. «Цефтриаксон» 1 г, для присыпания гнойной раны

Обрабатывали рану «Бетадином» 10 % потом высушивали, присыпали, «Цефтриаксоном» и прикладывали «Левомиколь» с добавлением инсулина. В «Левомиколь» добавлялся инсулин в дозировке 10 ЕД/ мг и прикладывали к ране на 6–8 часов. Вокруг раны обкалывали инсулином. На 9 сутки наблюдалась улучшение заживление раны и ее трофики.

Выводы

В рамках клинического наблюдения за пациентом с диагностированным сахарным диабетом I типа были зафиксированы клинические проявления осложнений. Установлена корреляция между сахарным диабетом и травматическим повреждением, в частности, возникновение язвенной деструкции в области фаланги плюсневой кости и медиально-клиновидного сустава. Это осложнение связано с патологией микроциркуляции

в этой анатомической области, которая вызвана легкой ишемией и дисбалансом глюкозы в крови. Пациенты с сахарным диабетом (СД) имеют повышенный риск развития остеопоротических переломов, что связано со снижением прочности кости. Накопление конечных продуктов гликирования, гипергомоцистеинемия увеличивают апоптоз остеоцитов, уменьшают костеобразование и замедляют костное ремоделирование, при СД. Адипонектин стимулирует экспрессию остеокальцина и дифференцировку остеобластов посредством актива-

ции 5'АМФ-активируемой протеинкиназы (АМФК). Сахарный диабет оказал значительное негативное влияние на общее состояние пациента, замедляя процесс восстановления после перелома. В течение всего периода наблюдения было зафиксировано образование костной мозоли. Таким образом, пациенты с сахарным диабетом имеют повышенный риск развития различных осложнений. Чрезмерное высвобождение кальция из костной ткани может привести к снижению ее механической прочности и увеличению вероятности переломов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом / Под редакцией И.И. Дедова, М.В. Шестаковой, А.Ю. Майорова. — 10-й выпуск — М.; 2021.
2. СОЧЕТАНИЕ САХАРНОГО ДИАБЕТА I ТИПА И ДИАБЕТА, СВЯЗАННОГО С МУТАЦИЕЙ ГЕНА GSK /Черкасова Ю.Б., Павлов Б.В., Донченко С.М., Скларов Б.А., Воробьева К.А., Алимов К.З. /Вопросы истории. 2022. № 8–2. С. 280–287.
3. ОСЛОЖНЕНИЯ ПРИ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ /Павлов Б.В., Зеленева Ю.В. Тенденции развития науки и образования. 2017. № 28–2. С. 23–27.
4. И.Д. Кузиев, Б.В. Павлов, Т.А. Капралова, А.С. Мордовина ПОБОЧНЫЙ ЭФФЕКТ ИНСУЛИНА НА ДЫХАТЕЛЬНУЮ СИСТЕМУ У ЛИЦ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ И ТИПА НА ПРОТЯЖЕНИИ 30 ЛЕТ // Международный журнал гуманитарных и гуманитарных наук. 2024. №3–3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pobochnyy-effekt-insulina-na-dyhatelnuyu-sistemu-u-lits-s-saharnym-diabetom-i-tipa-na-protyazhenii-30-let>
5. Белых О.А., Кочеткова Е.А., Гельцер Б.И., Бубнов О.Ю. Состояние кальций-фосфорного обмена у больных сахарным диабетом 2 типа // Acta Biomedica Scientifica. 2005. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-kaltsiy-fosfornogo-obmena-u-bolnyh-saharnym-diabetom-2-tipa> (дата обращения: 09.05.2024).
6. Переломы надколенника и их лечение: учебно-методическое пособие / Н.В. Загородний, В.Х. Хиджазин, М.А. Абдулхабирова, Э.И. Солод, А.Б. Футрык. — Москва: РУДН, 2017. — 44 с. :
7. Побел Е.А. Перелом — фактор риска развития и прогрессирования остеопении и остеопороза // Остеопороз и остеопатии. 2013. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perelom-faktor-riska-razvitiya-i-progressirovaniya-osteopenii-i-osteoporoz>
8. Гусова А.А., Павлова Мария Геннадьевна, Мельниченко Г.А., Кавалерский Г.М., Силян Л.Л., Зайцева Н.В. Риск переломов у больных сахарным диабетом // Клиницист. 2007. №4.
9. Nurullina G.M., Akhmadullina G.I. Features of bone metabolism in diabetes mellitus. Osteoporosis and Bone Diseases. 2017;20(3):82–89. (In Russ.) <https://doi.org/10.14341/osteo2017382-89>
10. Демидова Т.Ю., Плахотная В.М. САХАРНЫЙ ДИАБЕТ И ОСТЕОПОРОЗ: ПАТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ ЛЕЧЕНИЯ // МС. 2021. №7.
11. Привольнев Владислав Владимирович, Забросов Валерий Степанович, Даниленков Николай Васильевич Рекомендации по диагностике и лечению остеомиелита при синдроме диабетической стопы (обзор) // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2014. №3.
12. Байрамкулов Э.Д., Воротников А.А., Мозеров С.А., Красовитова О.В. КЛИНИКО-МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСТЕОМИЕЛИТА ПРИ СИНДРОМЕ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ // Фундаментальные исследования. — 2015. — № 1–1. — С. 23–27; URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=36758>
13. Калинин А. П., Рудакова И. Г., Котов С. В. Диабетическая нейропатия // Альманах клинической медицины. 2001. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/diabeticheskaya-neuropatiya>
14. Ахмедова Эсмеральда Биннатовна, Тогузова Залина Асланбековна, Мамедов Мехман Ниязиевич. Значение различного уровня глюкозы в развитии сердечно-сосудистых заболеваний и осложнений // РФК. 2013. №1.

© Павлов Богдан Владимирович (DewollS@yandex.ru); Мордовина Анастасия Сергеевна (mordovina-nastena@mail.ru);
 Артёмова Мария Вячеславовна (mariaartemova85@mail.ru); Славнова Анна Андреевна (slavnova97@list.ru);
 Кузиев Иброхимджон Джахонбекович (kuzievibrohim@gmail.com)
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

Наши авторы

Aksenov N. — Penza State University

Anosov T. — Postgraduate, MIREA — Russian Technological University, Moscow

Artemova M. — Tambov State University named after G.R. Derzhavin

Ataeva Z. — PhD, Associate Professor, Dagestan State Medical University, Makhachkala

Avramenko M. — candidate of biological sciences, associate professor, Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education «Bryansk State Academician I.G. Petrovski University»

Bagryantsev V. — clinical resident, federal state budgetary educational institution of higher education «Yaroslavl State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Barkalova I. — Therapist, City Clinic No. 10 of Krasnodar, «Kuban State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Barsukov V. — Candidate of Medical Sciences, Assistant, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky of the Ministry of Health of the Russian Federation; Candidate of Medical Sciences, Senior Lecturer, Medical University «Reaviz», Saratov

Barulina M. — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Professor, Medical University «Reaviz», Saratov; Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Director of the Institute of Physics and Mathematics, Perm State National Research University; Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Laboratory «Analysis and Synthesis of Dynamic Systems in Precision Mechanics», Chief Researcher, Saratov Scientific Center of RAS, Institute of Problems of Precision Mechanics and Control of RAS

Baryshnikova E. — Academic Secretary, Senior Researcher, Institute of Precision Mechanics and Control of the Russian Academy of Sciences

Bashkeev A. — graduate student, K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University)

Batman S. — Associate Professor, Kuban State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Our authors

Belova S. — Candidate of Medical Sciences, docent, Associate Professor, Ulyanovsk State University

Belsky E. — Kuban State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Berch E. — Postgraduate student, Ulyanovsk State University

Bogonina O. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Maxillofacial Surgery, Penza State University

Bondar D. — Lead DevOps Engineer, Public Joint-Stock Company «MTS Bank»

Bondarenko B. — Volgograd State Technical University

Braginsky P. — graduate student, K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University)

Bulekbayev D. — doctor. Associate Professor, Mozhaisky Military Space Academy, Saint Petersburg

Chernavin N. — department assistant, Ural Federal University, (Yekaterinburg)

Chernavin P. — Ph.D. (Econ), Associate Professor, Ural Federal University, (Yekaterinburg)

Cherniaev I. — Senior Lecturer, Ural State Medical University (Yekaterinburg)

Chuchin D. — candidate of geographical sciences, associate professor, Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education «Bryansk State Academician I.G. Petrovski University»

Chugaev Yu. — Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Ural State Medical University (Yekaterinburg)

Conde A. — PhD student, Moscow State Technological University «STANKIN», Moscow

Derbeneva S. — doctor med. Sci., senior researcher, Department of Cardiovascular Pathology and Diet Therapy of the Federal State Budgetary Institution of Science «Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology»

Donetsky V. — Assistant, City Clinic No. 10 of Krasnodar, «Kuban State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Dzerzhinskiy R. — Candidate in Technical Sciences, Associate Professor, MIREA — Russian Technological University, Moscow

Filchenkov A. — PhD, ITMO University

Filippova S. — Candidate of Medical Sciences, docent, Associate Professor, Ulyanovsk State University

Fischev S. — MD, Professor, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Fischeva A. — Senior Laboratory Assistant, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Fokin A. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «South-Ural State Medical University» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Chelyabinsk

Gadzhieva T. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Dagestan State Medical University, Makhachkala

Gladun V. — Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Golubev D. — Saratov State University

Goryachih A. — Penza State University

Goryachkin B. — candidate of technical sciences, associate professor, Bauman Moscow State Technical University

Grishin K. — undergraduate, Bauman Moscow State Technical University

Guseinova R. — PhD, Associate Professor, Dagestan State Medical University, Makhachkala

Kalinina L. — Deputy director, Tuberculosis sanatorium «Golubaya Buhta» of the Ministry of Health of the Russian Federation. (Helendzhik)

Kallaeva A. — Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Dagestan State Medical University, Makhachkala

Kanonir G. — Postgraduate student, ITMO University

Kartashev A. — Candidate of Medical Sciences, Coloproctologist, Ulyanovsk Regional Clinical Center for Specialized Types of Medical Care named after Honored Doctor E.M. Chuchkalov

Karyugin D. — graduate student, K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University)

Karyugin D. — graduate student, K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University)

Kazanchi F. — Assistant, Kuban State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation Russia Krasnodar

Khachaturov E. — Postgraduate student, Saratov State University

Kolesnikov A. — Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Komarov R. — Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education First Moscow State Medical University named I.M. Sechenova of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University)

Kostrigina E. — Senior lecturer, Penza State University

Krylosova N. — Research Engineer Institute, Precision Mechanics and Control of the Russian Academy of Sciences

Kudaev M. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Dagestan State Medical University, Makhachkala

Kulyukin K. — PhD student, Volgograd State Technical University

Kuziev I. — Tambov State University named after G.R. Derzhavin

Levina K. — Penza State University

Magomedov Ch. — Penza State University

Malinin I. — Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Maslyakov V. — Doctor of Medicine Sciences, Professor, Professor, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky of the Ministry of Health of the Russian Federation; Medical University «Reaviz», Saratov

Mkrtchyan V. — PhD student, First Pavlov State Medical University of St. Petersburg

Molodyakov S. — Doctor of technical Sciences, Professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Montina I. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology and Biological Education of Omsk State Pedagogical University

Mordovina A. — Tambov State University named after G.R. Derzhavin

Morev A. — postgraduate student, Military Academy of Logistics named after General of the Army A.V. Khrulyov of the Ministry of Defense of the Russian Federation

Morozov A. — PhD, professor, Federal state military educational institution of higher professional education «Military space Academy named after A.F. Mozhaisky», Saint-Petersburg

Moskalenko I. — candidate of biological sciences, senior lecturer, Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education «Bryansk State Academician I.G. Petrovski University»

Mukhammad D. — Postgraduate student, Moscow Financial-Juridical Academy

Nadin I. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «South-Ural State Medical University» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Chelyabinsk

Nebieva D. — District general practitioner GBUZ MO «PB IM. Prof. Rozanova V.N.» Moscow region, o Pushkinsky, Pushkino

Nesterenko V. — graduate student, Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education «Bryansk State Academician I.G. Petrovski University»

Nozdracheva E. — candidate of biological sciences, associate professor, Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education «Bryansk State Academician I.G. Petrovski University»

Nuzhdin M. — State Budgetary Healthcare Institution «Chelyabinsk Regional Clinical Hospital»; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «South-Ural State Medical University» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Chelyabinsk

Orlova I.V. — PhD, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Osmanova A. — PhD, Associate Professor, Dagestan State Medical University, Makhachkala

Pantukhin A. — Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Parshin A. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky of the Ministry of Health of the Russian Federation

Parshin A. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky of the Ministry of Health of the Russian Federation

Pavlov B. — Assistant, endocrinologist, nutritionist, Tambov State University named after G. R. Derzhavin

Pavlova S. — PhD, Associate Professor, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Polidanov M. — research department specialist, assistant, University «Reaviz», Saint Petersburg; Postgraduate student, Department of Surgical Diseases, Medical University «Reaviz», Saratov

Polivanov D. — Saratov State University

Polkova I. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky of the Ministry of Health of the Russian Federation; Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Medical University «Reaviz», Saratov

Pronina E. — Doctor of Medicine Sciences, Associate Professor, Professor, Medical University «Reaviz», Saratov

Rizoev B. — National Research University Moscow Aviation Institute

Romashkova O. — Doctor of Engineering, Professor, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow

Shcherbakova N. — Researcher, Russian Research Anti-plague Institute «Microbe» of Rospotrebnadzor (Saratov)

Shchigol A. — Graduate student, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin» (Yekaterinburg)

Shishko T. — Assistant, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» Ministry of Health Care of the Russian Federation

Shtorina A. — PhD, Associate Professor, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Sidorkov V. — Ph.D. engineering science, assistant professor, Pacific National University, Khabarovsk

Sklyarov B. — Tambov State University named after G.R. Derzhavin

Slavnova A. — Tambov State University named after G.R. Derzhavin

Smirnov D. — teacher, Physics and Technology Lyceum No. 1, Saratov city

Smolkina A. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Ulyanovsk State University

Sopov A. — Dentist, LLC MIN Institute of Dentistry «I.I. Mechnikov Northwestern State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Stroganov I. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «South-Ural State Medical University» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Chelyabinsk

Sukhoi D. — Perm State National Research University

Tarasov O. — Graduate Student, National University of Science and Technology-NUST MISIS (Moscow)

Tsaregorodtsev A. — Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Chief Researcher, Financial University under the Government of the Russian Federation (Moscow)

Utkin D. — Doctor of Biological Sciences, Professor, Saratov State University

Utkin E. — Physics and Technology Lyceum No. 1 (Saratov)

Valeev M. — postgraduate student, Financial University under the Government of the Russian Federation (Moscow)

Vasilyeva N. — Assistant, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Volkov K. — Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky of the Ministry of Health of the Russian Federation

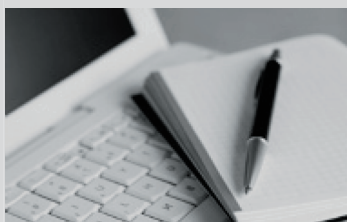
Voropaeva S. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Medical Institute

Yakimov G. — Volgograd State Technical University

Yangulova Ju. — Penza State University

Zhilin V. — Mari state university (Yoshkar-Ola)

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).