

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 1 2025 (ЯНВАРЬ)

Учредитель журнала
Общество с ограниченной ответственностью
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Журнал издается с 2011 года.

Редакция:

Главный редактор
А.В. Царегородцев
Выпускающий редактор
Ю.Б. Миндлин
Верстка
М.А. Комарова

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

Издатель:

Общество с ограниченной ответственностью
«Научные технологии»

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

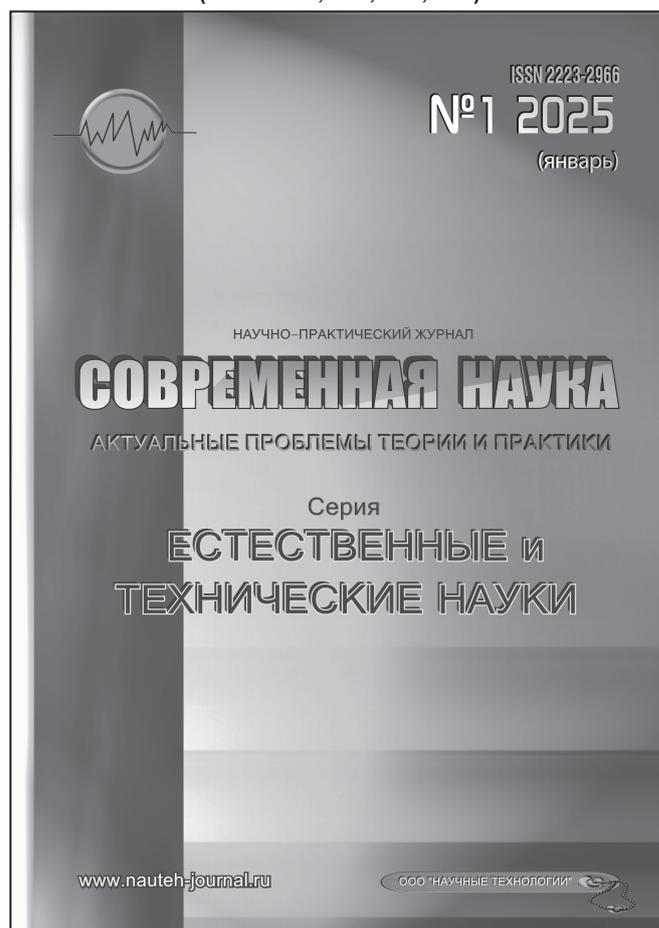
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(ВАК — 1.1.2, 1.5.x, 2.3.x, 3.1.x)



В НОМЕРЕ:

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

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

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

Журнал отпечатан в типографии
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296
Подписано в печать 20.01.2025 г. Формат 84x108 1/16
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



Редакционный совет

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Общая биология

Ковалева И.А., Иванцова Н.В., Пенькова Н.И., Тимченко Л.Д., Ивко О.А. — Видовой состав сообществ эпифитной микрофлоры растений в условиях антропогенной нагрузки
Kovaleva I., Ivantsova N., Penkova N., Timchenko L., Ivko O. — Species composition of epiphytic microflora communities of plant under conditions of anthropogenic load7

Информатика, вычислительная техника и управление

Аксенов С.Г., Гайфуллин И.Р. — Применение структуры компетенций для программ поддержки принятия управленческих решений в сфере образования в обучающейся организации
Aksenov S., Gayfullin I. — Application of the competence structure for management decision support programs in the field of education in a learning organization.....12

Аксенов С.Г., Семёнов С.И. — Инновационная система управления в сложных организационных структурах
Aksenov S., Semenov S. — An innovative management system in complex organizational structures18

Аль-Думаири Омар Ахмед Хазаеа Шаиф, Гордеев-Бургвиц М.А. — Формирование методологии обеспечения комфортного микроклимата в жилых помещениях
Ahmed Hazaea A.O., Gordeev-Burgwitz M. — Formation of a methodology for ensuring a comfortable microclimate in residential premises23

Аль-Думаири Омар Ахмед Хазаеа Шаиф, Гордеев-Бургвиц М.А. — Практическое осуществление интеллектуального управления микроклиматом в жилых помещениях
Ahmed Hazaea A.O., Gordeev-Burgwitz M. — Practical implementation of intelligent microclimate control in residential premises29

Афанасьев Б.С., Хахина А.М., Афанасьева А.Д. — Риски применения искусственного интеллекта для повышения эффективности работы сотрудников
Afanasyev B., Khakhina A., Afanasieva A. — Risks of using artificial intelligence to increase employee efficiency.....35

Бунькин В.И. — Применение искусственного интеллекта в программировании
Bunkin V. — Application of artificial intelligence in programming41

Глухов А.А., Степанников Ю.М., Глухов А.П. — Подход к управлению параметрами надежности и защищенности доверенных программно-аппаратных комплексов при нечетких данных
Glukhov A., Stepannikov Yu., Glukhov A. — An approach to managing the reliability and security parameters of trusted hardware and software complexes with fuzzy data.....45

Горячкин Б.С., Панов М.К. — Оценка влияния производительности СУБД на мониторинг событийных данных
Goryachkin B., Panov M. — Estimating the impact of DBMS performance on event data monitoring.....52

Дементьев С.Ю., Роза М.П. — Применение искусственного интеллекта в золотодобывающих предприятиях
Dementiev S., Roza M. — The use of artificial intelligence in gold mining enterprises.....62

Донских Н.И. — Искусственный интеллект в киберугрозах: возможности и вызовы использования нейронных сетей для фишинговых атак и их детектирования
Donskikh N. — Artificial intelligence in cyber threats: opportunities and challenges of using neural networks for phishing attacks and their detection70

Захаров Я.В., Ромашкова О.Н. — Анализ информационных потоков в образовательной организации в целях соответствия современным вызовам в образовании

<i>Zakharov Ya., Romashkova O.</i> — Analysis of information flows in an educational organization in order to meet modern challenges in education	74
Ли Лунбинь, Ван Шиъин, Тэн Хайкунь — Исследование ключевых технологий обработки медицинских данных на основе облачных вычислений <i>Li Lunbin, Wang Shiyang, Teng Haikun</i> — Research on key technologies of medical data processing based on cloud computing	80
Маркелова А.В., Ромашкова О.Н., Чискидов С.В. — Модели процессов функционирования информационной системы мониторинга качества оказания медицинских услуг в условиях мегаполиса <i>Markelova A., Romashkova O., Chiskidov S.</i> — Models of the functioning of the information system for monitoring systems for the quality of medical services in a megalopolis	86
Митина О.А. — Закономерности распределения онкологических заболеваний по регионам Российской Федерации <i>Mitina O.</i> — Signature verification using Siamese neural networks	92
Носков А.А. — Современные методы и инструменты работы с графами. Применимость работы с графами в банковских процессах и подразделениях безопасности банков <i>Noskov A.</i> — Modern methods and tools for working with graphs. The applicability of working with graphs in banking processes and security departments of banks	99
Пиманов А.Е., Самохина В.М. — Проектирование чат-ботов с использованием библиотеки Rasa <i>Pimanov A., Samokhina V.</i> — Designing chatbots using the Rasa library	103
Попков С.С., Сеннер А.Е. — Анализ эффективности функционирования it-компании при дистанционном формате работы <i>Popkov S., Senner A.</i> — Analysis of the efficiency of functioning of an it company in a remote work format	107
Роза М.П., Дементьев С.Ю. — Особенности развития методов кластеризации данных и их практическое применение в индустрии 4.0 <i>Roza M., Dementiev S.</i> — Features of the development of data clustering methods and their practical application in industry 4.0	114
Русаков А.М. — Алгоритмическая реализация модели оценки эффектов инфраструктурного деструктивизма информационно-технологической инфраструктуры <i>Rusakov A.</i> — Algorithmic implementation of the model for assessing the effects of infrastructure destructiveness of information technology infrastructure	121
Русаков А.М. — Концептуальная модель и схема организации архитектуры системы прогнозирования эффектов инфраструктурного деструктивизма <i>Rusakov A.</i> — Conceptual model and organization scheme of the architecture of the system for forecasting the effects of infrastructural destruction	129
Тимаков К.А. — Применение методов ИИ в решении задач фотограмметрии <i>Timakov K.</i> — Application of ai methods in solving photogrammetry problems	138
Чочаев А.Х., Толгуров Т.З., Узденова Ф.Т. — Азимутальная идентификационная сфера и алгоритмическая идентификация объекта <i>Chochaev A., Tolgurov T., Uzdenova F.</i> — Azimuthal Identification Sphere and Algorithmic Object's Identification	146
Шипулин С.С. — Использование нейронных сетей на основе блокчейн в информационной безопасности <i>Shipulin S.</i> — Using blockchain-based neural networks in information security	152
Клиническая медицина	
Абделвахед Ахмед Али — Связь апополипротеина (а) с развитием коронарного атеросклероза <i>Abdelwahed Ahmed Aly</i> — The association of apolipoprotein a with the development of coronary atherosclerosis	157

- Ахмедова С.Р., Хашаева Т.Х., Омаров Наби С.М., Стефанян Н.А., Абакарова З.М.** — Бесплодие, ассоциированное с эндометриозом: этиопатогенез и подходы к лечению
Ahmedova S., Hashaeva T., Omarov Nabi S., Stefanyan N., Abakarova Z. — Infertility associated with endometriosis: etiopathogenesis and treatment approaches 161
- Бекиров М.Д., Вязовиков К.В., Говоруха А.А., Двужилова В.С., Алиева А.И.** — Трансанальная ректопексия при наружном выпадении прямой кишки
Bekirov M., Vyazovikov K., Govorukha A., Dvuzhilova V., Alieva A. — Transanal rectopexy for external rectal prolapse 167
- Вашуркина И.М., Пузакова Д.В., Фролов А.А., Турханова В.В., Клоков В.В., Щербаклова А.В.** — Лапроскопия от истории до наших дней
Vashurkina I., Puzakova D., Frolov A., Turkhanova V., Klokov V., Shcherbakova A. — Laproscopy from history to the present day 171
- Гамаева Ф.Б., Мусукаева А.Б., Хачетлова К.К.** — Гистологическая оценка биологических тканей, используемых для протезирования клапанов сердца
Gamaeva F., Musukaeva A., Khachetlova K. — Histological evaluation of biological tissues used for heart valve prosthesis 176
- Губанов Д.С., Губанова К.М., Ребров Д.С., Кончакова Е.А., Толстых А.А.** — Клинический случай: развитие остеодеструктивных поражений на фоне миеломной болезни
Gubanov D., Gubanova K., Rebrov D., Konchakova E., Tolstykh A. — Clinical case: development of osteodestructive lesions in the context of multiple myeloma 182
- Ерокин С.Е., Иванов К.Р., Зейналова Ф.М., Корец С.Н.** — Клинический случай: современный взгляд на оперативное лечение флегмоны Фурнье
Erokin S., Ivanov K., Zeynalova F., Korets S. — Clinical case: a modern view on the surgical treatment of Fournier's phlegmon 190
- Ерокин С.Е., Гафарова Э.Э., Аметова Ш.Р., Зубко Е.В.** — Особенности хирургического выбора пилоромиотомии по Фреде-Веберу-Рамштедту при врожденном гипертрофическом пилоростенозе на примере клинического случая, с учётом регионарных особенностей Республики Крым
Erokin S., Gafarova E., Ametova Sh., Zubko E. — Peculiarities of surgical choice of pyloromyotomy according to Frede-Weber-Ramstedt in congenital hypertrophic pyloric stenosis on the example of a clinical case, taking into account the regional characteristics of the Republic of Crimea 195
- Капралов С.В., Полиданов М.А., Волков К.А., Высоцкий Л.И., Абрамов А.М., Марченко В.С.** — Экспериментальное обоснование способа лечения синдрома портальной гипертензии при циррозе печени
Kapralov S., Polidanov M., Volkov K., Vysotskii L., Abramov A., Marchenko V. — Experimental substantiation of the method of treatment of portal hypertension syndrome in liver cirrhosis 201
- Котельникова Н.А., Балтер Р.Б., Целкович Л.С., Иванова Т.В., Ильченко О.А., Подгорняя М.С., Руденко Ю.А.** — Факторы риска развития гиперпластических процессов в репродуктивном возрасте. Особенности клинической картины заболевания
Kotelnikova N., Balter R., Tselkovich L., Ivanova T., Ilchenko O., Podgornyya M., Rudenko Ju. — Risk factors for the development of hyperplastic processes in the reproductive age. features of the clinical picture of the disease 207
- Крайнюков П.Е., Ким Е.А., Гудантов Р.Б., Борисова А.В., Агафонов Д.Е., Гончаров Н.А.** — Современные принципы консервативного медикаментозного обезболивания пациентов с травматическими ампутациями конечностей в раннем послеоперационном периоде
Krainukov P., Kim E., Gudantov R., Borisova A., Agafonov D., Goncharov N. — Modern principles of conservative drug pain relief for patients with traumatic limb amputations in the early postoperative period 215
- Мелкумян Г.А.** — Ретроспективное исследование по изучению влияния перенесенного covid-19 на развитие гранулематозного периодонтита и последующую имплантацию у группы пациентов
Melkumyan G. — A retrospective study of the impact of subsequent covid-19 on the development of granulomatous periodontitis and subsequent implantation in a group of patients 226

Никифоров И.А., Федотов Д.Д., Костюк Г.П., Бурьгина Л.А., Белова М.Ю., Истомина В.В. — Постковидный синдром (обзор литературы) Часть II <i>Nikiforov I., Fedotov D., Kostyuk G., Burygina L., Belova M., Istomina V.</i> — Postcovid syndrome (literature review). Part II..... 230	Хмара А.Д., Мудрак Д.А., Капралов С.В., Полиданов М.А. — Видеоторакоскопическая нижняя лобэктомия при редкой врожденной герминогенной опухоли (зрелой тератоме легкого) у молодой пациентки <i>Khmara A., Mudrak D., Kapralov S., Polidanov M.</i> — Videothoracoscopic lower lobectomy with a rare congenital germinogenic tumor (mature lung teratoma) a young patient 252
Петрова А.М., Малезжик М.С., Грудина М.А., Шнитова И.В. — Роль магния в развитии кариеса <i>Petrova A., Malezhik M., Grudina M., Shnitova I.</i> — The role of magnesium in the development of caries..... 237	Хоанг Хю Тоан, Чмырёв И.В., Савинков И.Ю. — Современные раневые покрытия в лечении ожогов и ран <i>Hoang Huy Toan, Chmyrev I., Savinkov I.</i> — Wound dressings for the treatment of burns and wounds..... 258
Решетников В.В., Дементьев Н.А., Махматов О.В., Стернин В.Е. — Обзор математических моделей, используемых в диабетологии <i>Reshetnikov V., Demytyev N., Makhmatov O., Sternin V.</i> — Overview of mathematical models used in diabetology..... 241	Шевердин Н.Н., Халилов М.А., Мошкин А.С., Курскова А.И., Торопов (Григорян) К.А. — Хирургические особенности трансплантации сердца у пациентов с терминальной стадией сердечной недостаточности <i>Sheverdin N., Khalilov M., Moshkin A., Kurskova A., Toropov (Grigoryan) K.</i> — Surgical features of heart transplantation in patients with end-stage heart failure..... 264
Хилько С.С., Мустафаев Д.А., Умерова Д.М., Эминов С.Р. — Возможности использования консервативной тактики в лечении острого аппендицита, шкалы оценки состояния аппендикса <i>Khilko S., Mustafaev D., Umerova D., Eminov S.</i> — Possibilities of using conservative tactics in the treatment of acute appendicitis, scales for assessing the condition of the appendix 246	Наши авторы 270

ВИДОВОЙ СОСТАВ СООБЩЕСТВ ЭПИФИТНОЙ МИКРОФЛОРЫ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

SPECIES COMPOSITION OF EPIPHYTIC MICROFLORA COMMUNITIES OF PLANT UNDER CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC LOAD

I. Kovaleva
N. Ivantsova
N. Penkova
L. Timchenko
O. Ivko

Summary. The article presents a study in which the qualitative composition of microorganisms associated with conifers was identified using the molecular genetic identification method MALDI-TOF mass spectrometry. As a result of the work done, 44 strains of microorganisms isolated from the phylloplane of plants of the family were identified: Cypress (*Cupressaceae*): genus *Thuja*, Juniper (*Juniperus*); Pine family (*Pinaceae*): genus *Pinus*, Spruce (*Picea*) and Yew family (*Taxaceae*): genus *Yew* (*Taxus*). When selecting plants, we considered their remote systematic position and some morphological features that affect the formation of epiphytic plant microflora. Studies of microbial-plant associations can be aimed both at a fundamental understanding of microbial communities and at the practical application of research results in various fields, such as: phytopathology, agriculture, ecology, and biotechnology (use in the development of biopreparations from associations of epiphytic microorganisms in the fight against phytopathogenic microflora).

Keywords: MALDI-TOF, mass spectrometry, phylloplane, epiphytic microflora, microbial communities, *Cupressaceae*, *Thuja*, *Juniperus*, *Pinaceae*, *Pinus*, *Picea*, *Taxaceae*, *Taxus*.

Исследование эпифитных бактерий имеет большую актуальность в современной науке и практике из-за их потенциального влияния на рост, развитие и здоровье растений [3]. Изучение эпифитной микрофлоры способствует формированию знаний о механизмах взаимодействия растений с микроорганизмами, а также их влияния на экосистемы в целом [8].

Ковалева Ирина Аркадьевна

кандидат биологических наук, доцент, ФГАОУ ВО
 «Северо-Кавказский федеральный университет»
 Kovalevairina3006@gmail.com

Иванцова Нина Владимировна

ФГАОУ ВО
 «Северо-Кавказский федеральный университет»
 Ninalvko57@gmail.com

Пенькова Надежда Ивановна

биолог лаборатории клинической микробиологии, ГБУЗ
 СК «Ставропольская краевая клиническая больница»
 ladyzimina@yandex.ru

Тимченко Людмила Дмитриевна

доктор ветеринарных наук, профессор, ФГАОУ ВО
 «Северо-Кавказский федеральный университет»
 ltimchenko@ncfu.ru

Ивко Ольга Алексеевна

учитель химии и биологии высшей категории,
 МОУ СОШ №4, г. Буденновск
 Ivcoolia213@yandex.ru

Аннотация. В статье представлено исследование, в ходе которого выявлен качественный состав микроорганизмов, ассоциированных с хвойными растениями с помощью молекулярно-генетического метода идентификации MALDI-TOF-масс-спектрометрии. В результате проделанной работы было идентифицировано 44 штамма микроорганизмов, выделенных с филлоплана растений семейства: Кипарисовые (*Cupressaceae*): род Туя (*Thuja*), Можжевельник (*Juniperus*); семейства Сосновые (*Pinaceae*): род Сосна (*Pinus*), Ель (*Picea*) и семейства Тисовые (*Taxaceae*): род Тис (*Taxus*).

При подборе растений нами учитывались их отдаленное систематическое положение и некоторые морфологические признаки, оказывающие влияние на формирование эпифитной микрофлоры растений. Исследования микробно-растительных ассоциаций могут быть направлены как на фундаментальное понимание микробных сообществ, так и на практическое применение результатов исследований в различных областях, таких как: фитопатологии, сельском хозяйстве, экологии и биотехнологии (использование при разработке биопрепаратов из ассоциаций эпифитных микроорганизмов в борьбе с фитопатогенной микрофлорой).

Ключевые слова: MALDI-TOF, масс-спектрометрия, филлоплан, эпифитная микрофлора, микробные сообщества, *Cupressaceae*, *Thuja*, *Juniperus*, *Pinaceae*, *Pinus*, *Picea*, *Taxaceae*, *Taxus*.

Микроорганизмы, ассоциированные с растениями, формируют сложные микробные сообщества филлопланы, ризопланы и ризосферы [4]. Условно состав таких комплексов можно разделить на эпифитную нормофлору и фитопатогенную [7]. Непатогенная составляющая (нормофлора) выполняет разнообразные функции: синтезирует как дополнительные питательные (аминокис-

лоты: глицин, глютамин, лейцин; витамины группы В), так и защитные вещества, например, многие ризосферные бактерии способны синтезировать различные фитогормоны: ауксины, цитокинины, гиббереллины, которые стимулируют рост растений и повышают их устойчивость к патогенам на разных стадиях развития [1; 6]. Поэтому изучение эпифитных бактерий является важной частью решения такой задачи, как повышение экологической устойчивости городских насаждений хвойных растений с применением биопрепаратов.

Изменения в окружающей среде могут приводить к трансформации как количественных показателей, так и качественного состава микроорганизмов, а также приводить к смене биотических взаимоотношений [10]. Например, в условиях антропогенной нагрузки, высокие концентрации токсинов могут привести к изменению функций микрофлоры, снижая ее способность к переработке питательных веществ, и тем самым способствовать развитию патогенов. Расширение ассортимента биопрепаратов, способных ликвидировать очаги развития вредителей городских насаждений, является необходимым компонентом для развития экологической обстановки и функционирования хвойных растений в условиях техногенной нагрузки [3].

Среди микроорганизмов имеются и антагонисты насекомых, которые представляют наибольшую опасность для целостности леса, например, биоинсектицид, в состав которого входит *Bac. thuringiensis var. dendrolimus* ЦМПМ В-3269 — продуцент d-эндотоксина, используется в борьбе с гусеницами сибирского шелкопряда. Действие таких биопрепаратов видоспецифично, что делает их безопасными для других организмов [12].

Таким образом, исследования в этой области могут привести к разработке новых методов улучшения городских биоценозов, снижению использования химических удобрений и пестицидов и созданию более благоприятных условий для существования отдельных видов хвойных растений в условиях техногенной нагрузки.

Цель исследования — изучение видового разнообразия микробных сообществ хвойных растений с целью определить резидентную и транзиторную микрофлору.

Предмет исследования — качественный состав эпифитных микробных сообществ, ассоциированных на филлоплане хвойных растений.

Задачи исследования:

- Выделить эпифитные микроорганизмы с филлоплана хвойных растений методом реплик;
- Провести анализ динамики качественного состава микроорганизмов, ассоциированных на хвойных насаждениях.

- Провести идентификацию микроорганизмов с помощью MALDI-TOF-масс-спектрометрии.

Исследования проводились в 2023–2024 гг. в осенне-зимний и весенне-летний периоды в лаборатории геномных технологий базовой кафедры генетики и селекции ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» г. Ставрополь. Объектами исследования послужила эпифитная микрофлора хвойных растений семейств: Сосновые (*Pinaceae*), Кипарисовые (*Cupressaceae*) и Тисовые (*Taxaceae*).

Выделение эпифитной микрофлоры проводили методом реплик филлоплана модельных растений на плотную питательную среду №1 (ГРМ), инкубировали в термостате 3 сут. при $t = 27^{\circ}\text{C}$, далее проводили отивку колоний в чистые культуры.

Идентификацию выделенных микроорганизмов осуществляли с помощью MALDI-TOF-масс-спектрометрии в несколько этапов:

- нанесение материала, содержащего микробные белки, на специальную мишень, которая соответствует используемому типу MALDI-TOF масс-спектрометра;
- обработка нанесенного материала раствором матрицы — вещества, обеспечивающего включение микробных протеинов в свою структуру при высыхании, и лазер-индуцированное получение из этих протеинов ионизированных пептидов;
- установку мишени с обработанной матрицей микробным материалом в соответствующее устройство MALDI-TOF масс-спектрометра;
- внесение данных об источнике микробного материала (идентификационный номер) в программу компьютера, управляющего MALDI-TOF масс-спектрометром;
- запуск измерения и биоинформатической обработки полученных масс-спектров, нацеленных на идентификацию таксономической принадлежности исследуемых микроорганизмов [10; 13].

В соответствии с целью и задачами работы, путём сопоставления получаемых масс-спектров белков с обширной базой данных удалось идентифицировать 44 штамма, относящиеся к 18 родам эпифитных микроорганизмов (табл. 1).

Полученные результаты свидетельствуют о сопряженном развитии микрофлоры хвойных, так в результате исследования определен резидентный состав эпифитов в осенне-зимний и весенне-летний периоды: *Bacillus siamensis*, *Bacillus mojaviensis*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus subtilis*, *Lysinibacillus fusiformis*, *Planomicrobium chinense*, а также транзиторный видовой состав, связанный со сменой погодных условий и фитонцидной активно-

Таблица 1.

Качественный состав микроорганизмов, ассоциированных на хвойных насаждениях за 2023–2024 гг.

№	2023 г. Осенне-зимний период	2024 г. Весенне-летний период
1.	<i>Bacillus siamensis*</i> <i>Bacillus mojavensis*</i> <i>Bacillus pumilus*</i> <i>Bacillus subtilis*</i> <i>Bacillus cereus</i> <i>Bacillus licheniformis</i> <i>Bacillus oceanisediminis</i> <i>Bacillus megaterium</i>	<i>Bacillus siamensis*</i> <i>Bacillus mojavensis*</i> <i>Bacillus pumilus*</i> <i>Bacillus subtilis*</i> <i>Bacillus halotolerans</i> <i>Bacillus atrophaeus</i> <i>Bacillus flexus</i> <i>Bacillus cohnii</i> <i>Bacillus methylotrophicus</i>
2.	<i>Lysinibacillus fusiformis*</i>	<i>Lysinibacillus fusiformis*</i> <i>Lysinibacillus sphaeticus</i> <i>Lysinibacillus macrolides</i>
3.	<i>Paenibacillus motobuensis</i> <i>Paenibacillus glucanolyticus</i> <i>Paenibacillus lautus</i>	<i>Paenibacillus amulolyticus</i>
4.	<i>Planomicrobium chinense*</i>	<i>Planomicrobium chinense*</i>
5.	<i>Staphylococcus hominis</i>	<i>Staphylococcus warneri</i>
6.	<i>Clostridium septicum</i> <i>Clostridium baratii</i>	<i>Clostridium clostridioforme</i>
7.	<i>Dietzia natronolimnaea</i>	–
8.	<i>Pseudozyma aphidis</i>	–
9.	<i>Mannheimia varigena</i>	–
10.	<i>Rhizopus arrhizus</i>	–
11.	<i>Trichoderma asperelloides</i>	–
12.	<i>Candida catenulata</i>	–
13.	–	<i>Brevibacillus laterosporus</i>
14.	–	<i>Lactobacillus fermentum</i>
15.	–	<i>Enterobacter cancerogenus</i>
16.	–	<i>Bifidobacterium pseudocatenulatum</i>
17.	–	<i>Morganella morganii</i>
18.	–	<i>Rhodococcus rhodochrous</i>

Примечание: * — штаммы, выявленные в зимне-осенний и весене-летний период

стью хвойных: *Bacillus cereus*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus oceanisediminis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus halotolerans*, *Bacillus atrophaeus*, *Bacillus flexus*, *Bacillus cohnii*, *Bacillus methylotrophicus*, *Paenibacillus motobuensis*, *Paenibacillus*

glucanolyticus, *Paenibacillus lautus* *Paenibacillus amulolyticus*, *Lysinibacillus sphaeticus*, *Lysinibacillus macrolides* *Staphylococcus warneri*, *Staphylococcus hominis*, *Clostridium septicum*, *Clostridium baratii*, *Clostridium clostridioforme*, *Dietzia natronolimnaea*, *Pseudozyma aphidis*, *Mannheimia varigena*, *Rhizopus arrhizus*, *Trichoderma asperelloides*, *Candida catenulate*, *Brevibacillus laterosporus*, *Lactobacillus fermentum*, *Enterobacter cancerogenus*, *Bifidobacterium pseudocatenulatum*, *Morganella morganii*, *Rhodococcus rhodochrous*.

Анализ качественного состава показал, что в основном преобладают симбиотические грамположительные споровые формы в течение осенне-зимнего и весене-летнего периодов. Эти виды микроорганизмов эффективно конкурируют с фитопатогенными грибами путем производства антибиотиков или литических ферментов и уже входят в состав многих биопрепаратов для защиты растений от патогенов, а также используются для мониторинга экосистем и биоремедиации.

В осенне-зимний период были выявлены потенциально патогенные микроорганизмы: *Clostridium septicum*, *Clostridium baratii*, *Mannheimia varigena* которые как у животных, так и у людей являются возбудителями инфекционных заболеваний [5]. Это означает, что последние микроорганизмы не могут использоваться в целях производства биопрепаратов. Среди фитопатогенных микроорганизмов обнаружен *Rhizopus arrhizus* возбудитель мучороза культурных растений, что связано с меньшим количеством выработки фитонцидов и прекращением активной вегетации хвойных (табл. 2).

С помощью генетических (MALDI-TOF) и микробиологических (иммерсионная микроскопия) методов исследования обнаружены микромицеты: *Pseudozyma aphidis*, *Candida catenulate*, *Trichoderma asperelloides*, *Rhizopus arrhizus*. Следует отметить антагонистические свойства бактериальной микрофлоры по отношению к грибковой, так как в полученной накопительной среде бактерии практически полностью подавляли рост микромицетов. На способность бактерий ингибировать грибы, скорее всего, влияет конкуренция за рецепторные участки (сайты связывания), питательные вещества и факторы роста. Кроме того, выработка перекиси водорода (H₂O₂) и высвобождение органических кислот, таких как: молочная и уксусная кислоты, также участвуют в противогрибковых механизмах многих бактерий [12].

Видовой состав идентифицированных микроорганизмов в весене-летний период представлен с преобладанием споровых грамположительных бактерий. Патогенная микрофлора не была обнаружена, что, вероятно, связано с пиком фитонцидной активности у большинства хвойных пород в летний период, подавляющей развитие фитопатогенов (табл. 3).

Таблица 2.

Видовой состав эпифитной микрофлоры хвойных (осенне-зимний период, 2023 г.)

Семейства хвойных Группы мик-мов	Сосновые (<i>Pinaceae</i>)	Кипарисовые (<i>Cupressaceae</i>)	Тисовые (<i>Taxaceae</i>)
Гр+ микроорганизмы	<i>Paenibacillus motobuensis</i> , <i>Clostridium septicum</i> , <i>Staphylococcus hominis</i> , <i>Dietzia natronolimnaea</i>	<i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Clostridium baratii</i> , <i>Planomicrobium chinense</i>	<i>Bacillus oceanisediminis</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus mojavensis</i> , <i>Bacillus pumilus</i> , <i>Bacillus megaterium</i> , <i>Bacillus siamensis</i> , <i>Planomicrobium chinense</i> , <i>Paenibacillus glucanolyticus</i> , <i>Paenibacillus lautus</i>
Гр – микроорганизм	–	<i>Mannheimia varigena</i>	–
Микромицеты	<i>Trichoderma asperelloides</i> , <i>Pseudozyma aphidis</i>	<i>Candida catenulata</i>	<i>Rhizopus arrhizus</i>
Фитопатогенные	<i>Rhizopus arrhizus</i>		
Условно-патогенные для человека	<i>Clostridium septicum</i> , <i>Clostridium baratii</i>		
Общие микроорганизмы	<i>Lysinibacillus fusiformis</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Planomicrobium chinense</i>		

Таблица 3.

Видовой состав эпифитной микрофлоры хвойных растений (весенне-летний период, 2024 г.)

Семейства хвойных Группы мик-мов	Сосновые (<i>Pinaceae</i>)	Кипарисовые (<i>Cupressaceae</i>)	Тисовые (<i>Taxaceae</i>)
Гр+ микроорганизмы	<i>Brevibacillus laterosporus</i> <i>Paenibacillus amulolyticus</i> <i>Bacillus siamensis</i> <i>Bacillus halotolerans</i> <i>Bacillus flexus</i> <i>Bacillus mojavensis</i> <i>Clostridium clostridioforme</i>	<i>Bifidobacterium pseudocatenulatum</i> <i>Lysinibacillus fusiformis</i> <i>Lysinibacillus macrolides</i> <i>Lactobacillus fermentum</i> <i>Bacillus siamensis</i> <i>Bacillus atrophaeus</i> <i>Bacillus pumilus</i> <i>Bacillus cohnii</i>	<i>Planomicrobium chinense</i> <i>Lysinibacillus sphaeticus</i> <i>Staphylococcus warneri</i> <i>Rhodococcus rhodochrous</i> <i>Bacillus siamensis</i> <i>Bacillus halotolerans</i> <i>Bacillus methylotrophicus</i> <i>Bacillus atrophaeus</i> <i>Bacillus subtilis</i>
Гр — микроорганизм	<i>Enterobacter cancerogenus</i>	<i>Enterobacter cancerogenus</i> <i>Morganella morganii</i>	<i>Enterobacter cancerogenus</i>
Микромицеты	–	–	–
Фитопатогенные	–		
Условно-патогенные для человека	<i>Bifidobacterium pseudocatenulatum</i> , <i>Clostridium clostridioforme</i> , <i>Enterobacter cancerogenus</i> , <i>Morganella morganii</i>		
Общие микроорганизмы	<i>Bacillus siamensis</i> , <i>Enterobacter cancerogenus</i>		

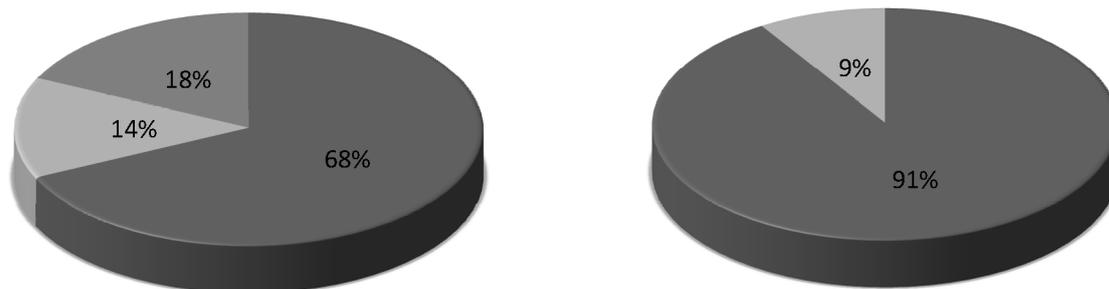


Рис. 1. Соотношение микроорганизмов эпифитной микрофлоры за 2023–2024 гг.:
А — осенне-зимний период; Б — весенне-летний период.

Большая часть выделенных микроорганизмов являются спорообразующими, что является очень перспективным в изучение таких микробных ассоциаций, так как позволяет на их основе повышать эффективность действия и рентабельность биопрепаратов (рис. 1).

Таким образом, метод идентификации микроорганизмов с использованием MALDI-TOF масс-спектрометров способен выявить уникальный набор белков исследуемых микроорганизмов — своеобразный «отпечаток пальца», с помощью чего проходит надежная и точная идентификация до вида путём сопоставления получаемых масс-спектров белков с обширной базой данных.

В результате выделены микроорганизмы, которые присутствуют постоянно на хвойных растениях: *Bacillus siamensis*, *Bacillus mojavensis*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus subtillus*, *Lysinibacillus fusiformis*, *Planomicrobium chinense*, что позволяет нам сделать вывод о применении их в ка-

честве основы для биопрепаратов. Задачей дальнейшего исследования является изучение данных микроорганизмов на антифунгицидные и антибактериальные свойства по отношению к фитопатогенам с целью разработки новых методов биостимуляции и биозащиты хвойных растений.

В результате проделанной работы выделены микроорганизмы для дальнейших исследований в качестве составляющих компонентов биопрепаратов, которые составляют ключевую роль в росте и развитии растений. Используя молекулярно-генетический метод идентификации MALDI-TOF-масс-спектрометрии, удалось определить до вида 44 штамма принадлежащих к 18 родам эпифитных микроорганизмов хвойных растений. Динамика развития эпифитной микрофлоры непостоянна и зависит от экологических факторов, фитонцидной активности и фазы вегетации хвойных.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 21507–2013 Защита растений. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2014. 23 с.
- Возняковская Ю.М. Взаимоотношения растений с микроорганизмами ризосферы и филлосферы. Л.: Колос, 1976. С. 141–143.
- Воронцов А.И. Биологическая защита леса. М.: Лесная промышленность, 1984. 264 с.
- Гарипова С.Р. Формирование продуктивности и стрессоустойчивости бобовых растений в ассоциации с эндофитными бактериями // Успехи современной биологии. 2012. Т.132(5). С. 493–505.
- Дьяков Ю.Т., Озерецковская О.Л., Джавахия В.Г., Багирова С.Ф. Общая и молекулярная фитопатология. М.: «Общество фитопатологов», 2001. 301 с.
- Заикина, И.А. Экологическая роль бактериального сообщества эпифитов филлосферы в жизнедеятельности растений — автореф...дис. кан. био. наук. — С.: ВАК РФ, 2008. — 12 с.
- Киреева Н.А. Экология микроорганизмов: учебное пособие. Уфа: РИО БашГУ, 2004. 121 с.
- Лысак В.В. Важнейшие группы микроорганизмов: пособие. Минск: БГУ, 2012. 92 с.
- Максимов И.В., Абизгильдина, Р.Р., Пусенкова, Л.И. Стимулирующие рост растений микроорганизмы как альтернатива химическим средствам защиты от патогенов // Прикладная биохимия и микробиология. 2011. Т. 47. № 4. С. 373–385.
- Нетрусов А.И. Экология микроорганизмов. М.: Академия, 2004. 198 с.
- Онищенко Г.Г. Безопасность работы с микроорганизмами III–IV групп патогенности (опасности) и возбудителями паразитарных болезней Санитарно-эпидемиологические правила СП 1.3.2322-08.

© Ковалева Ирина Аркадьевна (KovalevaIrina3006@gmail.com); Иванцова Нина Владимировна (Ninalvko57@gmail.com);
Пенькова Надежда Ивановна (ladyzimina@yandex.ru); Тимченко Людмила Дмитриевна (ltimchenko@ncfu.ru);
Ивко Ольга Алексеевна (lvcoolia213@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ КОМПЕТЕНЦИЙ ДЛЯ ПРОГРАММ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ В ОБУЧАЮЩЕЙСЯ ОРГАНИЗАЦИИ

APPLICATION OF THE COMPETENCE STRUCTURE FOR MANAGEMENT DECISION SUPPORT PROGRAMS IN THE FIELD OF EDUCATION IN A LEARNING ORGANIZATION

**S. Aksenov
I. Gayfullin**

Summary. This article presents the concept of a unified information model for the presentation of university educational data, aimed at developing new approaches to data-based management. The authors propose to use measurable quantitative and qualitative indicators of the educational process as input data, based on the introduction of a competence model into the accounting information system of the university and an optimization model for building a set of achievement indicators. This innovative method of improving learning outcomes differs in that it provides greater transparency and timeliness of management decision-making, as well as ensures the relevance of the portfolio of students and graduates.

Keywords: university management information system, competence, indicators of competence achievement, competence model, model for building indicators of competence achievement, management decisions, decision-making level, electronic information educational environment, learning management subsystem, accounting system, learning outcomes.

В настоящее время эффективное принятие управленческих решений в университетах в значительной степени зависит от агрегированных данных, получаемых из ключевых информационных систем бухгалтерского учета вуза. Независимо от степени автоматизации в университете, фундаментальные процессы, связанные с взаимодействием преподавателя и студента, должны происходить в рамках электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС) в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами. Следовательно, сегодня каждый университет включает в свою структуру ЭИОС как минимум две подсистемы:

1. Подсистема управления обучением (LMS) — это программная платформа, используемая для контроля за учебными курсами в рамках системы образования.

Аксенов Сергей Геннадьевич

Доктор экономических наук, профессор,
ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий
beregrilya@mail.ru

Гайфуллин Ильдар Рустемович

ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий
pavel1112w@mail.ru

Аннотация. В данной статье представлена концепция единой информационной модели представления университетских образовательных данных, направленная на развитие новых подходов к управлению, основанному на данных. Авторы предлагают использовать измеримые количественные и качественные показатели образовательного процесса в качестве входных данных, основываясь на внедрении модели компетенций в бухгалтерскую информационную систему университета и оптимизационной модели для построения набора показателей достижений. Этот инновационный метод повышения результатов обучения отличается тем, что обеспечивает большую прозрачность и своевременность принятия управленческих решений, а также обеспечивает актуальность портфолио студентов и выпускников.

Ключевые слова: информационная система управления университетом, компетенция, индикаторы достижения компетенций, компетентностная модель, модель построения индикаторов достижения компетенций, управляющие решения, уровень принятия решений, электронная информационная образовательная среда, подсистема управления обучением, учетная система, результаты обучения.

2. Подсистема, которая отслеживает результаты промежуточных оценок и завершения основной образовательной программы (система учета).

В данной статье не рассматриваются конкретные программные продукты, используемые для реализации вышеупомянутых подсистем. Ключевым требованием для внедрения предлагаемого подхода к управлению на основе данных является наличие единой информационной модели для представления образовательных данных в университете.

Государственные университеты в России с трудом справляются с количеством выпускников, особенно по программам в области информационных технологий (ИТ). Федеральный проект «Кадры для цифровой экономики» нацелен на ежегодный набор 120 000 сту-

дентов к 2024 году, но растущие критерии приема вызывают опасения по поводу снижения качества подготовки выпускников и удержания студентов. В этой статье предлагается динамичный подход к оценке качества образования в области информационных технологий с использованием показателей универсальной образовательной информационной системы (EIOS), фокусирующийся на ключевых количественных показателях, таких как контрольные показатели приема и выпуска, которые отражают эффективность образования в достижении государственных целей обучения.

Несмотря на то, что университеты эффективно управляют количественными показателями, они часто отдают предпочтение этим показателям при принятии управленческих решений, пренебрегая оценкой качества образования. Эта проблема усугубляется увеличением числа конкурсов, основанных на измеримых критериях, и отсутствием общепринятых методов оценки качества образования. Следовательно, зависимость от количественных показателей вызывает опасения по поводу объективности качественных оценок, что приводит к снижению общего качества образования.

В данном исследовании предлагается использовать измеримые качественные характеристики для улучшения базовых образовательных программ, увязывая их с уровнями компетенций в учебной программе. С конца 2021 года этот подход, поддерживаемый инициативами по цифровой трансформации, направлен на создание образовательной модели, основанной на компетенциях, в режиме реального времени, в соответствии с действующими стандартами. Это облегчает мониторинг и оценку компетенций, позволяя своевременно корректировать траектории обучения будущих ИТ-специалистов и совершенствовать образовательную и управленческую практику в университетах.

Университетские системы учета выставляют оценки от «2 — неудовлетворительно» до «5 — отлично», но эти оценки субъективны и определяются отдельными преподавателями. Системы также не учитывают весомость оценок по дисциплинам, что делает некоторые «5» более значимыми, чем другие, исходя из средней успеваемости в классе. Эта проблема отражена в Едином государственном экзамене, где средние баллы ежегодно меняются в зависимости от сложности вопросов. Следовательно, качественные показатели часто представляются неадекватно и переводятся в количественные показатели.

Цифровая трансформация требует адаптации образовательного процесса с использованием адаптивных систем и современной модели компетенций в режиме реального времени. Эта модель построена на современных стандартах и тенденциях, делая упор на изме-

римость и оценку компетенций для улучшения развития персонала и карьерного роста, в том числе на руководящих должностях.

В данной статье предлагается метод оценки результатов обучения с использованием компетентностной модели, основанный на последних исследованиях, проведенных в России и за рубежом. В статье рассматривается критическая проблема субъективности при оценке, которая влияет на управление образовательными ресурсами. Человеческий фактор вносит неопределенность в процессы оценки. Для решения этих проблем в статье рекомендуется разработать методы и технологии, основанные на искусственном интеллекте, которые позволят справиться с этой неопределенностью и улучшить образовательные процессы. В нем также подчеркивается необходимость внедрения модели компетенций в университетские информационные системы бухгалтерского учета и предлагается оптимизировать компьютерную модель с помощью генетических алгоритмов для определения компетенций, что приведет к созданию новой дескрипторной модели компетенции.

Компетентность определяется как набор фундаментальных результатов обучения — знаний, навыков и умственных способностей (ZUN), которые служат основой для показателей достижения компетентности (IDC). Эти показатели организованы в виде «Активность» — «Объект контроля» — «Эпитеты» с исходными оценочными данными, полученными из оценок преподавателей. Модель позволяет интегрировать компоненты ZUN в IDC, облегчая создание автоматизированного инструмента оценки с использованием методов нечеткой логики. Классические механизмы нечеткой логики оптимизируют модель компетенций, представляя собой заключительный этап процесса.

Модель компетенций представлена в виде набора ориентированных графов с двумя вершинами ($\langle \theta_k, \theta_l \rangle$, Σ_{kl}) $\in G$, где $\theta_k, \theta_l \in \Theta$ — пара связанных ЗУН ($k \neq l$) из общего множества ЗУН компетенции, $\Sigma_{kl} \in \Sigma$ ориентированная связь от θ_k к θ_l . Тогда рабочая структура i -й компетенции приведена на рисунке 1.

$$M_i = \{g_\alpha(\langle \Theta_i \alpha_k, \Theta_i \alpha_l \rangle, \Sigma_i \alpha_{kl}), \\ g_\beta(\langle \Theta_i \beta_k, \Theta_i \alpha_l \rangle, \Sigma_i \beta \alpha_{kl}), \\ g_\gamma(\langle \Theta_i \gamma_m, \Theta_i \alpha_l \rangle, \Sigma_i \gamma \alpha_{ml}), \\ \Sigma_{ij} \alpha \beta, \Sigma_{ij} \alpha \beta \}, \\ g_\alpha, g_\beta, g_\gamma \in G_i, \{g_\alpha\} \cap \{g_\beta\} \cap \{g_\gamma\} = \emptyset$$

Рис. 1. Рабочая структура i -й компетенции

Здесь, по аналогии с базовой моделью (1): $i M_i$ — структурная модель i -й компетенции; $\theta_i \beta_k$, $\theta_i \alpha_k$

$m\theta_i\gamma_k$ — соответственно базовый, образующий и дополнительный ЗУН; Σ_i, α_{kl} — ориентированная связь от $\theta\beta_k$ к $\theta_i\alpha_l$; Σ_i, β_{kl} и $\Sigma_i\beta\alpha_{ml}$ — ориентированная связь соответственно от $\theta\beta_k$ и от $\theta\gamma_k$ к $\theta\alpha_k$ (обратная связь запрещена); g_α — двувершинные графы, представляющие ядерные связи; g_β и g_γ — двувершинные графы, связывающие периферийные компоненты с ядром; $\Sigma_{ji}\alpha\beta$ — входящая внешняя связь, привносящая в структуру i -й компетенции базовый ЗУН как копию образующего ЗУН j -й компетенции, $\Sigma_{ji}\alpha\beta$ — исходящая внешняя связь, транслирующая образующий ЗУН из ядра i -й компетенции в структуру j -й компетенции в качестве базового ЗУН. Дополнительные ЗУН $\theta\gamma$ поддерживают развитие генеративных ЗУН и, благодаря однонаправленным отношениям с ними, создают основу компетентности, при этом ЗУН, включенный в эту основу, называется основным ЗУН. Справка показывает, что такой системный подход позволяет точно оценить уровень развития компетенций учащихся.

Оптимизационная модель построения набора ИДК. В основу ИДК ложится произвольный j -й базис $B_{ij} \in V_i$ i -й компетенции как связанная подструктура ЗУН, определенная на модели (1) и выражающая субспособность как агрегатную часть компетенции. Минимальное количество ИДК определяется объемом набора академических дисциплин, составляющих i -ой компетентности: $N_{imin} = |\Pi_i|$. аксимальное число ИДК определяется максимальным числом базисов компетенции: $N_{i\text{вфч}} = |B_i|$. Также выдвигается требование покрытия всеми ИДК осно-

$$N_i$$

$$\text{вы } i\text{-й компетенции: } U \theta'_{ik} = \theta_i\alpha \cup \theta_i\gamma.$$

$$k = 1$$

В модели используется классический генетический алгоритм, который имеет структуру с двоичным матричным кодированием хромосомы. Эта хромосома кодирует набор идентификаторов, соответствующих i -ой компетенцией. Число столбцов $m = |\theta_i|$, число строк $n \in [N_{imin}, N_{imax}]$. Ген с координатами (k, j) единичным значением задает наличие j -го ЗУН ($j = \overline{1, m}$) в структуре k -го ИДК ($k = \overline{1, n}$).

Исходные данные включают в себя трудовые функции, адаптированные к потребностям рынка труда, и учебные дисциплины. Параметры для генетических операторов регулируют моделирование компетенций, в результате чего получается структурированная модель, упорядоченная по показателям достижений. Интеграция этой модели в Образовательную информационную систему (IOS) позволит собирать данные о динамике обучения студентов, что поможет в принятии управленческих решений в университетах.

Предлагаемая структура управления включает в себя три уровня принятия решений: административный (ректорат, деканаты), управление контингентом (заведующие кафедры, руководители программ) и учебно-методический (преподаватели, руководители программ). Каждый уровень функционирует как подсистема в иерархии управления университетом, причем характеристики более высокого уровня являются производными от характеристик подсистем более низкого уровня.

Концепция использования компетентностной модели для принятия управленческих решений в университетах предполагает применение различных групп характеристик на каждом уровне. В данной статье предлагается использовать показатели, отражающие степень развития компетенций каждого студента в рамках образовательной программы. Хотя эти характеристики взаимосвязаны, их можно масштабировать на каждом уровне, аналогично количественным показателям в системе университетского учета (рис. 2).

Для установления качественных показателей важно, чтобы оценка знаний конкретного учащегося происходила на более низком учебно-методическом уровне, который опирается на подсистему LMS (см. рис. 3). На этом этапе управленческие решения принимаются руководителями образовательных программ и преподавателями. Далее, на уровне управления контингентом, результаты учащихся усредняются по группам. Здесь решения обычно принимаются деканами, заведующими кафедрами, а иногда и руководителями образовательных программ. На административном уровне различные отчеты и фильтры, как правило, настраиваются таким образом, чтобы помочь администрации университета в принятии тактических и стратегических управленческих решений.

По мнению многих университетов, интеграция с LMS еще не налажена, и учебные курсы настраиваются как часть учебного процесса наряду с системами бухгалтерского учета. Однако в ближайшем будущем ведущие университеты России будут внедрять эту интеграцию в той или иной степени по мере реализации своих программ цифровой трансформации. В идеале цифровые ресурсы, такие как инструменты оценки, электронные лабораторные практикумы и симуляторы, должны оценивать достижение соответствующих ИДК с помощью дескрипторов, которые затем будут способствовать формированию компетенций. Возможно также задавать вес V_i для каждого ИДК i соответствующей компетенции. Если количество ИДК в компетенции равно N , то по умолчанию вес может быть рассчитан как $V_i = 1/N$. Но методисты могут и самостоятельно задавать этот параметр, если считают, что ИДК неравнозначны.

В этом исследовании предлагается шкала для оценки каждого ИДК, состоящая из следующих значений:

Количественные показатели	Диапазон масштабирования	Уровни принятия решений	Периодичность фиксации показателя
Общее количество обучающихся	вуз	Административный	по запросу
	направление	Управление контингентом	по запросу
	профиль (группа)	Учебно-методический	по запросу
Набор студентов	вуз	Административный	1 раз в год
	направление	Управление контингентом	1 раз в год
	профиль (группа)	Учебно-методический	1 раз в год
Количество студентов по курсам	вуз	Административный	по запросу
	направление	Управление контингентом	по запросу
	профиль (группа)	Учебно-методический	по запросу
Перевод с курса на курс (количество переведенных студентов)	вуз	Административный	2 раза в год
	направление	Управление контингентом	2 раза в год
	профиль (группа)	Учебно-методический	2 раза в год
Количество отчисленных студентов по инициативе образовательной организации (неуспеваемость)	вуз	Административный	2 раза в год
	направление	Управление контингентом	2 раза в год
	профиль (группа)	Учебно-методический	2 раза в год
Количество отчисленных студентов по собственному желанию	вуз	Административный	по запросу
	направление	Управление контингентом	по запросу
	профиль (группа)	Учебно-методический	по запросу
Общее количество преподавателей	вуз	Административный	1 раз в год
	направление	Управление контингентом	1 раз в год
	профиль (группа)	Учебно-методический	1 раз в год
Общее количество преподавателей штатных	вуз	Административный	1 раз в год
	направление	Управление контингентом	1 раз в год
	профиль (группа)	Учебно-методический	1 раз в год
Общее количество преподавателей внешних совместителей	вуз	Административный	1 раз в год
	направление	Управление контингентом	1 раз в год
	профиль (группа)	Учебно-методический	1 раз в год
Количество выпускников	вуз	Административный	по запросу
	направление	Управление контингентом	по запросу
	профиль (группа)	Учебно-методический	по запросу
Количество образовательных программ, по которым осуществляет свою деятельность образовательная организация	вуз	Административный	1 раз в год
	институт (деканат)	Управление контингентом	1 раз в год
	кафедра	Учебно-методический	1 раз в год

Рис. 2. Масштабирование и периодичность фиксации количественных показателей в зависимости от уровня принятия решения

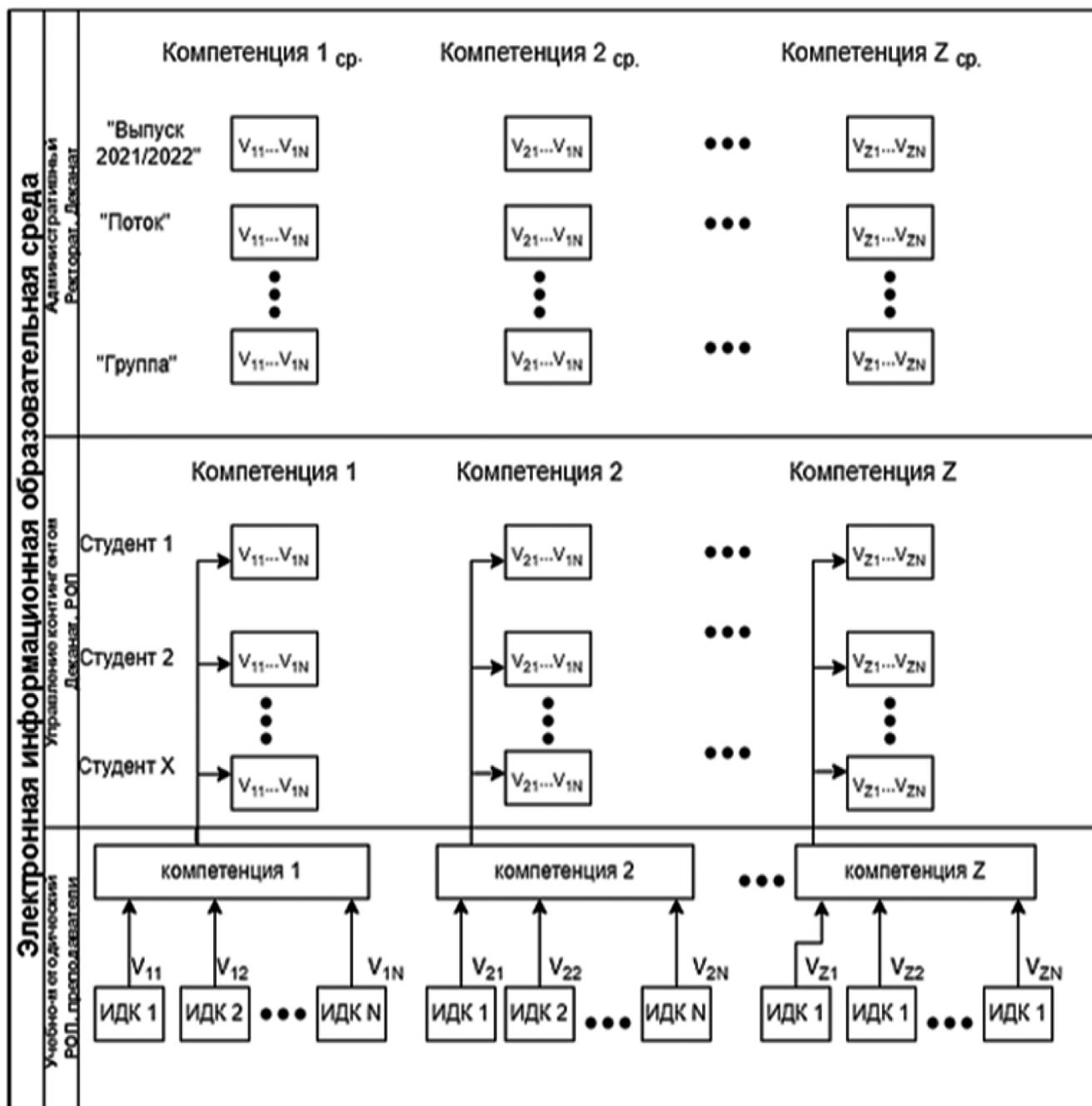


Рис. 3. Схема реализации построения компетентностной модели обучающегося в ЭИОС

«0 — не сформирован», «0,5 — низкий», «0,75 — средний» и «1 — высокий». Кроме того, можно оценить IDC, используя интервальные оценки, в зависимости от того, как эти механизмы реализованы в LMS. Компетенция будет считаться сформированной, когда все связанные с ней показатели будут достигнуты на определенном этапе обучения. В этой шкале самое высокое значение, указывающее на сформированность компетентности, равно 1.

В нижней части рисунка приведена диаграмма, иллюстрирующая «включение» показателей для набора Z

компетенций, относящихся к соответствующей образовательной программе.

Интеграция модели компетенций в систему университетского учета дает ряд преимуществ по сравнению с простой регистрацией оценок:

1. Компетенции можно развивать по нескольким дисциплинам, используя оценки разных преподавателей.
2. Компетенции эффективно выявляют конкретные способности и личные качества, которые представляют ценность для работодателей, позволяя

отслеживать развитие студентов на протяжении всего периода их обучения.

3. Набор компетенций может быть расширен за счет признания достижений учащихся во внеклассной деятельности, интеграции их в соответствующие ИДК.

Концепция менеджмента в высшем образовании делает упор на ориентированный на результат подход, уделяя особое внимание организационному поведению на различных уровнях и мотивации руководителей, персонала и студентов. Внедрение комплексной системы оценки компетентности студентов в университете ETIOS повышает прозрачность управления и принятия реше-

ний. По мере роста ИТ-индустрии образовательные учреждения сталкиваются с трудностями в развитии необходимых компетенций. Предлагаемый подход позволяет руководству оценивать качество обучения в области ИТ и предоставляет инструменты для корректировки образовательных траекторий студентов.

Таким образом, университеты получают реальную возможность контролировать как количество, так и качество подготовки ИТ-специалистов, что позволяет им представлять работодателям объективное портфолио студентов и выпускников, отражающее компетенции, приобретенные ими на протяжении всего академического пути.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов С.Г., Егорова О.В. Теоретические основы управления организационными системами // Научно-практический журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики». — 2024. — №8. С. 50–56.
2. Kunts E. Multiparameter Optimization Model for Designing Competence Achievement Indicators / E. Kunts // 17th International Asian School-Seminar. — 2021. — P. 49–54.
3. Il'ina T. Neoclassical Approach to Objectivization of Competency Assessment / T. Il'ina, V. Kanev, A. Polietaikin // International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences, SIBIRCON. — 2017. — P. 72–76.
4. Вольпян Н. Модели компетенций. Международный опыт в ИТ-сфере // Рождение разума. — Москва: ЛЕНАНД, 2013.
5. Ильин Д.Ю. Информационно-аналитический сервис формирования актуальных профессиональных компетенций на основе патентного анализа технологий и выделения профессиональных навыков в вакансиях работодателей / Д.Ю. Ильин, Е.В. Никульчев, Г.Г. Бубнов, Е.О. Матешук // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. — 2017. — № 2 (38). — С. 71–88.
6. Казакова Е.И. Оценка универсальных компетенций студентов при освоении образовательных программ / Е.И. Казакова, И.Ю. Тарханова // Ярославский педагогический вестник. — 2018. — № 5. — С. 127–135.
7. Кулешова Н.В. Методика разработки индикаторов достижения профессиональных компетенций и построения дескрипторной модели компетенций / Н.В. Кулешова, А.Н. Полетайкин // Качество высшего и среднего профессионального образования в условиях перехода на ФГОС нового поколения: материалы LX науч.-метод. конф. — Новосибирск: СибГУТИ, 2019. — С. 112–118.
8. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами / Д.А. Новиков. — 3-е изд. — Москва: Физматлит, 2012. — 604 с.
9. Патент на промышленный образец RU 120352. Схема организации цифрового фонда оценочных средств основной профессиональной образовательной программы / А.Н. Полетайкин, Н.В. Кулешова, Е.Ю. Кунц, В.В. Подколзин; заяв. и правообл. ФГБОУ ВО «Кубанский гос. ун-т». — 2020. — Бюл. № 7.
10. Полетайкин А.Н. Нечеткая дескрипторная модель оценивания выраженности индикаторов достижения компетенций / А.Н. Полетайкин, В.В. Подколзин, Н.В. Кулешова, Е.Ю. Кунц // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. — 2019. — № 3 (47). — С. 55–69. — DOI: 10.21672/2074-1707.2019.47.3.055-069.
11. Свид. о гос. регистрации программы для ЭВМ 2019664222 РФ. Программа для построения оптимального набора индикаторов достижения компетенции / А.Н. Полетайкин, Е.Ю. Кунц; заяв. и правообл. ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет». — Бюл. № 11; зарегистр. 01.11.2019.

© Аксенов Сергей Геннадьевич (beregilya@mail.ru); Гайфуллин Ильдар Рустемович (pavel112w@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИННОВАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ В СЛОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУРАХ

AN INNOVATIVE MANAGEMENT SYSTEM IN COMPLEX ORGANIZATIONAL STRUCTURES

**S. Aksenov
S. Semenov**

Summary. The article examines the evolution of information management in the context of the increasing complexity of organizational systems and the rapid development of information technology. It discusses how the growing amount of information needed for decision-making is outpacing human capabilities, which leads to problems in effective management. It is emphasized that the integration of digital technologies, including automated control systems and multimedia tools, is important for improving the efficiency of the organization. In addition, the paper notes that modern quality management systems are aimed at minimizing human involvement to reduce the number of errors, which highlights the broader trend towards automation.

Keywords: management in organizational systems, technology development, quality management systems, digital technologies.

В середине двадцатого века объем информации, необходимой для принятия решений на всех уровнях управления, значительно возрос. Появление компьютеров позволило проводить формальные вычисления, что потребовало разработки новых аналитических технологий. Однако развитие информационных технологий также выявило проблемы в их применении в управленческих структурах и взаимодействии с персоналом.

Современные информационные технологии глубоко интегрированы в повседневную жизнь, что делает невозможным рассматривать их как чисто технологические. Такая интеграция подчеркивает необходимость анализа технологических данных в контексте изменений в обществе и оценки существенного влияния информационной индустрии на процессы управления.

Многие исследователи утверждают, что цифровые технологии, электронная микроинженерия и новые коммуникационные технологии имеют основополагающее значение для развития современного общества. Следуя взглядам Н. Винера и М. Кастеллса, достижения в области биологических наук и медицины, такие как молекулярная биология, генетика и биомедицина, также должны быть включены в число ключевых факторов.

Аксенов Сергей Геннадьевич

Доктор экономических наук, профессор,
ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий
beregpiya@mail.ru

Семёнов Сергей Иванович

магистрант,
ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий
pavel1112w@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается эволюция управления информацией в контексте возрастающей сложности организационных систем и стремительного развития информационных технологий. В ней обсуждается, как растущий объем информации, необходимой для принятия решений, опережает возможности человека, что приводит к проблемам в эффективном управлении. Подчеркивается, что интеграция цифровых технологий, включая автоматизированные системы управления и мультимедийные средства, имеет важное значение для повышения эффективности организации. Кроме того, в работе отмечается, что современные системы менеджмента качества направлены на сведение к минимуму участия человека для уменьшения количества ошибок, что подчеркивает более широкую тенденцию к автоматизации.

Ключевые слова: управление в организационных системах, развитие технологий, системы управления качеством, цифровые технологии.

Вместе эти области в значительной степени формируют современный ландшафт информационных технологий.

Философский вопрос «человек–машина» становится все более практичным, требуя современных технологических решений, учитывающих способности человека воспринимать и представлять информацию. Однако переход к виртуальным коммуникациям привел к возникновению проблем, связанных с представлением информации, включая взаимодействие между органами чувств человека и машинными данными, а также психологические и этические проблемы.

Глобализация, вызванная стремительным развитием информационных технологий, все больше усложняет процесс принятия управленческих решений. Из-за огромного объема информации стало практически невозможно быстро принимать обоснованные решения традиционными методами.

Важно отметить, что современные организационные системы становятся все более сложными и часто проявляют неочевидную реакцию на вводимые данные. В этом контексте своевременная оценка результатов принятия решений является сложной задачей из-за множества быстро меняющихся параметров, характеризующих по-

ведение этих сложных систем, что затрудняет четкое представление результатов любого конкретного воздействия.

Развитие информационных технологий привело к появлению новых информационных систем и дистанционной работы, чему способствуют сервисы Интернета и Интранета. Были созданы виртуальные организации, которые успешно функционируют без физического пространства, а их деятельность организована, производится и управляется исключительно в виртуальной среде.

Анализ современной структуры управления сложными организациями показывает, что лицо, принимающее решения, часто является наименее надежным элементом. Прогресс в области информационных технологий превзошел возможности человека по обработке и анализу информации. Например, человек может читать со скоростью около 50–70 слов в секунду — примерно по одной странице каждые две минуты, — в то время как современные средства связи могут передавать данные со скоростью около 1 Гбит/с, что соответствует примерно миллиону страниц в секунду. Кроме того, люди могут воспринимать информацию только в четырех измерениях, и их способность обрабатывать информацию существенно зависит от их физического и эмоционального состояния.

Использование различных схем коллективного принятия решений не решает проблему, поскольку они не обеспечивают скорость и последовательность, необходимые для эффективного принятия решений в сложных ситуациях.

Сложность принятия рациональных решений в условиях растущего потока информации стала очевидна в начале 1960-х годов, когда на предприятиях появились первые автоматизированные системы управления (АСУ).

Внедрение первых автоматизированных систем управления показало, что их использование без кардинального изменения структуры управления может быть неэффективным или даже вредным. Внедрение автоматизированной системы управления должно включать разработку специализированной технологии управления, в рамках которой система будет выполнять такие ключевые задачи, как обработка, хранение и распространение информации. Опыт в этой области помог установить основные требования к управлению информацией в автоматизированных системах, уделяя особое внимание техническим характеристикам и программно-обеспечению компьютерных систем.

Современная информационная поддержка систем организационного управления включает в себя управление документооборотом, средства коммуникации, базы данных, банки данных и мультимедийные ресурсы.

Современные коммуникационные системы обеспечивают корпоративную мобильность, облегчая удаленную работу с помощью мобильных технологий, позволяя руководителям оставаться вовлеченными в производственный процесс за пределами офиса. Интернет подталкивает организации к глобальному информационному пространству и удовлетворяет их потребности в общении с помощью различных сервисов.

Внедрение систем электронного документооборота сталкивается с организационными, технологическими и психологическими проблемами, которые сводят на нет преимущества этой технологии.

Сегодня в организационных системах, дистанционном обучении и средствах массовой информации используются многочисленные информационные технологии, часто включающие мультимедиа. Такие технологии, как ERP и особенно CRM, интегрируют мультимедиа для облегчения эффективного взаимодействия с пользователями.

Современные мультимедийные инструменты имеют решающее значение для принятия управленческих решений в организационных системах. Они расширяют информацию о документах с помощью гипертекста в электронном управлении, а также аудио— и видеопрезентаций и ароматических технологий.

Физические мультимедийные инструменты представляют информацию с помощью традиционных технологий, которые развиваются главным образом за счет увеличения размерности представленных данных. Например, 3D-принтеры в настоящее время широко доступны, а инженеры и дизайнеры могут приобрести компактные модели. Эти устройства позволяют создавать модели машин, прототипы и даже слепки зубов с использованием гипса и клея.

Сегодня мультимедиа необходимы для восприятия информации, но эффективное представление также требует специальных технических средств. Эта проблема возникла с развитием крупных банков данных, которым потребовались специализированные языковые средства для оптимального представления запросов, поскольку психофизические ограничения человека препятствуют рациональному представлению информации. Это привело к созданию метаданных — лингвистических инструментов, которые служат мультимедийными ресурсами для технических информационных систем.

Мультимедийные инструменты в виртуальном мире представляют информацию в нефизическом пространстве, позволяя человеку в полной мере воспринимать ее и взаимодействовать с ней. Инструменты, использующие 3D-технологии, создают виртуальные объекты, ко-

торые обеспечивают взаимодействие с пользователем. В этом контексте интерактивное общение происходит в виртуальной среде, что делает пользователя неотъемлемой частью этого пространства, где его действия носят виртуальный характер.

Мультимедийные технологии в виртуальных пространствах также включают в себя быстро развивающиеся «облачные» технологии, которые создают виртуальные вычислительные структуры. Психоинформационные технологии могут влиять на психику при минимальном контроле пользователя, создавая значительные риски для отдельных лиц и общества. Поэтому эти технологии требуют постоянного мониторинга и регулирования в целях обеспечения безопасности.

Современные мультимедийные технологии иногда превосходят возможности человека по восприятию информации. Например, огромный объем радио— и телепередач может лишить человека возможности делать своевременный и осознанный выбор. Кроме того, многоконные дисплеи позволяют одновременно отображать различную информацию, в то время как гипертекст обеспечивает более быстрый и точный доступ к ресурсам, чем это может сделать человек в одиночку.

В последнее время появились юридически признанные виртуальные организации, которые превращаются из реальных сотрудников в обезличенных участников бизнес-процессов. Такая виртуальная структура значительно повышает их эффективность.

Информационное пространство современных людей представляет собой смесь виртуальных и естественных источников, сформированных на основе виртуальных представлений, которые часто расходятся с реальностью. В результате люди приобретают меньше опыта реальной жизни и все чаще перенимают идеи под влиянием виртуальной реальности, становясь частью виртуальной структуры, а не активными субъектами управления.

В соответствии с современными тенденциями, современные менеджеры все чаще погружаются в вымышленный, виртуальный мир. Сокращение прямых взаимодействий в сочетании с ростом виртуальных коммуникаций создает искаженное восприятие реальности, что в итоге снижает их способность принимать обоснованные решения в конкретных ситуациях.

Ключевая цель современных систем менеджмента качества (ISO 9000) и аналогичных стандартов — свести к минимуму участие человека в технологическом процессе, поскольку люди часто являются наименее надежным элементом. Эти системы разработаны таким образом, чтобы исключить субъективные факторы, эф-

фективно снижая влияние человеческих ошибок на технологический процесс.

Программа информатизации Российской Федерации «Информационное общество», принятая в 2010 году, направлена на развитие автоматизированных систем управления. Ключевым аспектом этой программы является создание электронного правительства, направленного на мониторинг и снижение негативного влияния должностных лиц на государственное управление.

Важно понимать, что лица, принимающие решения, могут стать объектами направленного информационного воздействия, поскольку технологии в этой области активно развиваются. Эта уязвимость вызывает опасения в отношении информационной безопасности.

Кризис в управлении крупными организационными системами очевиден: несмотря на доступность современных технологий сбора, хранения, обработки, представления и передачи информации, отдельные сотрудники часто испытывают трудности с эффективным использованием этих инструментов. Тем не менее, без современных информационных технологий менеджеры не могут принимать рациональные управленческие решения.

Современные менеджеры сталкиваются с информационной перегрузкой и должны постоянно обновлять свои знания, поскольку информация устаревает в течение 2–3 лет. Стремительное развитие информационных технологий требует переоценки всего процесса управления.

Актуальной задачей на сегодняшний день является создание новой парадигмы управления, основанной на информационном подходе, с использованием новых технологий, основанных на ситуационных моделях и сценарном планировании. Эта парадигма, называемая информационным управлением, переносит принятие решений и значительную часть рабочей нагрузки с отдельных лиц на передовые информационные системы.

Изменение парадигмы управления — это постепенный процесс, который включает в себя изменение отдельных элементов системы управления с помощью информационных технологий. Однако быстрые темпы глобального развития требуют не только признания этих изменений, но и их активной поддержки и продвижения. Без этих усилий технологии управления могут все больше отставать от реальных процессов в сложных организациях.

В новой парадигме менеджеры должны использовать информацию, полученную из нескольких систем, для подготовки и принятия решений. Они должны по-

нимать, как генерируются эти результаты и как их применять; без этих знаний рациональные управленческие решения невозможны. На данном этапе важно полагаться на технологии управления информацией. Ключевые методы включают MRP (Планирование потребностей в материалах), ERP (Планирование ресурсов предприятия), CSRP (Синхронизированное с клиентами планирование ресурсов) и CRM (Управление взаимоотношениями с клиентами). Эти системы основаны на достижениях различных информационных технологий управления, таких как экспертные системы, базы данных и системы поддержки принятия решений.

В соответствии с этим подходом организации должны эффективно использовать внедренные информационные технологии. Следовательно, персонал становится неотъемлемым компонентом структуры управления, что имеет важное значение для максимизации организационной эффективности.

Переход на новые принципы управления является сложной задачей из-за стереотипов, социальных проблем и высокой стоимости информационных технологий. Однако без внедрения новых информационных технологий сотрудникам трудно воспринимать и обрабатывать информационные потоки, что снижает их способность принимать рациональные управленческие решения и повышать эффективность организации в современных условиях.

Следующий этап в развитии информационных технологий управления направлен на разработку полностью автоматизированных интегрированных систем управления. Эти системы будут не только отслеживать и поддерживать информацию для процессов управления, но и облегчать выбор и реализацию оптимальных решений (первоначально под контролем человека). В настоящее время такие системы широко используются в управлении воздушными судами в сложных условиях, беспилотных летательных аппаратах, автоматизированных

системах наведения, автоматизированном управлении поездами, системах поддержки принятия экспертных решений и интеллектуальных автоответчиках.

Сегодня информационные технологии разрабатываются на основе анализа действий человека в конкретных ситуациях. Однако, поскольку внедрение этих технологий является трудоемким процессом, они часто отстают от появляющихся идей и требований. Это требует нового подхода к созданию автоматизированных информационных систем, ориентированного на потребности системы в преобразовании и саморазвитии, первоначально с минимальным участием человека, а в итоге и без него.

В будущем достижения в области виртуальных коммуникаций приведут к созданию технобиологических систем, которые объединят биологические объекты (людей и, возможно, животных) с различными техническими системами. Развитие информационных технологий неизбежно приведет к трансформации человеческого тела и сознания. Развитие генной инженерии и других передовых технологий может коренным образом изменить физическую форму человека, что потенциально приведет к появлению постчеловеческих существ.

Таким образом, кризис в управлении сложными организационными системами связан с проблемами, связанными с современным состоянием информационных технологий и ограниченной способностью отдельных лиц использовать эти достижения. По мере развития информационных технологий система управления должна претерпевать фундаментальные изменения, чтобы организация могла эффективно функционировать. В этом контексте интегрированные автоматизированные системы управления заменяют традиционных менеджеров, а отдельные лица становятся компонентами системы, ответственными за постановку задач, мониторинг и достижение результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов С.Г., Егорова О.В. Теоретические основы управления организационными системами // Научно-практический журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики». — 2024. — №8. С. 50–56.
2. Муромцев В.В., Муромцева А.В. Социализация личности в условиях современных виртуальных коммуникаций // Философские науки. 2012. № 9. Muromtsev V.V., Muromtseva A.V. Socialization of the personality in the conditions of modern virtual communications // Philosophical sciences. 2012. № 9.
3. Информационный менеджмент // Н.И. Архипова, В.В. Кульба, С.А. Косяченко, А.Б. Шелков. М.: Экономика, 2013. Information management // N.I. Arkhipova, V.V. Kulba, S.A. Kosyachenko. M.: Economica, 2013.
4. Философия управления: проблемы и стратегии / Ин-т философии РАН; отв. ред В.М. Розин. М.: ИФРАН, 2010. Philosophy management: problem and strategy / Inst-t of philosophy, RAN; отв. red V.M. Rozin. M.: IFRAN, 2010.
5. Информационное обеспечение систем организационного управления (теоретические основы): в 3 ч. Ч. 1. Методические основы организационного управления / Под ред. Е.А. Микрина, В.В. Кульбы. М.: Изд.-во физико-математической литературы, 2011. Information support of systems of organizational management (theoretical bases): in 3 p. Part 1. Methodical bases of organizational management / under the ed. of E.A. Mikrin, V. V. Kulba. M.: PH of physical and mathematical literature, 2011.
6. Муромцев В.В., Муромцева А.В. Коммуникации в современных организационных системах // Вестник РГГУ. Сер. «Управление». 2011. № 4. Muromtsev V.V., Muromtseva A.V. Communications in modern organizational Systems // RGGU Bulletin. Ser. «Management». 2011. № 4.

7. Михайлюк М.В. Видео тренажёры для космических роботов и манипуляторов // Проблемы управления безопасностью сложных систем. Труды XVIII Международной конференции. Москва, 2011 / под ред. Н.И. Архиповой, В.В. Кульбы. М.: РГГУ, 2011. Mikhaylyuk M.V. Videotrenazhery for space robots and manipulators // Problems of management of safety of difficult systems. Works XVIII of the International conference. Moscow, 2011 / under the ed. of N.I. Arkhipova, V.V. Kulby. M.: RGGU, 2011.
8. Муромцев В.В. Использование информационных психотехнологий в дистанционном обучении // Проблемы управления безопасностью сложных систем: Труды XVIII международной конференции. Москва, 2010 / Под ред. Н.И. Архиповой, В.В. Кульбы. М.: РГГУ, 2010. Muromtsev V.V. Use of information psychotechnologies in distance learning // Problems of management of safety of difficult systems: Works XVIII of the international conference. Moscow, 2010 / under the ed. of N.I. Arkhipova, V.V. Kulba. M.: RGGU, 2010.
9. Информационное управление в условиях активного противоборства: модели и методы / В.Л. Шульц, В.В. Кульба, А.Б. Шелков и др.; Центр исследования проблем безопасности РАН; Ин-т проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН. М.: Наука, 2011. Information management in the conditions of an active antagonism: models and methods / Century L. Schultz, V.V. Kulba, A.B. Shelkov, etc.; Center of research of problems of safety of the Russian Academy of Sciences; Inst-t of management problems of V.A. Trapeznikov of the RAN. M.: Nauka, 2011.
10. Хунагов Р.Д. Личность и цивилизация в мире аутентичности и идентичности. Ростов-н/Д: Антей, 2012. Hunagov R.D. The Personality and a civilization in the authenticity and identity world. Rostov— n / Д: Antey, 2012.
11. Поликарпов В.С., Поликарпова В.А., Поликарпова Е.В. Этика высокотехнологического общества. Таганрог, 2010. С. 54. Polikarpov V.S., Polikarpova V.A. Polikarpova E.V. Etika of high-tech society. Taganrog, 2010. P. 54.

© Аксенов Сергей Геннадьевич (beregpyla@mail.ru); Семёнов Сергей Иванович (pavel1112w@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ФОРМИРОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМФОРТНОГО МИКРОКЛИМАТА В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

FORMATION OF A METHODOLOGY FOR ENSURING A COMFORTABLE MICROCLIMATE IN RESIDENTIAL PREMISES

*Al-Dumaini Omar Ahmed Hazaea Shaif
M. Gordeev-Burgwitz*

Summary. The article presents current aspects of solving problems and developing a methodology for ensuring a comfortable microclimate in residential premises. This study is devoted to studying the parametric characteristics of the microclimate in the environment of residential buildings using the methods of modeling an experimental network that ensures resource efficiency and energy saving in the living space. The article contains characteristics of modeling microclimate modes in residential premises. The solution of the above aspects requires the development of two issues in the context of the study: a methodological approach to modeling microclimate modes in residential premises; practical implementation of a methodological approach to modeling microclimate modes in residential premises using the technical solution DKN-1.

Keywords: methodology, microclimate, living quarters, comfortable microclimate, microclimate modes, practical implementation, resource efficiency, energy saving, technical solution.

Аль-Думайни Омар Ахмед Хазаеа Шаиф
аспирант, Московский государственный
строительный университет, г. Москва
aomar3909@gmail.com

Гордеев-Бургвиц Михаил Алексеевич
изобретатель СССР, доктор-инженер ФРГ
dr.gordeev@mail.ru

Аннотация. В статье представлены актуальные аспекты решения задач и проработки методологии обеспечения комфортного микроклимата в жилых помещениях. Данное исследование посвящено изучению параметрических характеристик микроклимата в среде жилых зданий посредством методов моделирования экспериментальной сети, обеспечивающей ресурсоэффективность и энергосбережение в жилом пространстве. Статья содержит характеристики моделирования режимов микроклимата в жилых помещениях. Решение приведенных аспектов требует проработки двух вопросов в контексте исследования: методический подход к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях; практическое осуществление методического подхода к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях с применением технического решения ДКН-1.

Ключевые слова: методология, микроклимат, жилые помещения, комфортный микроклимат, режимы микроклимата, практическое осуществление, ресурсоэффективность, энергосбережение, техническое решение.

Введение

Оптимальное обеспечение различных режимов микроклимата в среде жилого здания взаимосвязано с существенными издержками энергетического и топливного снабжения. Поднимаемая проблема крайне актуальна в настоящее время, поскольку удельный объём теплопотерь в определенной степени превышает нормативы жилищного строительства [1], [4], [5], [10].

Анализ объёма тепловых потерь в жилом пространстве [3] показывает, что, как правило, имеется несоответствие фактических параметрических характеристик в среде жилых помещений со значениями, которые были запланированы ранее.

Причины существующего несоответствия определяются отклонениями, возникшими при реализации строительных работ, по отношению к плану инвестиционно-строительного проекта жилого здания, коррекции

ей параметрических характеристик в ходе фактической эксплуатации жилых помещений. Помимо этого, необходимо заметить, что законодательные регламенты проектирования жилых помещений, их инженерно-технического обеспечения в общих чертах характеризуют комфортный микроклимат. При этом не учитываются специфические особенности территориальных единиц и других строительных условий возведения жилья [7].

Приведенные аспекты подразумевают разработку нового методического подхода к моделированию режимов микроклимата в среде жилого здания, проектированию инженерно-технического обеспечения. Ключевая особенность нового методического подхода заключается в реализации изменений инвестиционно-строительных решений в связи с полученными результатами обследования показателей микроклимата и параметрических характеристик возведенной конструкции.

Достижение энергосбережения и ресурсоэффективности в жилищном строительстве затруднено по при-

чине того, что нет лёгких алгоритмов вычисления тепло-снабженческих процессов в жилых помещениях [2], [3], [8]. Расширение нормативных требований к обеспечению показателей микроклимата в среде жилого здания обуславливает потребность в исследовании теплофизических свойств, изменения теплообмена. В данном случае это способствует нормативному обеспечению значений микроклимата в среде жилого здания.

Цель данного исследования — представить результат практического осуществления методического подхода к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях с применением технического решения ДКН-1.

Задачи исследования:

1. Представить методический подход к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях.
2. Отразить практическое осуществление методического подхода к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях с применением технического решения ДКН-1.

Материалы и методы

Для формирования методического подхода к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях авторами статьи был осуществлен анализ теоретических и эмпирических источников академической литературы, аналитических документов, отражающих вопросы работы интеллектуальных систем, технологий искусственного интеллекта, различных технических решений в жилых помещениях.

Помимо вышеуказанных методов, авторами статьи для практического осуществления методического подхода к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях с применением технического решения ДКН-1 использовались метод индукции, дедукции, анализа статистических временных рядов, пассивного и активного эксперимента, многофакторного анализа, моделирования процессов, алгоритмизации, обработки количественных показателей с помощью прикладного обеспечения с использованием теории вероятностей, математического и статистического анализа, интеллектуального анализа информации, метода Монте-Карло, метода наименьших квадратов (МНК), планирования экспериментальной работы.

Методический подход к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях

На базе методов пассивного и активного эксперимента авторами был сформирован методический подход к моделированию режимов микроклимата в среде жилого здания. Стадии методического подхода, следующие:

1. Постановка задачи оптимизации режимов микроклимата.
2. Определение плана комбинированного эксперимента.
3. Практическое осуществление плана комбинированного эксперимента.
4. Обработка собранных экспериментальных данных и количественных показателей.
5. Интерпретация итогов научного исследования.

Ключевая задача методического подхода к моделированию режимов микроклимата в среде жилого здания — выявление взаимосвязи между относительной влажностью воздуха, температурным режимом, подвижностью воздуха в жилом помещении и пространственными характеристиками среды жилого здания.

Основные параметры (показатели оптимизации) методического подхода: относительная влажность воздуха, температурный режим, подвижность воздуха в жилом помещении. Независимые характеристики проводимого исследования: ширина, длина, высота жилого помещения, время количественных расчётов.

Взаимосвязь между относительной влажностью воздуха, температурным режимом, подвижностью воздуха в жилом помещении как показателями оптимизации и пространственными характеристиками среды жилого здания обозначена в формуле (1):

$$y = \sum_{t=0}^4 b_t x_t + \sum_{1 \leq t \leq j \leq 4} b_{ij} x_t x_j + \sum_{t=1}^4 b_{tt} x_t^2 \quad (1)$$

где x_0 — фиктивная переменная.

Коэффициенты многофакторной модели примут следующий вид, исходя из выражений ниже:

$$b_{0k} = a_k, \text{ при } k = \overline{0,4} \quad (2)$$

$$b_{1j} = a_3 + j, \text{ при } j = \overline{2,4} \quad (3)$$

$$b_{2j} = a_5 + j, \text{ при } j = \overline{3,4} \quad (4)$$

$$b_{tt} = a_{10} + t, \text{ при } t = \overline{1,4} \quad (5)$$

Обозначенные в формулах (2)–(5) коэффициенты многофакторной модели рассчитываются с использованием МНК, что отражено в формуле (6):

$$A = M^{-1}(X^T Y) \quad (6)$$

Аспекты проведения экспериментальной работы зависят от планов проектных решений. Был выбран рототабельный план композиции жилого помещения и D-факторный план.

Для того чтобы сформировать ротатбельный план композиции жилого помещения, как правило, применяют трёхуровневую форму планирования. Однако была выбрана двухуровневая форма планирования, которую дополняет композиционный план, содержащий выделенные в пространстве точки (рисунок 1).

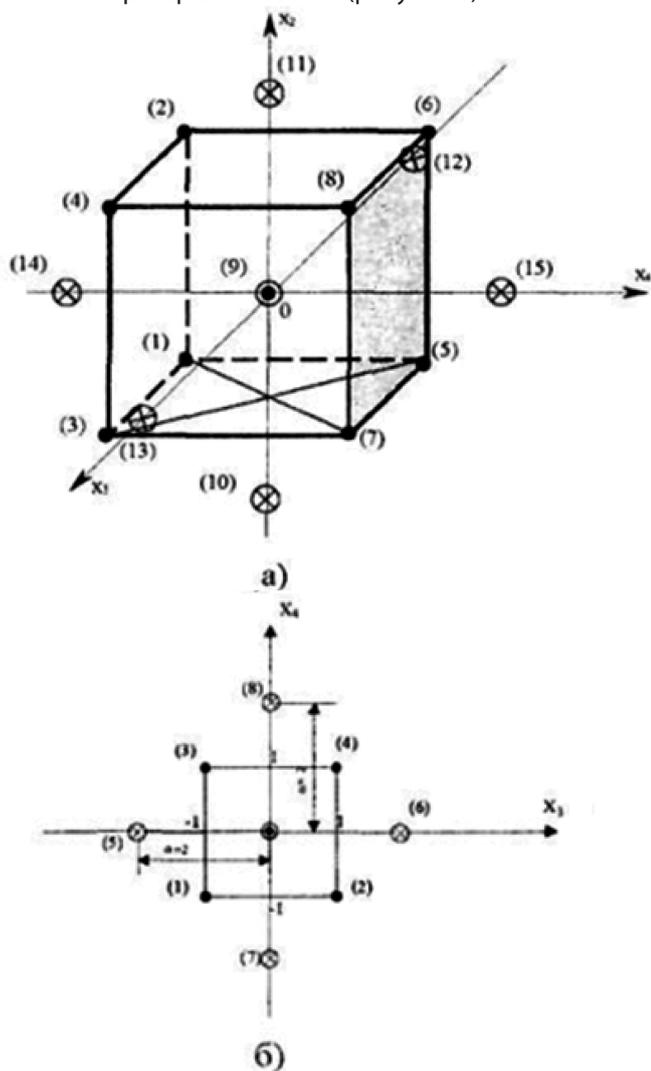


Рис. 1. Двухуровневая форма планирования, которую дополняет композиционный план, содержащий выделенные в пространстве точки

Примечание: а) — проекция жилого помещения в трёхмерном пространстве; б) проекция жилого помещения в кубической форме

D-факторный план, сформированный, исходя из принципов композиции жилого помещения Бокса, имеет свойство D-оптимальности среды (рисунок 2). В данном случае это способствует минимизации параметра дисперсии количественных измерений. Выбранная модель планирования симметрична по отношению к ядру плана, является гибридным типом полного факторного плана жилого помещения.

Для каждого из выбранных планов определялись:

- количество экспериментальных опытов;
- натуральные измерения жилого помещения;
- дисперсия;
- среднеквадратическое отклонение;
- коэффициент регрессии;
- доверительные интервалы.

В соответствии с авторским алгоритмом моделирования режимов микроклимата в жилых помещениях осуществлялись натуральные измерения жилого помещения, строилось для каждого параметра оптимизации регрессионное уравнение, которое характеризовало функциональную взаимосвязь конкретного параметра оптимизации с пространственными характеристиками жилой среды.

Данный методический подход к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях способствует выявлению спектра факторов (основных и второстепенных), воздействующих на создание комфортного микроклимата в среде жилого здания, на базе экспериментальной работы.

Практическое осуществление методического подхода к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях с применением технического решения ДКН-1

Методический подход к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях осуществлялся с применением технического решения ДКН-1 по алгоритму, созданному авторами статьи:

1. Диагностическое обследование жилого здания при применении инструментов математического и технического моделирования режимов микроклимата, а также в целях проведения натуральных измерений, выявления перечисленных ниже индикаторов:
 - климатических условий;
 - теплотехнических параметров строительной конструкции;
 - показателей микроклимата (относительной влажности воздуха, интенсивности его движения, уровня температуры);
 - ключевых индикаторов отопительных систем;
 - ключевых индикаторов вентиляционной системы, установленной в жилом здании.
2. Изменение индикаторов отопительной и вентиляционной системы, принимая во внимание климатические условия территориальной единицы.
3. Формирование технического решения.
4. Принятие созданного решения на базе комплекса мер, в частности, утепление пола, наружных стен, конкретных элементов среды жилого здания, практическое использование дополнительных нагревательных приборов.

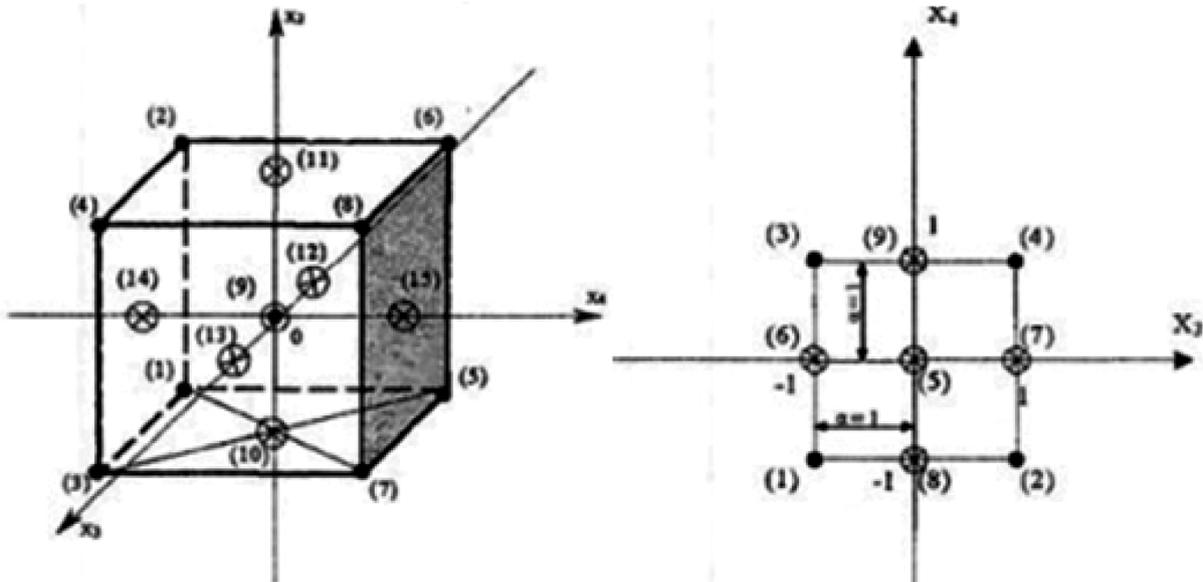


Рис. 2. D-факторный план, сформированный, исходя из принципов композиции жилого помещения Бокса

5. Реализация строительно-монтажных работ, необходимых для фактического изменения проектного плана.

Выбранное техническое решение для практического осуществления методического подхода к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях способствует:

1. Оперативному осуществлению натуральных измерений конкретного жилого помещения, систематическому регулированию индикаторов микроклимата среды жилого здания, обеспечению крайне высокой степени качества строительной конструкции с внешней стороны, устойчивой работе вентиляционной и отопительной системы в ходе их эксплуатации.
2. Грамотному изменению работы вентиляционной и отопительной систем в процессе их эксплуатации в среде жилого здания.
3. Созданию и апробации рекомендаций воздухопроницаемости и теплообеспечения строительной конструкции с внешней стороны, по дополнительному использованию строительных материалов, которые обеспечивают теплоизоляцию, в ходе ремонтного обслуживания жилых зданий (аварийного либо планового).
4. Реализации аудита энергопотребления в соответствии с планово-проектными решениями.
5. Определению соблюдения нормативов по ключевым энергетическим и теплотехническим индикаторам.

Объект экспериментальной работы — многоквартирный жилой дом (всего 80 жилых квартир). Состав стены: кирпичная кладка (12 см), железобетон (16 см), пенополистерол (15 см). Эксперимент осуществлялся в двухкомнатной квартире, площадь — 64,6 квадратных метров.

Основные задачи экспериментальной работы с применением технического решения ДКН-1:

- диагностическое обследование микроклимата в среде жилого здания;
- натурные вычисления теплофизических свойств многослойной панели стены с учётом того, что при строительстве жилого здания применялся железобетон;
- оценка отопительной системы.

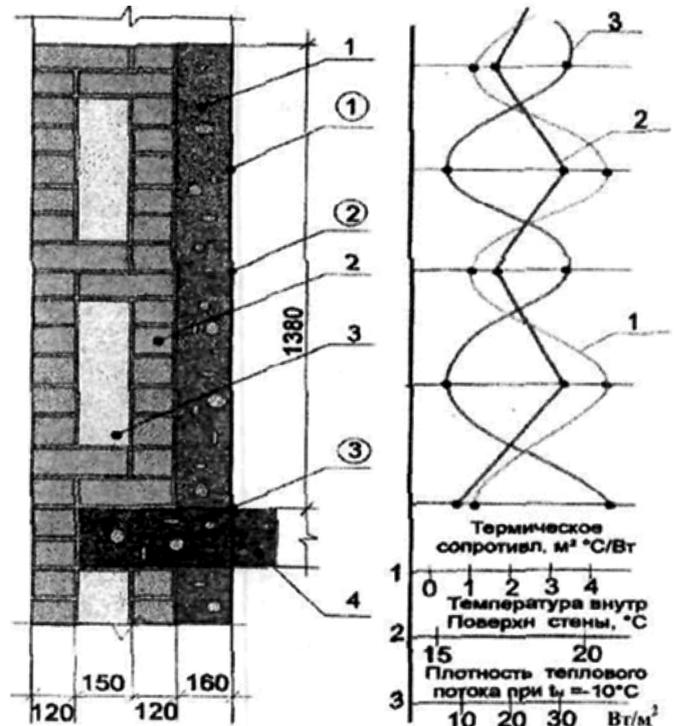


Рис. 3. Результаты инструментальных вычислений выбранного объекта экспериментальной работы

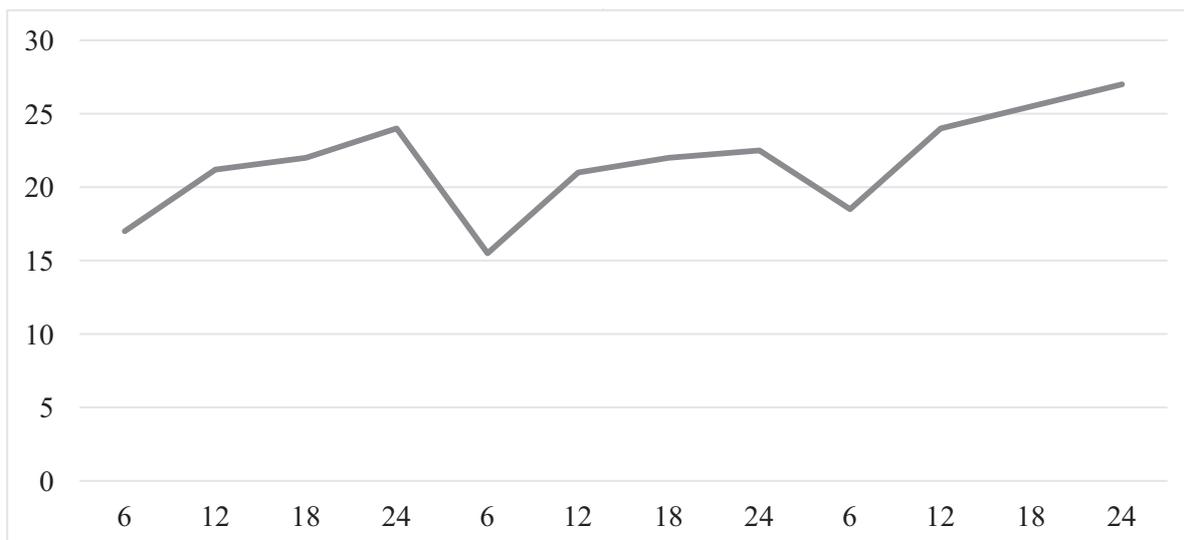


Рис. 4. Изменение температурного режима в жилом помещении при применении водяного отопления (измерение в течение трёх суток с фиксацией каждые 6 часов), градусов по Цельсию

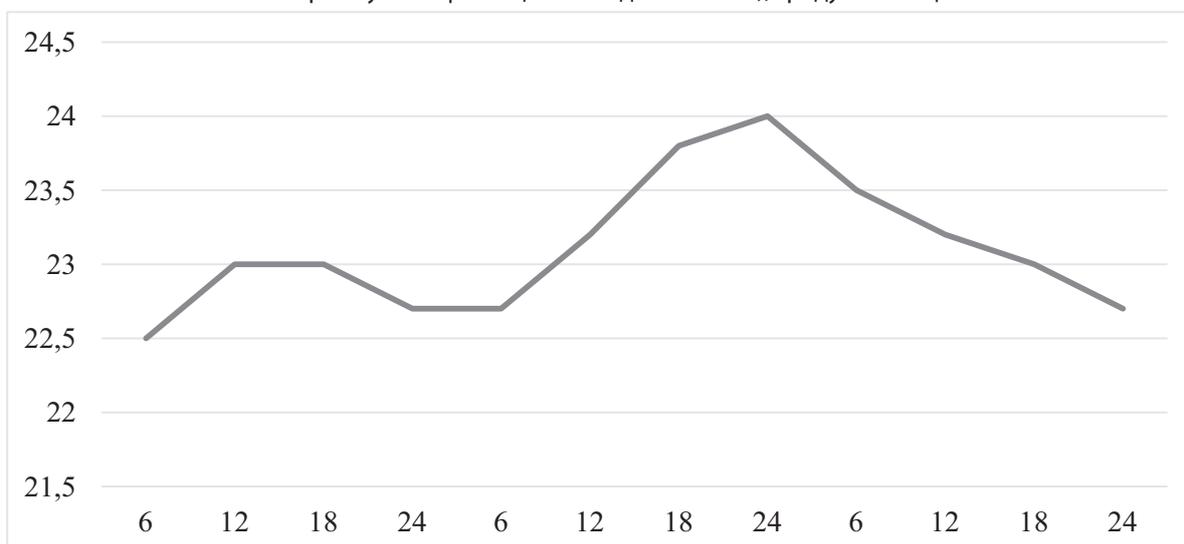


Рис. 5. Изменение температурного режима в жилом помещении при применении электроотопления (измерение в течение трёх суток с фиксацией каждые 6 часов), градусов по Цельсию

На рисунке 3 приведены результаты инструментальных вычислений выбранного объекта экспериментальной работы.

Во второй и третьей точках обследования многослойной стены жилого здания обнаружены минимальные уровни температуры, термического сопротивления, строительной конструкции. При этом объем тепловых потерь в значительной степени превышает уровень, достигнутый в первой точке обследования многослойной стены жилого здания. Отмечается дисбаланс температурного режима с внешней стороны и внутри жилого здания, существенный перепад температур в пространстве и на поверхности многослойной стены.

Вместе с тем было проведено сравнение изменений температурного режима в жилом помещении при при-

менении водяного и электрического отопления (рисунок 4, 5).

Сравнение показало, что при применении электроотопления управление микроклиматом осуществляется в автоматическом режиме, учитывая коррекцию индикаторов наружного воздуха. В данном случае по сравнению с водяным отоплением отсутствуют проблемы в контроле работы отопительной и вентиляционной системы.

Выводы

В исследовании был приведен методический подход к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях.

Данный методический подход к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях способствует выявлению спектра факторов (основных и второстепенных), воздействующих на создание комфортного микроклимата в среде жилого здания, на базе экспериментальной работы.

Отражены результаты практического осуществления методического подхода к моделированию режимов микроклимата в жилых помещениях с применением технического решения ДКН-1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрийчук В.Н. Повышение качества регулирования приточной вентиляционной системы // Научные технологии и оборудование в промышленности и строительстве. — 2022. — №. 71. — С. 90–97.
2. Бериккулы Т.Б. Принципы формирования архитектурных решений энергоэффективных жилых зданий в климатических условиях Республики Казахстан // Наука и образование сегодня. — 2023. — №. 3 (77). — С. 58–67.
3. Ералинова Г.М., Оразбаев Б.Б., Бражанова Д.К. Исследование и разработка системы автоматического регулирования и кондиционирования воздуха на основе FUZZY LOGIC // Вестник Ауэс. — 2023. — Т. 1. — №. 60. — С. 29–43.
4. Казанцев П.А., Лобачева М.А. Особенности формирования устойчивой архитектурной среды с использованием зеленых систем на основе фотобиореакторов // Урбанистика. — 2021. — №. 1. — С. 109–126.
5. Кальчев Д.Н., Завгородняя Л.В. Композиты на основе графита и карбоната кальция в энергосберегающих системах электрического отопления // Инновационная наука. — 2023. — №. 3–1. — С. 45–48.
6. Латкин А.П., Гришан А.А. Формирование территорий комфортной жизни как инструмент восстановления демографического потенциала российского Дальнего Востока // Азимут научных исследований: экономика и управление. — 2020. — Т. 9. — №. 3 (32). — С. 240–244.
7. Латкин А.П., Гришан А.А. К вопросу о реальности выполнения национального проекта формирования территорий комфортной жизни в Дальневосточном регионе // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. — 2021. — Т. 13. — №. 4. — С. 7–20.
8. Мозохин А.Е. Методика обеспечения комфортного состояния микроклимата умного дома с использованием ансамбля нечетких искусственных нейронных сетей // Информатика и автоматизация. — 2021. — Т. 20. — №. 6. — С. 1418–1447.
9. Самойлова Е.М., Хамитов Р.Т. Автоматизация системы управления вентиляцией на контроллере SIEMENS LOGO // Автоматизированные системы управления и информационные технологии. — 2021. — С. 401–405.
10. Фияшко К.С. Методика субъектно-ориентированного выбора варианта теплоснабжения индивидуальных жилых зданий // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. — 2020. — Т. 1. — С. 316–323.

© Аль-Думайни Омар Ахмед Хазаеа Шаиф (aomar3909@gmail.com); Гордеев-Бургивец Михаил Алексеевич (dr.gordeev@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРАКТИЧЕСКОЕ ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

PRACTICAL IMPLEMENTATION OF INTELLIGENT MICROCLIMATE CONTROL IN RESIDENTIAL PREMISES

*Al-Dumaini Omar Ahmed Hazaea Shaif
M. Gordeev-Burgwitz*

Summary. The article presents current aspects of solving problems and developing methods for the practical implementation of intelligent microclimate control in residential premises. This study is devoted to the principles of forming an intelligent control system that allows monitoring the microclimate in residential premises based on the preferences of citizens living in them and, accordingly, ensuring resource efficiency and energy saving in space. The article contains characteristics of an intelligent microclimate control system in residential premises. The solution of the above aspects requires the development of three issues in the context of the study: characteristics of the intelligent microclimate control system in residential premises; practical implementation of the element of logical inference and creation of information for intelligent microclimate control in residential premises; analysis of the practical implementation of intelligent microclimate control in residential premises.

Keywords: intelligent control system, microclimate, living quarters, element of logical inference and information creation, practical implementation, resource efficiency, energy saving.

Аль-Думайни Омар Ахмед Хазаеа Шаиф
аспирант, Московский государственный
строительный университет, г. Москва
aomar3909@gmail.com

Гордеев-Бургвиц Михаил Алексеевич
изобретатель СССР, доктор-инженер ФРГ
dr.gordeev@mail.ru

Аннотация. В статье представлены актуальные аспекты решения задач и проработки методов практического осуществления интеллектуального управления микроклиматом в жилых помещениях. Данное исследование посвящено принципам формирования системы интеллектуального управления, позволяющей контролировать микроклимат в жилых помещениях на базе предпочтений проживающих в них граждан и, соответственно, обеспечивать ресурсоэффективность и энергосбережение в пространстве. Статья содержит характеристики системы интеллектуального управления микроклиматом в жилых помещениях. Решение приведенных аспектов требует проработки трёх вопросов в контексте исследования: характеристика системы интеллектуального управления микроклиматом в жилых помещениях; практическое осуществление элемента логического вывода и создания информации для интеллектуального управления микроклиматом в жилых помещениях; анализ практического осуществления интеллектуального управления микроклиматом в жилых помещениях.

Ключевые слова: система интеллектуального управления, микроклимат, жилые помещения, элемент логического вывода и создания информации, практическое осуществление, ресурсоэффективность, энергосбережение.

Введение

Существующие в настоящее время системы управления микроклиматом в жилых помещениях не представляется возможным использовать без компонентов автоматизации процессов. Практическое применение таких элементов (блоков) способствует оптимизации функционирования специализированного оборудования, предназначенного для поддержания комфортного микроклимата, сокращению эксплуатационных затрат путём снижения потребления электроэнергии [2], [3].

Потребность в снижении потребления энергетических и материальных ресурсов определяется планомерно нарастающим трендом к увеличению цены на них, соответственно, нужно экономить эти виды ресурсов [1], [5]. В современных системах управления микроклиматом появляется необходимость в практическом применении энергосберегающих инновационных средств, осуществлении разных мер организационно-техниче-

ского характера. В контексте таких мер выделяется процессы, которые можно автоматически контролировать по показателю температуры в течение суток, одной недели, одного месяца, при периодах прерывистой подачи отопления в жилых помещениях [9].

Практическое применение специализированных энергосберегающих средств в жилых помещениях выступает основополагающим нормативом организации автоматизированного контроля параметров микроклимата. Это способствует обеспечению точного и приемлемого уровня регулирования влажности и температуры в жилых зданиях [7], [8].

В свою очередь, системы управления микроклиматом, устанавливаемые в жилых зданиях, предназначены для организации комфортного пребывания людей, учитывая приемлемое значение влажности и температуры воздуха.

Процесс поддержания и отлаживания работы автоматизированных комплексов для достижения ком-

форта в жилом помещении крайне простой, поскольку учитываются общечеловеческие параметрические характеристики [4]. Если в одном жилом помещении проживает несколько субъектов, то система управления микроклиматом должна базироваться на сложном алгоритме работы энергосберегающих и ресурсоэффективных средств.

Цель данного исследования — представить результат практического осуществления интеллектуального управления микроклиматом в жилых помещениях.

Задачи исследования:

1. Выявить характеристики системы интеллектуального управления микроклиматом в жилых помещениях.
2. Отразить практическое осуществление элемента логического вывода и создания информации для интеллектуального управления микроклиматом в жилых помещениях.
3. Проанализировать практическое осуществление интеллектуального управления микроклиматом в жилых помещениях.

Материалы и методы

Для выявления характеристик системы интеллектуального управления микроклиматом в жилых помещениях авторами статьи был осуществлен анализ теоретических и эмпирических источников академической литературы, аналитических документов, отражающих вопросы работы интеллектуальных систем и технологий искусственного интеллекта в жилых помещениях.

Помимо вышеуказанных методов, авторами статьи для практического осуществления элемента логического вывода и создания информации для интеллектуального управления микроклиматом в жилых помещениях использовались метод индукции, дедукции, анализа статистических временных рядов, моделирования процессов, алгоритмизации, обработки количественных показателей с прикладного обеспечения с использованием теории вероятностей, математического и статистическо-

го анализа, интеллектуального анализа информации, метода Монте-Карло.

Характеристика системы интеллектуального управления микроклиматом в жилых помещениях

В соответствии с имеющимися на сегодняшний день системами управления микроклиматом авторы определили несколько вариантов формирования алгоритма интеллектуального управления микроклиматом в жилых помещениях:

1. Анализ показателей микроклимата в жилом помещении и внешней среды. Результат анализа — выбор разработанного ранее алгоритма интеллектуального управления микроклиматом в жилых помещениях.
2. IT-сервис самостоятельно вычисляет разные схемы интеллектуального управления микроклиматом и осуществляет выбор наиболее оптимального алгоритма.

В целом, интеллектуальное управление микроклиматом (традиционная, наиболее распространённая система) проиллюстрировано на рисунке 1.

Экспертная система или элемент управления микроклиматом подразумевает самообучаемый компонент в течение реализации возложенных функций, другими словами, он пополняет либо изменяет информационную базу при коррекции внешних, либо внутренних факторов среды жилого здания, воздействию сезонности на параметры. Исполнительные устройства — вентиляторы, кондиционеры и радиаторы.

Целесообразно заметить, что ключевым условием устойчивой и правильной работы системы интеллектуального управления микроклиматом в жилых зданиях выступает существование исполнительных устройств, соответствующих современным требованиям охлаждения, обогрева и вентиляции внутренней среды помещения [1].

Основная слабая сторона традиционной системы интеллектуального управления микроклиматом — от-



Рис. 1. Схема работы традиционной системы интеллектуального управления микроклиматом (источник: составлено автором на основе [1–9])

Примечание: Т — показатель температуры; Р — давление в жилом помещении; φ — относительная влажность воздуха



Рис. 2. Авторская схема работы системы интеллектуального управления микроклиматом на основе совершенствования общей модели

Примечание: Т — показатель температуры; Р — давление в жилом помещении; φ — относительная влажность воздуха

существование автоматического отлаживания температурного режима в жилом помещении, который был бы комфортным для всех проживающих в нём граждан.

Исходя из этого, авторы предлагают изменить схему работы традиционной системы интеллектуального управления микроклиматом на основе совершенствования общей модели (рисунок 2).

Элемент выбора благоприятных условий микроклимата в среде жилого помещения подразумевает установку приемлемых уровней температуры и относительной влажности воздуха. Элемент идентификации осуществляет регистрацию и длительность пребывания человека в конкретном жилом помещении (рисунок 3).



Рис. 3. Авторская схема работы элемента идентификации системы интеллектуального управления микроклиматом

Функционирование экспертной системы интеллектуального управления микроклиматом определяется алгоритмом на рисунке 4.

При входе/выходе в среде жилого здания каждый человек регистрируется посредством RFID-карты, ин-

формация с которой считывается и отправляется в информационную базу. Данные сохраняются в базе блока управления микроклиматом.

Практическое осуществление элемента логического вывода и создания информации для интеллектуального управления микроклиматом в жилых помещениях

Элемент логического вывода и создания информации для интеллектуального управления микроклиматом в жилых помещениях смоделирован как нечёткая сеть, обладающая пятью слоями (рисунок 5).

Функциональное предназначение рассматриваемого элемента — управление краном батареи для контроля отопления и включением кондиционера для оптимальной вентиляции среды жилого помещения. Входные переменные модели:

1. Время года (присутствует ли необходимость отопления).
2. Время суток.
3. Текущая температура в жилом помещении.
4. Установленная температура субъектом.

Выход модели — лингвистическая переменная, создающая данные управленческих воздействий для технических устройств, выполняющих задания экспертной системы.

Описание слоев модели представлено ниже.

Слой 1, который определяет термы входных переменных: время года — 3 терма, время суток — 6 термов, текущая температура в жилом помещении — 5 термов, установленная температура субъектом — 5 термов. Выход — значения функции принадлежности. Для обозначенных входных параметров установлены функции принадлежности трапециевидной формы.

Слой 2, который неадаптивно выявляет посылку нечётких правил. Выход — степени истинности нечётких правил. Они рассчитываются в соответствии с формулой (1):

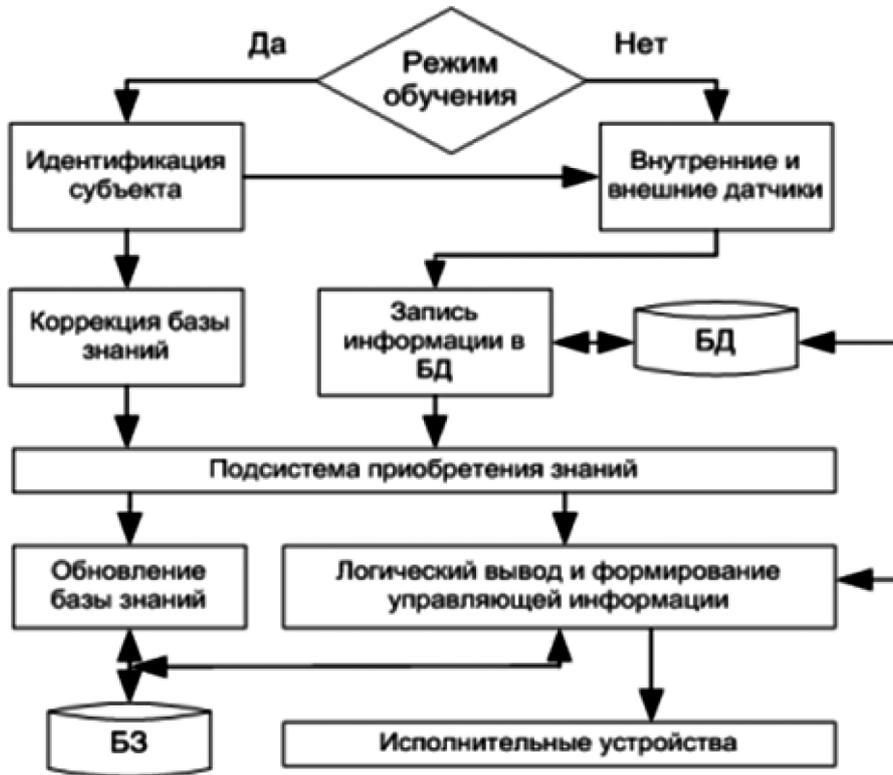


Рис. 4. Алгоритм функционирования экспертной системы интеллектуального управления микроклиматом в среде жилого здания (источник: составлено автором на основе [1–9])

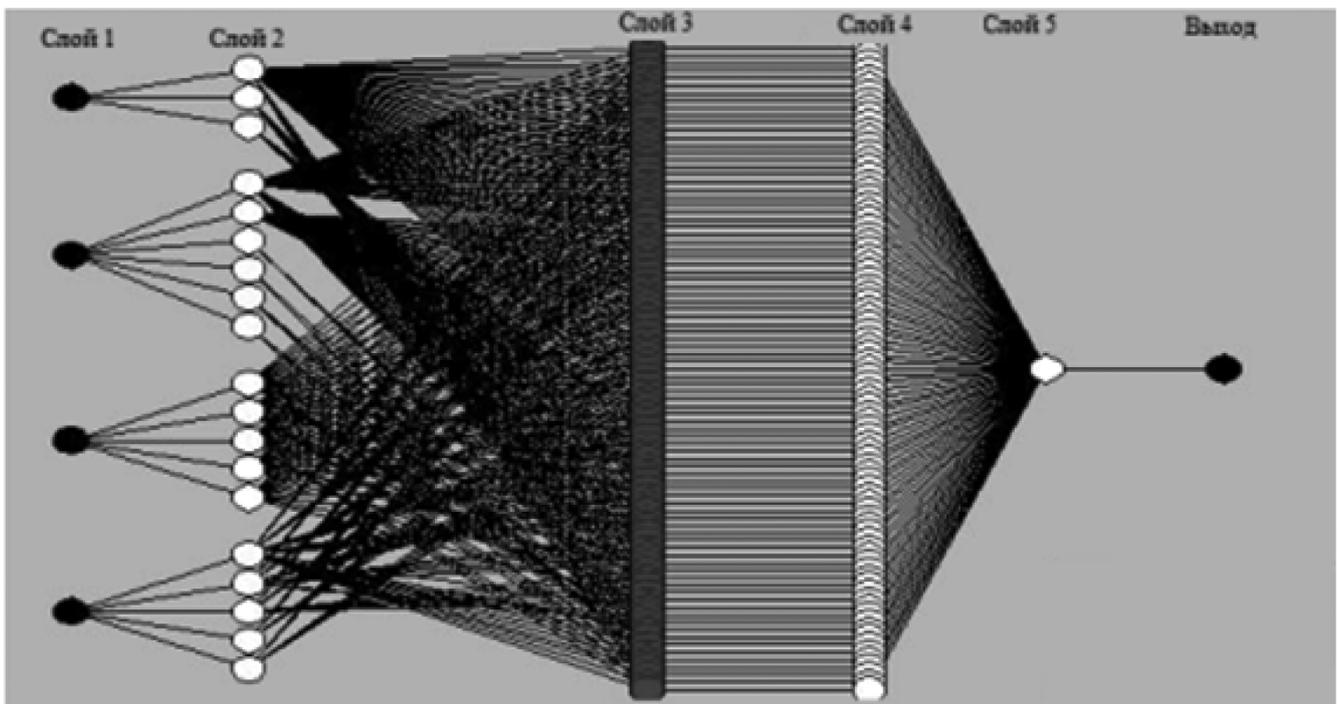


Рис. 5. Нечёткая сеть элемента логического вывода и создания информации для интеллектуального управления микроклиматом в жилых помещениях (источник: составлено авторами на основе инструментария MATLAB)

$$w_j = \min\{\mu_j(IVG), \mu_j(IT), \mu_j(ICO), \mu_j(ICZ)\} \quad (1)$$

где *IVG* — время года;
IT — время суток;

ICO — текущая температура в жилом помещении;
ICZ — установленная температура субъектом;
j — объём нечётких правил.

Слой 3, который неадаптивно нормализует степени исполнения (весового индикатора) нечётких правил в системе интеллектуального управления микроклиматом. Они рассчитываются в соответствии с формулой (2):

$$\bar{W}_j = \frac{w_j}{\sum_{j=1}^{200} w_j} \quad (2)$$

Слой 4, который адаптивно рассчитывает значение вклада нечёткого правила при выходе. Оно выявляется, исходя из формулы (3):

$$y_j = \bar{W}_j * U_j \quad (3)$$

где U_j — чёткое число, которое задаёт характеристики нечёткого правила.

Слой 5. Вычислитель неадаптивно суммирует значения вкладов нечёткого правила, что отражено в формуле (4):

$$y = \sum_{j=1}^{200} y_j \quad (4)$$

Практическое осуществление смоделированной сети учитывало минимизацию стандартной ошибки, что обозначено в формуле (5):

$$E = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [v_p(i) - OU(i)]^2} \rightarrow \min \quad (5)$$

Для того чтобы обучить сетевую модель выявлению параметрических характеристик, применялся способ обратного распространения стандартной ошибки.

Анализ практического осуществления интеллектуального управления микроклиматом в жилых помещениях

Работа сети осуществлялась системой интеллектуального управления микроклиматом в жилых помещениях.

Обучающая статистическая выборка была сформирована при помощи метода моделирования Монте-Карло. Шаг обучения составляет значение, равное 10^{-4} . Приемлемое изменение заданного шага обучения — 10 %. Среднее значение параметра E — 2,19, однако после прохождения 490 итерации оно сократилось до 0,16. На рисунке 6 проиллюстрирована зависимость между обучающей выборкой и стандартной ошибкой обучения системы.

Основная особенность авторской схемы работы системы интеллектуального управления микроклиматом — наличие возможности отлаживания параметров микроклимата под человека, который в конкретный момент времени находится в жилом помещении. Соответственно, в те моменты временного периода, когда в жилом помещении субъекты отсутствуют, температурный режим совпадает. Система интеллектуального управления микроклиматом может сократить эксплуатационные затраты путём снижения уровня температуры в среде жилого помещения. На рисунке 7 отражен результат объёма использованного тепла в зимний период времени (когда присутствует необходимость отопления жилого здания).

Практическое применение системы интеллектуального управления микроклиматом способствует сокращению используемого для отопления тепла в среднем на 21,3 % с учётом предпочтений проживающих в жилом помещении граждан. При этом таких результатов можно достичь при установлении температурного режима пребывания первого субъекта — 18 градусов по Цельсию (время пребывания в жилом помещении — с 9 до 14 часов), комфортные температурные условия второго субъекта — 22 градуса по Цельсию (время пребывания в жилом помещении — с 13 до 18 часов). В данном случае система интеллектуального управления микроклиматом

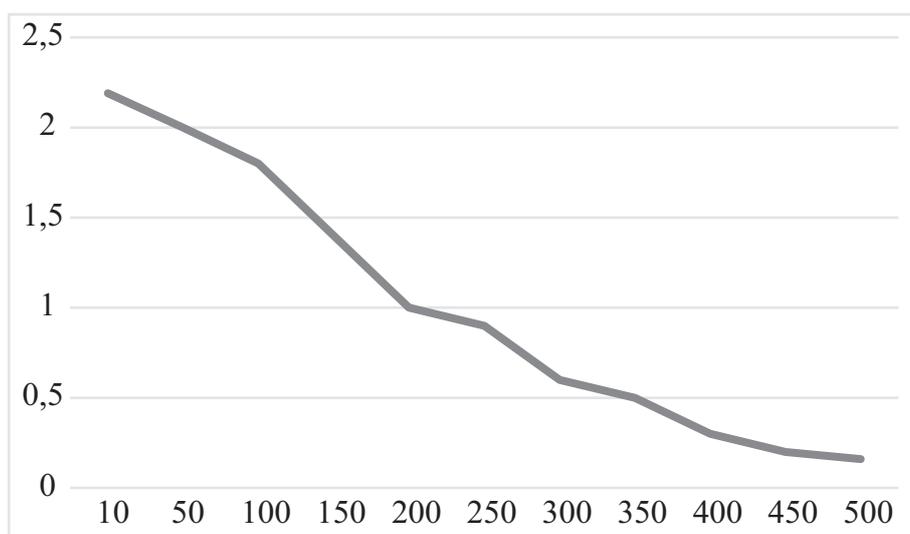


Рис. 6. Зависимость между обучающей выборкой и стандартной ошибкой обучения системы интеллектуального управления микроклиматом (источник: рассчитано авторами)

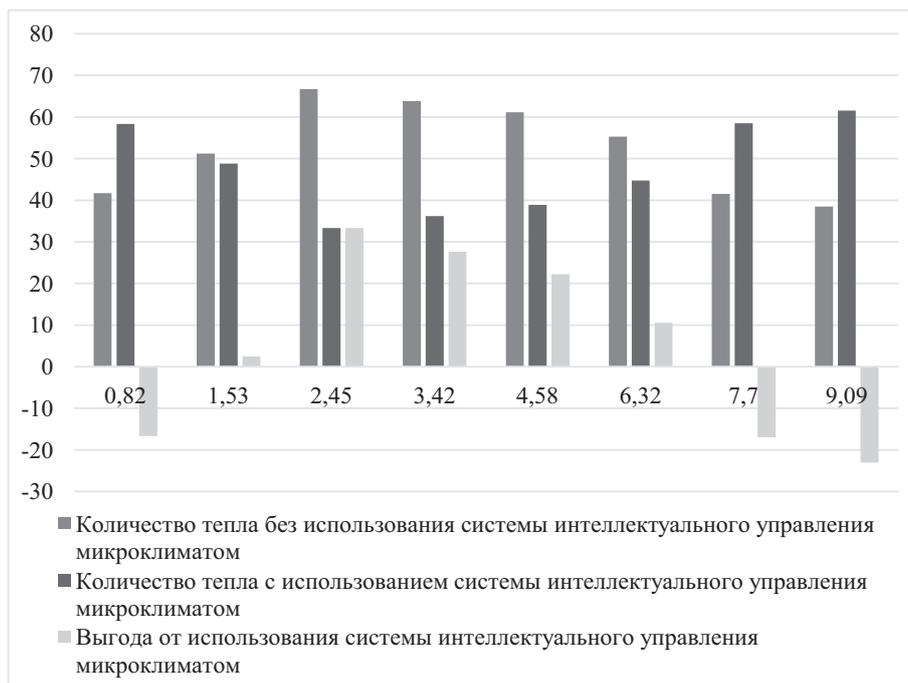


Рис. 7. Результат объёма использованного тепла в зимний период времени (когда присутствует необходимость отопления жилого здания) при использовании и без использования системы интеллектуального управления микроклиматом (источник: рассчитано авторами)

плавно скорректирует температурный режим в среде жилых помещений. Когда время пребывания субъектов в одном жилом помещении совпадает, то вводится средний уровень комфортной температуры.

Выводы

В исследовании были выявлены характеристики системы интеллектуального управления микроклиматом в жилых помещениях.

Отражены результаты практического осуществления элемента логического вывода и создания информации

для интеллектуального управления микроклиматом в жилых помещениях.

Проанализировано практическое осуществление интеллектуального управления микроклиматом в жилых помещениях.

Представленная система интеллектуального управления микроклиматом позволит установить благоприятные, комфортные параметры микроклимата в среде жилого помещения с учётом предпочтений проживающих в нём граждан, снизить издержки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акперов И.Г., Сахарова Л.В. Проблемы нечетко-множественного управления системой «умный дом» // Интеллектуальные ресурсы-региональному развитию. — 2021. — №. 2. — С. 9–28.
2. Андрийчук В.Н. Повышение качества регулирования приточной вентиляционной системы // Научные технологии и оборудование в промышленности и строительстве. — 2022. — №. 71. — С. 90–97.
3. Гульбинас А.С., Белова Л.В. Разработка концептуальной основы интеллектуального здания на основе метода триадической дешифровки: эволюционный подход // Архитектура, строительство, транспорт. — 2024. — №. 2. — С. 17–28.
4. Ералинова Г.М., Оразбаев Б.Б., Бражанова Д.К. Исследование и разработка системы автоматического регулирования и кондиционирования воздуха на основе FUZZY LOGIC // Вестник Ауэс. — 2023. — Т. 1. — №. 60. — С. 29–43.
5. Ефимова О.Н., Абдукаримов Д.А. Интеллектуализация зданий и помещений для автоматизированного управления инженерного оборудования // Актуальные научные исследования в современном мире. — 2020. — №. 1–1. — С. 10–16.
6. Мозохин А.Е. Методика обеспечения комфортного состояния микроклимата умного дома с использованием ансамбля нечетких искусственных нейронных сетей // Информатика и автоматизация. — 2021. — Т. 20. — №. 6. — С. 1418–1447.
7. Самойлова Е.М., Хамитов Р.Т. Автоматизация системы управления вентиляцией на контроллере SIEMENS LOGO // Автоматизированные системы управления и информационные технологии. — 2021. — С. 401–405.
8. Фияшко К.С. Методика субъектно-ориентированного выбора варианта теплоснабжения индивидуальных жилых зданий // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. — 2020. — Т. 1. — С. 316–323.
9. Olenych I. Smart home climate control system based on fuzzy logic controller // Electronics and information technologies. — 2022. — Т. 17. — С. 26–35.

РИСКИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СОТРУДНИКОВ

RIKES OF USING ARIFICIAL INTELLIGENCE TO INCREASE EMPLOYEE EFFICIENCY

**B. Afanasiev
A. Khakhina
A. Afanasieva**

Summary. Since the end of 2022, generative artificial intelligence has become especially popular. However, despite a wide range of possibilities for its application in organizations, the implementation of artificial intelligence does not bring the expected increase in employee efficiency. The authors highlight such reasons as unrealistic expectations of management, insufficient training of employees, an improperly structured process of implementation and use of technology. Professional burnout of employees is also considered as one of the possible effects of using artificial intelligence. The actual results of using artificial intelligence are considered. The reasons for the discrepancy between the actual results and the expected ones are analyzed. The authors propose measures that are recommended to be taken to reduce the negative effects of using artificial intelligence and increase the effectiveness of its implementation.

Keywords: IT, IT, artificial intelligence, generative AI, neural networks, professional burnout, employee efficiency.

Афанасьев Борис Сергеевич

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
afanasiev.bs@edu.spbstu.ru

Хахина Анна Михайловна

Доктор технических наук, профессор,
ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
anna-hahina@mail.ru

Афанасьева Алина Дмитриевна

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
chupina.ad@edu.spbstu.ru

Аннотация. Начиная с конца 2022 года, особую популярность приобретает генеративный искусственный интеллект. Однако, несмотря на широкий спектр возможностей для его применения в организациях, внедрение искусственного интеллекта не приносит ожидаемого повышения эффективности работы сотрудников. Авторы выделяют такие причины, как нереалистичные ожидания руководства, недостаточное обучение сотрудников, неправильно выстроенный процесс внедрения и использования технологии. Также рассматривается профессиональное выгорание сотрудников как один из возможных эффектов применения искусственного интеллекта. Рассмотрены фактические результаты применения искусственного интеллекта. Проанализированы причины несоответствия фактических результатов ожидаемым. Авторами предложены меры, которые рекомендуется предпринять для снижения негативных эффектов использования искусственного интеллекта и повышения результативности его внедрения.

Ключевые слова: ИТ, ИТ, искусственный интеллект, генеративный ИИ, нейросети, профессиональное выгорание, эффективность работы сотрудников.

В современном мире искусственный интеллект (ИИ) получил очень широкое распространение. По всему миру компании применяют ИИ для автоматизации задач, что позволяет повышать эффективность за счет сокращения финансовых и временных затрат на достижение результата. Наиболее распространено использование ИИ в таких сферах, как управление взаимоотношениями с клиентами, информационная безопасность, персональные помощники, управление товарными запасами, управленческий учет, управление цепочками поставок, управление персоналом.

При этом способы применения ИИ для улучшения клиентского опыта включают мгновенный ответ на пользовательские запросы при помощи чат-ботов, помощь в написании сообщений, персонализацию предложений и генерацию контента [1].

В конце 2022 года компания OpenAI выпустила ChatGPT версии 3.5, который стал первым широко ис-

пользуемым продуктом для генерации текста. С этого началась история генеративного ИИ. Генеративный ИИ — это ИИ, который может быть использован для широкого круга задач, включая генерацию текстового, фото-, аудио-, видеоконтента и программного кода [2].

2023 год был назван «годом генеративного ИИ», а в 2024 году по данным McKinsey количество компаний, использующих генеративный ИИ для автоматизации хотя бы одной функции бизнеса, увеличилось с одной трети опрошенных до 65 %. При этом количество компаний, использующих любой из видов ИИ, возросло до 77 % в 2024 году по сравнению с 55 % в 2023 году, побив рекорд 2019 года (58 % опрошенных) [3].

Кроме того, 2023 год также был назван «годом продуктивности» [4]. Согласно исследованию McKinsey, опрошенные генеральные директора находились в ожидании экономических потрясений. Как следствие, ру-

ководители компаний стремились как можно скорее снизить издержки и нормализовать экономические показатели, чтобы сохранить устойчивость во время потрясений и быть сильнее, когда экономическая ситуация нормализуется. Для снижения операционных затрат 76 % руководителей приняли решение сократить затраты на оплату труда и требовать повышения эффективности работы от сотрудников.

В сложившейся ситуации генеративный ИИ, имеющий потенциал для решения широкого круга бизнес-задач и доступный бесплатно каждому человеку, у которого есть доступ к Интернету, выглядел незаменимым инструментом для повышения производительности и достижения больших результатов с меньшими затратами. По данным исследования, проведенного The Upwork Research Institute, в 39 % компаний уже сделали использование генеративного ИИ обязательным для сотрудников, а 85 % компаний поощряют его применение. 96 % руководителей высшего звена ожидают, что использование ИИ-инструментов повысит производительность их компаний. Руководители также ожидали, что за 2023 год работники с помощью ИИ увеличат объем выполненных задач, расширят свои навыки, смогут взять на себя больше обязанностей, будут работать эффективнее и больше.

Однако многим работникам непонятно, каким образом на практике можно достичь таких впечатляющих результатов, а некоторые даже считают, что ИИ может усложнить их работу. 47 % работников, использующих ИИ, утверждают, что они не знают, как достичь ожидаемых работодателями результатов по производительности. Более того, 77 % опрошенных сотрудников заявляют, что ИИ-инструменты снизили их производительность и увеличили рабочую нагрузку. Опрошенные сообщили, что тратят больше времени на проверку контента, созданного ИИ, больше времени на обучение работе с этими инструментами и теперь должны выполнять больше работы. 40 % сотрудников считают, что их компании предъявляют к ним слишком высокие требования в отношении ИИ. Кроме того, 61 % сотрудников сообщают о выгорании [5].

Выгорание — состояние эмоционального истощения, деморализации, ощущение бесполезности и опустошенности, вызванное хроническим стрессом на рабочем месте [6]. Выгорание может возникнуть в любой профессиональной области, однако многие исследователи заостряют внимание именно на проблемах выгорания в IT-сфере [7].

Можно выделить следующие причины выгорания, имеющие характерное проявление в области ИТ:

1. информационные технологии развиваются стремительно, поэтому IT-специалистам приходится постоянно следить за технологическими новше-

ствами и обучаться работе с ними, что приводит к эмоциональной перегрузке;

2. IT-специалисты часто осуществляют коммуникации с коллегами не лично, а посредством средств электронной связи, что приводит к отсутствию возможности делиться своими эмоциями с коллегами и может вызвать ощущение изоляции;
3. работа сотрудников IT-сферы становится рассредоточенной во времени и пространстве по причине работы по гибкому графику и необходимости быть на связи в нерабочее время, что приводит к нарушению баланса работы и личной жизни;
4. IT-специалистам часто требуется совмещать несколько ролей и выполнять широкий спектр функций, а также уметь выполнять несколько задач одновременно, что затрудняет концентрацию и приводит к эмоциональным перегрузкам;
5. сотрудники сферы IT часто являются зависимыми от технологий, что может вызвать чувство беспомощности, тревоги и стресс;
6. IT-сфера характеризуется высокой конкуренцией, постоянным напряжением и жесткими требованиями к соблюдению сроков, что сказывается на уровне стресса сотрудников.

Можно заметить, что эти факторы, действовавшие и до повсеместного использования ИИ, только усиливаются широким распространением генеративного ИИ и в некоторых случаях обязательностью его применения.

Кроме того, исследователи отмечают, что выгорание приводит к потере мотивации к своей работе, снижению продуктивности, ошибкам и задержкам в проектах [8]. Таким образом, инструмент, который был призван повысить эффективность работы сотрудников и имеет хороший потенциал для улучшения продуктивности, на практике приводит к её снижению.

Этот парадокс можно объяснить высокой сложностью обучения технологии, недостатком инвестиций в развитие и обучение сотрудников, несоответствием между темпом внедрения технологий и реальными бизнес-процессами. Это может свидетельствовать о том, что технология внедряется без понимания, какие проблемы или потребности компании она должна решать. В результате ожидаемый от технологий прирост производительности задерживается или снижается.

Чтобы избежать негативных эффектов от применения ИИ и усилить положительный эффект, предлагается принять ряд мер, которые можно разделить на 4 категории:

1. Изменение ожиданий руководства от технологии;
2. Изменение подхода к обучению сотрудников;
3. Изменение подхода к формированию корпоративной культуры;
4. Изменение подхода к мониторингу состояния со-

трудников и профилактике профессионального выгорания.

Рассмотрим каждую категорию подробнее.

1. Изменение ожиданий руководства от технологии

Руководство часто упускает из виду, что успешное применение технологий, таких как ИИ, требует не только их внедрения, но и системного подхода, включающего изменения в организации и процессах. Чтобы достичь большего эффекта, необходимо предпринять следующие шаги [9]:

- Осознание ограничений: необходимо понимать ограничения и возможности технологии, не ожидать мгновенных успехов, оценивая риски и целесообразность применения ИИ.
- Оценка целесообразности применения: внедрение технологий, таких как ИИ, не должно быть самоцелью. Необходимо проводить всесторонний анализ проблем, чтобы определить, в каких именно областях использование ИИ будет способствовать достижению значимых результатов и повышению эффективности.
- Адаптация бизнес-процессов: необходимо пересматривать и оптимизировать существующие бизнес-процессы для большего использования потенциала технологии и достижения стратегических целей организации.
- Обучение сотрудников: требуется организовать систематическое и специализированное обучение сотрудников для эффективного использования технологии в повседневной работе, с акцентом на развитие не только технических навыков для работы с ИИ, но и прикладных компетенций, необходимых для интеграции технологии в реальные рабочие процессы.
- Интеграция в корпоративную культуру: требуется интегрировать технологию в корпоративную культуру путем формирования позитивного отношения к изменениям и стимулирования вовлеченности сотрудников, чтобы обеспечить её долгосрочное и эффективное применение.
- Анализ результатов внедрения технологий: в случае отсутствия ожидаемого экономического эффекта от применения технологии необходимо провести комплексный анализ всего процесса. Это позволит определить, являются ли причиной недостатки самой технологии или неэффективная организация рабочего процесса.
- Изменение роли ИТ в компании: ИТ должно эволюционировать из отдельного подразделения в распределённую функцию, интегрированную во все отделы компании. Необходимо делегировать функции ИТ различным подразделениям, чтобы каждая команда (например, отдел продаж, управление цепочками поставок, производство) имела

технологические ресурсы для самостоятельной разработки решений, сохраняя при этом централизованную координацию ИТ-ресурсов для создания общего стратегического направления и стандартизации технологий. Это ускорит инновации и обеспечит лучшее соответствие решений специфическим потребностям каждого отдела.

Для успешного применения ИИ необходимо не только внедрить технологию, но и пересмотреть процессы и адаптировать организационные подходы. Это включает в себя оценку возможностей и ограничений ИИ, пересмотр бизнес-процессов, систематическое обучение сотрудников и интеграцию технологий в корпоративную культуру для достижения большего эффекта [10].

2. Изменение подхода к обучению сотрудников

Чтобы эффективно использовать возможности генеративного ИИ, организациям необходимо пересмотреть стратегию обучения, используя персонализированный и комплексный подход, затрагивающий не только работников, непосредственно использующих ИИ в качестве рабочего инструмента, но и сотрудников, косвенно вовлеченных в процессы, связанные с применением ИИ. Чтобы достичь эффекта, необходимо предпринять следующие шаги [11]:

- Определение ключевых навыков для достижения бизнес-целей: необходимо определить бизнес-результаты, затем навыки, необходимые для их достижения, а также группы сотрудников, которые должны развивать эти навыки. Нужно сосредоточиться на развитии ключевых навыков, которые имеют критическое значение для достижения бизнес-целей, чтобы не тратить ресурсы на обучение всех сотрудников. Необходимо развивать навыки, которые будут полезны независимо от изменений в ролях, чтобы обеспечить их долгосрочную ценность для компании.
- Ориентация на человека: генеративный ИИ изменяет рабочие процессы и требования к навыкам, что может вызвать у сотрудников беспокойство относительно изменения их профессиональных обязанностей, снижения значимости текущих навыков и угрозы их будущей востребованности. Важно применять подход, учитывающий эмоциональные переживания сотрудников, чтобы снизить страхи сотрудников и создать культуру обучения и адаптации к изменениям.
- Персонализация корпоративного обучения: необходимо сделать обучение персонализированным, интегрированным в рабочие процессы и доступным в нужный момент. Это потребует более тесного сотрудничества между HR и бизнесом для глубокой интеграции и обновления экосистемы технологий обучения и развития.

- Развитие навыков принятия решений: необходимо развивать навыки принятия информированных решений в процессе использования ИИ, учитывая риски и этические аспекты применения технологий, а также развивать умение мотивировать сотрудников на инновации и эксперименты, связанные с ИИ. Обучение должно охватывать руководителей высшего звена, руководителей функциональных направлений и агентов изменений, используя глубокие и практические обучающие мероприятия, встроенные в процесс трансформации и связанные с разработкой и реализацией стратегии.
- Разработка и безопасное внедрение моделей ИИ: необходимо развивать навыки разработки, тестирования и безопасного внедрения моделей ИИ с акцентом на сотрудничество и управление рисками. Обучение должно охватывать межфункциональные команды технических специалистов, таких как дата-сайентисты и инженеры по данным и ИИ, с использованием командного тренинга, углубленных обучающих программ и технических сертификаций.
- Создание ценности в конкретных областях: необходимо развивать навыки для улучшения результатов с помощью генеративного ИИ и реинжиниринга процессов конкретных функций бизнеса. Обучение должно охватывать экспертов в различных функциональных направлениях (например, финансы, закупки, производство), а также специалистов по управлению и рискам.
- Улучшение повседневной работы: необходимо развивать навыки для интеграции инструментов генеративного ИИ в ежедневные задачи, включая навыки управления рисками, обеспечения безопасности, работы с данными, а также навыки эмпатии и критического мышления. Обучение должно охватывать сотрудников, использующих инструменты генеративного ИИ, и их линейных руководителей.

Внедрение ИИ требует пересмотра подходов к обучению, акцентируя внимание на персонализированном развитии навыков, необходимых для успешного использования ИИ. Важно обучить сотрудников ключевым навыкам, уменьшить страхи перед изменениями и интегрировать обучение в рабочие процессы, чтобы сделать его более эффективным и релевантным.

3. Изменение подхода к формированию корпоративной культуры

Чтобы успешно интегрировать технологии, такие как ИИ, в рабочую среду и усилить положительный эффект от их внедрения, необходимо пересмотреть корпоративную культуру компании. Следующие шаги помогут

создать поддерживающую культуру, которая будет способствовать успешному внедрению ИИ и улучшению взаимодействия в команде [12]:

- Признание и уважение труда: необходимо признавать вклад сотрудников и демонстрировать уважение к их достижениям, что способствует повышению вовлеченности и мотивации. Признание их вклада снижает тревожность, связанную с изменениями, вызванными внедрением ИИ, и создает положительное отношение к изменениям.
- Ясная и амбициозная цель: необходимо четко объяснять сотрудникам цели их работы и пользу от внедрения ИИ, чтобы они понимали значимость своих усилий и вклад в успех компании. Это способствует повышению мотивации и укреплению чувства принадлежности к общему делу.
- Взаимное доверие: необходимо создать условия для открытого диалога и честного обсуждения проблем между сотрудниками и руководством, что способствует вовлечению в процесс внедрения ИИ и снижению сопротивления изменениям.
- Право на собственную точку зрения: необходимо поддерживать разнообразие мнений и уважать точки зрения сотрудников для повышения их вовлеченности. Обсуждение перспектив применения ИИ и учет мнений сотрудников помогают выявить потенциальные проблемы и предложения, что повышает эффективность внедрения технологии.
- Обеспечение прозрачности информации: необходимо предоставлять доступную и прозрачную информацию о стратегических задачах и процессах внедрения ИИ. Это позволяет сотрудникам понять их роль и значимость в процессе изменений, что снижает неопределенность и способствует активному участию.
- Эффективная обратная связь: необходимо систематически учитывать предложения и жалобы сотрудников, чтобы улучшать рабочие процессы и повышать уровень доверия. Эффективная обратная связь помогает выявлять и оперативно устранять трудности, связанные с внедрением ИИ, что улучшает общие результаты [13].
- Принцип согласования и взаимной выгоды: необходимо согласовывать внедрение ИИ с ценностями компании и интересами коллектива, чтобы избежать конфликтов. Важно демонстрировать выгоды от внедрения ИИ для всех участников процесса, а не только для компании, и адаптировать подход к удовлетворению интересов как ключевых лидеров, так и всей команды.

Для успешной интеграции ИИ необходимо создать поддерживающую корпоративную культуру, включающую признание вклада сотрудников, обеспечение

ясности целей, взаимное доверие, уважение мнений и эффективную обратную связь. Это помогает улучшить восприятие изменений и повысить вовлеченность сотрудников в процессы, связанные с применением ИИ.

4. Изменение подхода к мониторингу состояния сотрудников и профилактике профессионального выгорания:

Для предотвращения профессионального выгорания сотрудников необходимо сочетать индивидуальный подход и развивать социальные связи, используя следующие меры [14]:

- Признание достижений: нужно регулярно признавать успехи каждого сотрудника, чтобы повысить мотивацию и удовлетворенность от работы.
- Возможность делиться знаниями: нужно предоставлять сотрудникам возможность обучать коллег и делиться профессиональными знаниями, например, провести выступление или организовать мастер-класс.
- Регулярные индивидуальные встречи: нужно проводить регулярные личные встречи для выявления проблем на ранних стадиях, обсуждения аспектов, влияющих на благополучие сотрудников, как в профессиональной, так и в личной сферах.
- Высказывание мнения: нужно создать условия, в которых каждый сотрудник может высказать свое мнение и быть услышанным, что способствует улучшению морального климата и вовлеченности в процессы компании.
- Четкое формулирование задач: нужно четко ставить задачи и объяснять их значение для компании, чтобы сотрудники понимали вклад своей работы в общий результат.
- Соблюдение режима труда и отдыха: нужно поддерживать баланс между работой и отдыхом для сохранения работоспособности и предотвращения перегрузки, даже в случае готовности сотрудников к дополнительным рабочим нагрузкам.
- Разумные требования к дополнительному обучению: нужно предъявлять разумные требования

к дополнительному обучению, предоставляя сотрудникам достаточно времени для освоения новой информации и её внедрения в работу, без ущерба для отдыха и личной жизни.

- Поощрение инициативы: нужно поддерживать инициативы и самостоятельность, чтобы сотрудники чувствовали себя более ответственными и вовлеченными в рабочие процессы.
- Тимбилдинг и взаимодействие: нужно проводить мероприятия по тимбилдингу и групповые тренинги для укрепления взаимодействия между сотрудниками и создания дружелюбной атмосферы в коллективе.
- Организация досуга вне работы: нужно организовывать досуг для сотрудников вне рабочего времени, чтобы снижать стресс и улучшать коммуникацию между коллегами.
- Благодарность и признание: нужно благодарить сотрудников и предоставлять возможность коллегам публично выражать признательность друг другу, что способствует укреплению положительного психологического климата и повышению мотивации сотрудников.

Важнейшим аспектом предотвращения профессионального выгорания является сочетание индивидуального подхода и развитие социальных связей. Регулярное признание достижений, возможность высказываться, проведение индивидуальных встреч и организацию досуга помогают поддерживать баланс между работой и отдыхом, а также способствуют созданию благоприятной рабочей среды.

Таким образом, авторами было рассмотрено широкое распространение ИИ, сопряженное с ожиданием повышения производительности труда сотрудников. Были рассмотрены фактические результаты применения ИИ. Были проанализированы причины несоответствия фактических результатов ожидаемым. Были предложены шаги, которые рекомендуется предпринять для снижения негативных эффектов использования ИИ и повышения результативности его внедрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Haan K. How Businesses Are Using Artificial Intelligence In 2024. // Forbes. — URL: <https://www.forbes.com/advisor/business/software/ai-in-business/> (дата обращения: 16.11.2024).
2. Chui M. What every CEO should know about generative AI. / M. Chui, R. Roberts, T. Rodchenko, A. Singla and others. // McKinsey. — URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/what-every-ceo-should-know-about-generative-ai> (дата обращения: 17.11.2024).
3. Singla A. The state of AI in early 2024: Gen AI adoption spikes and starts to generate value. / A. Singla, A. Sukharevsky, L. Yee, M. Chui. // McKinsey. URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai> (дата обращения: 16.11.2024).
4. Monahan K. From Burnout to Balance: AI-Enhanced Work Models. / K. Monahan, G. Burlacu. // Upwork. — URL: <https://www.upwork.com/research/ai-enhanced-work-models> (дата обращения: 16.11.2024).
5. Dewar C. Actions the best CEOs are taking in 2023. / C. Dewar, S. Keller, V. Malhotra, K. Strovink. // McKinsey. — URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/strategy-and-corporate-finance/our-insights/actions-the-best-ceos-are-taking-in-2023> (дата обращения: 17.11.2024).

6. Лапшина Е.А. Проблема эмоционального выгорания у работников ИТ-сферы / Е.А. Лапшина // Научный аспект. — 2023. — Т. 13, № 5. — С. 1600–1607. — EDN WRLAWO.
7. Нужненко, Ю.М. Особенности эмоционального выгорания ИТ-специалистов / Ю.М. Нужненко, Е.М. Корж // Актуальные проблемы современной России: психология, педагогика, экономика, управление и право: Сборник научных трудов международных научно-практических конференций, Москва, 07–24 апреля 2023 года / Отв. редакторы: В.П. Вершинин, А.Л. Третьяков. Том 10. — Москва: Московский психолого-социальный университет, 2023. — С. 346–354. — EDN SKFHLY.
8. Дзигоев А.А. Как сфера ИТ способствует выгоранию / А.А. Дзигоев // Студенческая наука: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XIII Международной научно-практической конференции, Пенза, 29 декабря 2023 года. — Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2023. — С. 226–228. — EDN CGOPCI.
9. Lamarre E. In digital and AI transformations, start with the problem, not the technology. // McKinsey. — URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/strategy-and-corporate-finance/our-insights/in-digital-and-ai-transformations-start-with-the-problem-not-the-technology> (дата обращения: 16.11.2024).
10. Christensen L. Upskilling and reskilling priorities for the gen AI era. / L. Christensen, S. Durth, K. Jones, N. Rashid. // McKinsey. — URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/people-and-organizational-performance/our-insights/the-organization-blog/upskilling-and-reskilling-priorities-for-the-gen-ai-era> (дата обращения: 16.11.2024).
11. Чернов Ф. 7 принципов корпоративной культуры, без которых остальное не работает. // E-xecutive.ru. — URL: <https://e-xecutive.ru/career/hr-management/1997571-7-printsipov-korporativnoi-kultury-bez-kotoryh-ostalnoe-ne-rabotaet> (дата обращения: 17.11.2024).
12. Перов Е. Как внедрять новые идеи, чтобы сотрудники принимали их как свои. // E-xecutive.ru. — URL: <https://e-xecutive.ru/career/hr-management/1997570-kak-vnedryat-novye-idei-chtoby-sotrudniki-prinimali-ih-kak-svoi> (дата обращения: 16.11.2024).
13. Чернов Ф. 6 причин выгорания айтишников: как руководителю помочь сотрудникам. // E-xecutive.ru. — URL: <https://e-xecutive.ru/career/hr-management/1997795-6-prichin-vygoraniya-aitishnikov-kak-rukovoditelu-pomoch-sotrudnikam> (дата обращения: 17.11.2024).
14. Гришина И. Особенности профессионального выгорания ИТ-специалистов. // E-xecutive.ru. — URL: <https://e-xecutive.ru/career/hr-management/1993222-osobennosti-professionalnogo-vygoraniya-it-spetsialistov> (дата обращения: 17.11.2024).

© Афанасьев Борис Сергеевич (afanasiev.bs@edu.spbstu.ru); Хахина Анна Михайловна (anna-hahina@mail.ru);

Афанасьева Алина Дмитриевна (chupina.ad@edu.spbstu.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОГРАММИРОВАНИИ

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PROGRAMMING

V. Bunkin

Summary. Artificial intelligence technologies are radically transforming the technological landscape, including programming. The article considers key aspects concerning the application of artificial intelligence technologies for code generation. The problems and difficulties that need to be solved to reveal the full potential of this technology for software developers are highlighted separately. A special emphasis is made on the application of artificial intelligence in the process of testing and code verification. Examples of the most popular platforms are given.

Keywords: artificial intelligence, programme code, testing, generation, development.

Бунькин Виктор Иванович

Кандидат технических наук, доцент,
Университет «Синергия»
bunkinvi@gmail.com

Аннотация. Технологии искусственного интеллекта кардинальным образом трансформируют технологический ландшафт, в том числе в области программирования. В статье рассмотрены ключевые аспекты, касающиеся применения технологий искусственного интеллекта для генерации кода. Отдельно выделены проблемы и сложности, которые требуют решения с целью раскрытия всего потенциала данной технологии для разработчиков программ. Особый акцент сделан на применении искусственного интеллекта в процессе тестирования и проверки кода. Приведены примеры наиболее популярных платформ.

Ключевые слова: искусственный интеллект, программный код, тестирование, генерация, разработка.

Искусственный интеллект (ИИ) добился значительных успехов в различных отраслях, и в данном случае разработка и тестирование программного обеспечения (ПО) не являются исключением. ИИ стремительно меняет процесс создания новых программных систем и продуктов.

Разработка ПО — сложный и трудоемкий процесс, включающий различные этапы анализа и кодирования. Кроме того, он является дорогостоящим, особенно в среде, которая придерживается процедур, стандартов и должна соблюдать определенный порядок команд [1]. В данном контексте автоматизированная генерация кода становится все более важной, особенно благодаря использованию машинного обучения (ML) и инструментов ИИ. Эти инструменты значительно повышают эффективность и скорость процесса написания кода, позволяя программистам генерировать, дополнять или рецензировать код с помощью простых текстовых запросов на естественном языке. Пользователь вводит текстовую подсказку, описывающую, что должен делать код, а генеративный инструмент разработки на основе ИИ автоматически создает код. Он также может модернизировать устаревший код и переводить код с одного языка программирования на другой.

Отдельного внимания заслуживает использование ИИ в процессе тестирования ПО. В некоторых современных программных приложениях миллионы строк кода, поэтому тестировщикам сложно найти и устранить все ошибки. ИИ может помочь в тестировании и отладке,

анализируя и обрабатывая большие объемы данных для выявления тенденций и отклонений, которые обычные люди могут не заметить [2]. О том, насколько перспективным является данное направление развития ИИ наглядно свидетельствует объем мирового рынка соответствующих продуктов. Согласно отчету Statista рынок ИИ для тестирования программного обеспечения к 2033 году составит около 10,6 млрд долларов США по сравнению с 1,9 млрд долларов США в 2023 году, а среднегодовой темп роста достигнет 18,70 % в прогнозируемый период с 2024 по 2033 год (см. рис. 1) [3].

Таким образом, с учетом вышеизложенного, изучение перспектив и возможностей использования ИИ в программировании представляет собой важную научно-практическую задачу, которая и предопределила выбор темы данной статьи.

Описанию ключевых технологий, лежащих в основе генерации кода с помощью ИИ, посвятили свои труды Базарбаев Х., Байрамов Т., Дадаева Л., Кононова З.А., Алтухова С.О., Mary Kalantzis, Bill Cope, Juliana Vélez, William McShea, Hila Shamon.

Над разработкой методов улучшения генеративных моделей ИИ для создания программного кода, которые включают расширение входных запросов контекстной информацией, такой как типы токенов кода, предшествующие типы задач и выходные данные, трудятся Подкидышева Е.А., Пяткова К.А., Ручкин В.Н., Сергиевский М.В., Винокур А.И., Sima Das, Ajay Kumar Balmiki, Nimay Chandra Giri.

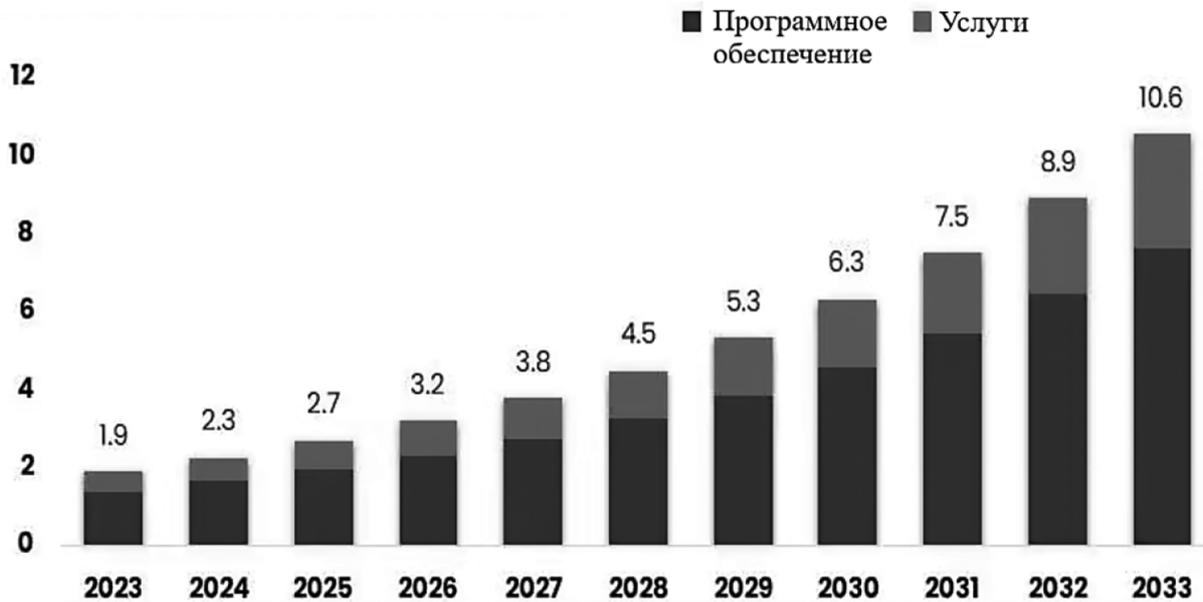


Рис. 1. Размер глобального рынка ИИ для тестирования программного обеспечения по компонентам [3]

Преимущества тестирования программного кода с использованием ИИ в условиях гибкой разработки, когда требования часто меняются, а поддерживать обновленные тестовые примеры вручную может быть проблематично, описывают Вьюнов Д.А., Быков Д.А., Березин И.С., Александрова Н.А., Prateek Sikka, Abhijit R Asati, Chandra Shekhar.

Высоко оценивая имеющиеся на сегодняшний день труды и наработки, следует отметить, что ряд вопросов в данной предметной области требует отдельного внимания и более глубокого анализа. В частности, нерешенной является проблема организации модульного тестирования с использованием ИИ. Также в развитии нуждаются подходы, GitHub Copilot и TabNine, которые, несмотря на всю свою прогрессивность, смещают задачи написания кода в сторону его обзора.

Таким образом, цель статьи заключается в изучении возможностей и перспектив применения ИИ в программировании, в частности в процессе написания кода и его тестирования.

При генерации кода с помощью ИИ используются алгоритмы, которые обучаются на существующем исходном коде — как правило, создаваемом в рамках проектов с открытым кодом для публичного использования — и генерируют новый код на основе этих примеров [4]. Большие языковые модели способны обрабатывать и понимать язык (в том числе, и язык программирования), конструировать текст, отвечать на вопросы, изучать закономерности и связи в языке.

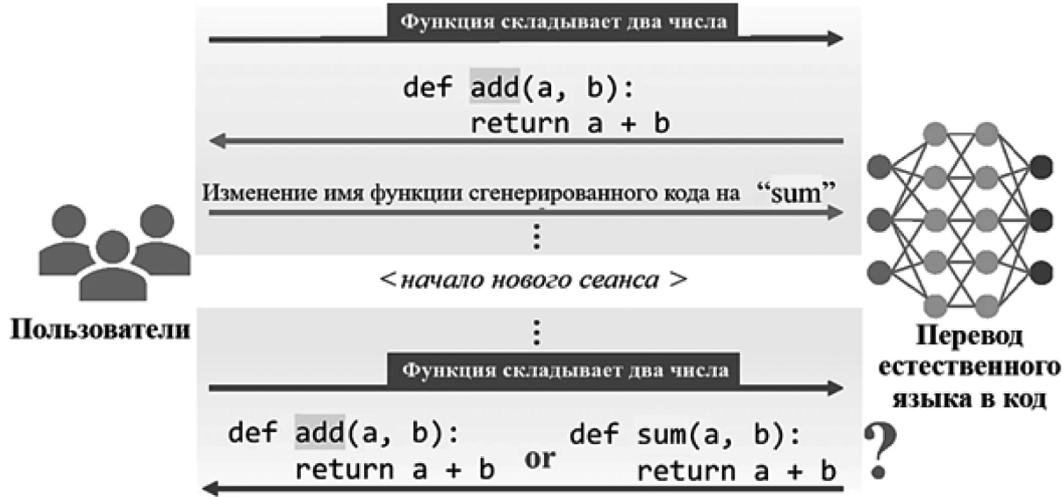
В настоящее время ИИ генерирует код тремя способами:

1. Разработчик начинает набирать код, а ИИ пытается его автоматически заполнить.
2. Разработчик пишет комментарий на естественном языке, и ИИ генерирует предложение, основываясь на том, чего хочет добиться разработчик.
3. Разработчик напрямую общается с ИИ, например, просит его написать что-то конкретное или исправить ошибку.

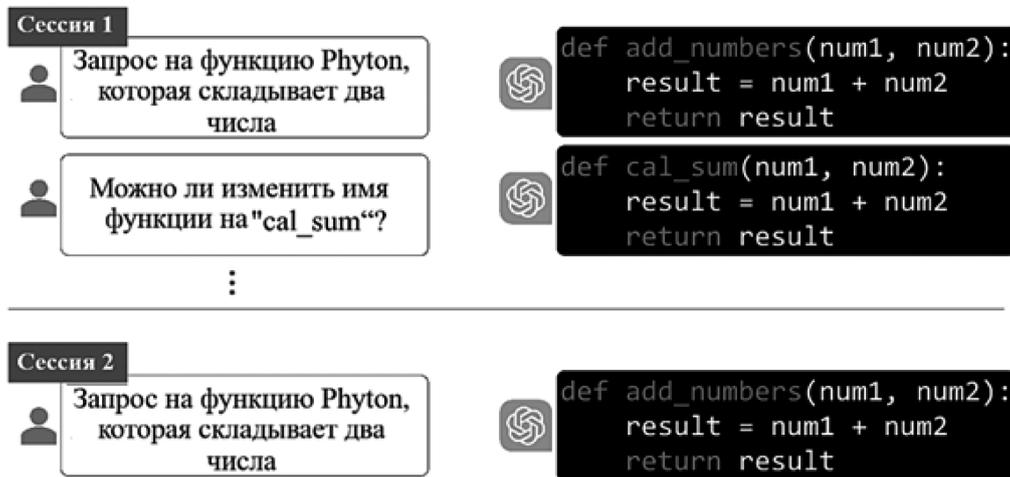
На рисунке 2 показан простой сценарий интерактивного программирования с использованием ИИ.

Представленная на рис. 1 концепция подразумевает итеративное взаимодействие пользователей с моделями ИИ с помощью подходов с малым количеством кода, пока они не достигнут желаемого результата. Однако несмотря на то, что обратная связь с пользователями имеет большое значение, ее сохранение ограничивается одним сеансом общения. Это ограничение обусловлено свойствами, присущими генеративным моделям ИИ, которые требуют явного переобучения для интеграции новых данных, что на сегодняшний день является открытой проблемой использования ИИ в процессе программирования.

Очевидно, что выше обозначенная проблема использования генеративного ИИ для создания программного кода является отнюдь не единственной. Применение данного инструмента сталкивается с рядом проблем, связанных с качеством данных, сложностью, неоднозначностью, пониманием контекста, этическими соображениями и производительностью. Решение этих сложностей требует междисциплинарных усилий, включая достижения в области исследований ИИ, управления данными, практики разработки программного обеспе-



(a) Общий сценарий



(b) Применение сценария к ChatGPT

Рис. 2. Сценарии создания кода с помощью ИИ [5]

чения и нормативно-правовой базы. Когда эти проблемы будут преодолены, разработчики смогут использовать весь потенциал генерации кода на основе ИИ для повышения производительности и качества программного продукта.

В таблице 1 представлен краткий обзор проблем, с которыми сталкивается программирование на основе ИИ.

Что касается тестирования программного кода, то в данной сфере возможности ИИ включают в себя использование автоматизированных решений, которые основаны на алгоритмах машинного обучения вместо predefined правил. Эти интеллектуальные системы могут:

1. Обучаться на основе существующих наборов данных.
2. Адаптироваться к новым сценариям тестирования.

3. Самостоятельно делать прогнозы и принимать решения.
4. Совершенствоваться с течением времени при увеличении объема данных и времени использования.

По сути, ИИ привносит в тестирование программного обеспечения возможности самообучения. Это позволяет выполнять динамические и автономные тесты без явного программирования [6].

На сегодняшний день одним из самых перспективных инструментов в тестировании ПО с использованием ИИ является платформа Diffblue Cover, которая автоматически пишет модульные тесты для кода Java, одного из самых популярных языков программирования. Diffblue Cover применяет обучение с подкреплением для анализа кодовой базы и генерирует человекочитаемые, исполняемые тесты, которые охватывают широкий спектр

Проблемы, сопровождающие использование ИИ при написании программного кода

Проблемы	Идентификация	Анализ
Качество и количество данных	Модели ИИ требуют большого объема высококачественных обучающих данных	Ограниченная доступность разнообразных, хорошо проаннотированных наборов данных кода может препятствовать производительности модели и приводить к предвзятому или неточному генерированию кода
Сложность и ремонтпригодность	Генерируемый код может быть чрезмерно сложным или трудным для сопровождения	Сложность генерируемого кода может препятствовать сотрудничеству, повышать риск ошибок при обслуживании и мешать масштабируемости кодовой базы
Двусмысленность и понимание естественного языка	Извлечение точных требований из естественного языка может быть сложной задачей	Данные естественного языка могут содержать двусмысленность, зависимость от контекста и лингвистические нюансы, что приводит к неточностям или неправильной интерпретации при генерации кода
Отсутствие понимания контекста	Моделям ИИ может не хватать контекстного понимания семантики кода и ограничений	Контекстуально неадекватная генерация кода может привести к неэффективности, несоответствиям и проблемам совместимости в созданной кодовой базе
Этические и юридические аспекты	При генерации кода с помощью ИИ возникают проблемы, связанные с интеллектуальной собственностью и этикой	Разработчики должны учитывать этические и юридические аспекты, связанные с правом собственности, лицензированием и неправомерным использованием генерируемого ИИ кода
Производительность и масштабируемость	Модели ИИ могут демонстрировать узкие места в производительности или ограничения масштабируемости	Оптимизация эффективности и масштабируемости систем генерации кода на основе ИИ имеет решающее значение для своевременной и экономически эффективной разработки

сценариев. Еще один мощный инструмент — EvoSuite, фреймворк с открытым исходным кодом, использующий генетические алгоритмы для генерации тестовых наборов для Java-программ, однако генерируемые EvoSuite тесты не так читабельны, как те, что создает Diffblue Cover.

Таким образом, подводя итоги, отметим, ИИ является краеугольным камнем современных методологий создания ПО, обещая ускорение циклов разработки, повышение производительности и качества кода. Одним из новаторских достижений в этой области является генерация кода на основе ИИ, а также тестирование полученного продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бевзенко С.А. Исследование методов автоматического программирования с применением искусственного интеллекта // Молодой ученый. 2024. № 11 (510). С. 13–15.
2. Kaigeng Li, Wechen Jia, Zhi Li Regulation of Appropriate Prompts for Users in Text-Based Generative Artificial Intelligence Programs // Software: Practice and Experience. 2024. № 56. P. 98–108.
3. Janosch Menke, Samuel Homberg Introduction to artificial intelligence and deep learning using interactive electronic programming notebooks // Archiv der Pharmazie. 2023. Volume 356, Issue 7. P. 13–19.
4. Мирабова Л., Худайназарова М. Искусственный интеллект и машинное обучение в программировании: тенденции и перспективы // Ceteris Paribus. 2023. № 10. С. 65–67.
5. Edgar Serna M. Integration of properties of virtual reality, artificial neural networks, and artificial intelligence in the automation of software tests: A review // Journal of Software: Evolution and Process. 2019. Volume 31, Issue 7. P. 76–83.
6. Грызлов Д.В., Куваева Е.Н. Использование искусственного интеллекта в программировании // Научный аспект. 2024. Т. 17. № 8. С. 2121–2127.

© Бунькин Виктор Иванович (bunkinvi@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2025.01.12

ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ПАРАМЕТРАМИ НАДЕЖНОСТИ И ЗАЩИЩЕННОСТИ ДОВЕРЕННЫХ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ НЕЧЕТКИХ ДАННЫХ

AN APPROACH TO MANAGING THE RELIABILITY AND SECURITY PARAMETERS OF TRUSTED HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEXES WITH FUZZY DATA

A. Glukhov
Yu. Stepannikov
A. Glukhov

Summary. The article considers the main provisions of the methodological approach to solving the problem of managing the reliability and security parameters of trusted hardware and software complexes in the interests of their guaranteed performance of their functional tasks. The proposed approach can be used in the creation and improvement of systems for monitoring and managing the reliability and information security of trusted software and hardware systems.

Keywords: trusted software and hardware systems, reliability, protection from computer attacks. functional tasks, performance indicators.

Технологическая независимость и безопасность критической информационной инфраструктуры (КИИ) подразумевает использование доверенных программно-аппаратных комплексов (ДПАК). При этом под программно-аппаратным комплексом (ПАК) понимают комплекс совместно работающих технических и программных средств, предназначенных для выполнения одной или нескольких специальных задач.

Надежность ДПАК можно охарактеризовать как свойство комплекса выполнять свои функции при работе в заданных режимах, условиях применения, стратегиях технического обслуживания, хранения и транспортирования. Она может включать в себя безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость в отдельности или определенное сочетание этих свойств как для объекта, так и для его частей. Требования к ДПАК по надежности выражаются в соответствующих количественных показателях.

Глухов Александр Александрович
директор программ по информационно-телекоммуникационным системам,
АО «Научно-производственное объединение
«Критические информационные системы»
alexander.glukhov@yandex.ru

Степанников Юрий Михайлович
главный специалист, Центр компетенций
по информационной безопасности —
структурное подразделение ОАО «РЖД»
yury.stepannikov@yandex.ru

Глухов Александр Петрович
доктор технических наук, профессор,
Петербургский государственный университет
путей сообщения Императора Александра I
apgb06@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены основные положения методического подхода к решению задачи управления параметрами надежности и защищенности доверенных программно-аппаратных комплексов в интересах гарантированного выполнения ими своих функциональных задач. Предлагаемый подход может применяться при создании и совершенствовании систем мониторинга и управления надежностью и информационной безопасностью доверенных программно-аппаратных комплексов.

Ключевые слова: доверенные программно-аппаратные комплексы, надежность, защищенность от компьютерных атак. функциональные задачи, показатели качества функционирования.

Защищенность ДПАК характеризуется количественными или качественными показателями безопасности информации, определяющими уровень требований, предъявляемых к конфиденциальности, целостности и доступности этой информации и реализуемых при ее обработке в условиях внешних угроз, в том числе компьютерных атак.

В соответствии с определением доверенного программно-аппаратного комплекса (ДПАК) (ГОСТ ПНСТ 905-2023) основным признаком ДПАК является решение ими заявленных функций (функциональных задач — ФЗ), что определяет необходимость перехода от технических характеристик надежности и защищенности к качественным и/или количественным показателям выполнения (невыполнения) (показателям качества функционирования — ПКФ) ДПАК своих ФЗ [1].

С учетом сложности и комплексного характера проблемы анализа функциональности ДПАК уровне

управления бизнес-процессов и решаемых ДПАК функциональных задач, произвести оценивание функциональности только на основе одного какого-либо показателя не всегда возможно. Целесообразно рассматривать совокупность показателей (в том числе и показатели надежности и защищенности, непосредственно влияющие на интегральные показатели функциональности), включающую как количественные, так и качественные характеристики.

Функциональной задачей ДПАК могут быть обработка требуемого количества заявок внешних и/или внутренних пользователей, своевременное выполнение технологических операций, проведение достоверных расчетов, формирование планов, отчетов и т.п.

В качестве основных показателей качества функционирования ДПАК (ПКФ ДПАК) могут служить интегральные показатели надежности и защищенности от компьютерных атак, например:

- фактическая производительность по количеству обрабатываемых запросов и время реакции на запрос;
- вероятность безотказной работы, характеризующая выполнение технологических операций в течение заданного периода функционирования;

- коэффициент готовности;
- такие показатели, в том числе качественные, как своевременность, полнота, достоверность, актуальность и др. данных формирования планов, проведения расчетов и т.п., определенные для решения ФЗ конкретными ДПАК.

В свою очередь ПКФ ДПАК зависят от таких параметров деструктивных воздействий как

- интенсивности отказов ДПАК, определяемая интенсивностью потоков отказов комплектующих ДПАК (аппаратуры, системы связи, программного обеспечения и т.д.), связанными с факторами надежности и защищенности от компьютерных атак (КА) ДПАК;
- интенсивности восстановления после отказов ДПАК и их элементов вследствие влияния факторов надежности и защищенности от КА.

При наличии нечетких данных о параметрах ДПАК и деструктивных воздействиях на них необходима разработка соответствующих моделей и алгоритмов оценивания и управления надежностью и защищенностью ДПАК с целью обеспечения выполнения ФЗ.

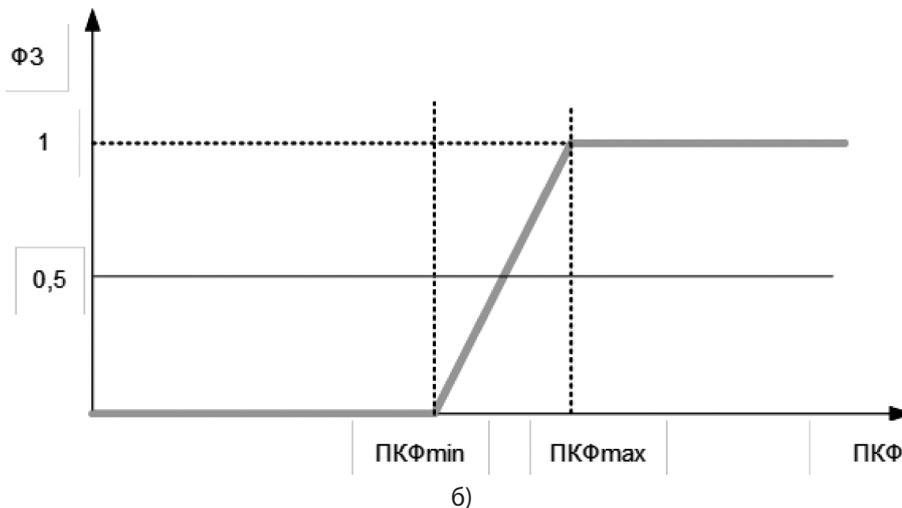
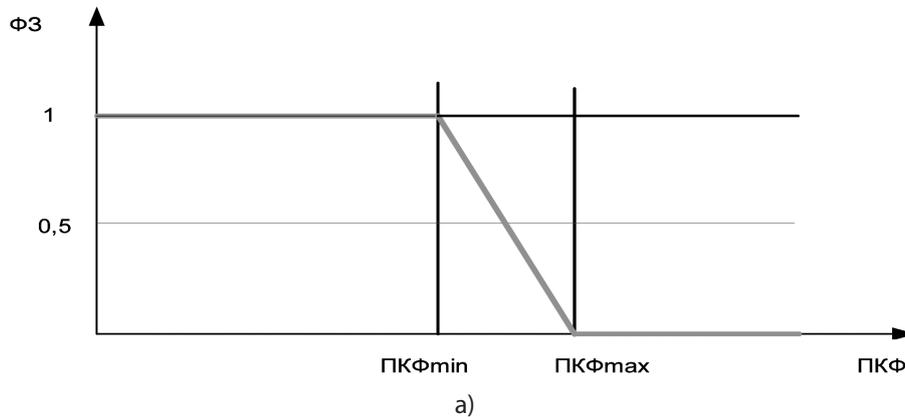


Рис. 1. Зависимость качества выполнения ФЗ от состояния ПКФ ДПАК

Несмотря на некоторую аналогию нечетких моделей с вероятностными моделями, существенное их отличие состоит в том, что неопределенность связана не со случайностью, а с имеющимися неточностями и неопределенностями параметров модели ввиду отсутствия статистических данных и необходимостью использования мнений и оценок экспертов.

Зависимость качества выполнения ДПАК своей ФЗ от состояния критического ПКФ может быть в виде, представленном на рисунке 1.

Поведение показателей в соответствии с графиком на рисунке 1а характерно, например, для случая, когда в качестве ПКФ выступают временные показатели выполнения ФЗ.

В случае, представленном на рисунке 1б, если ПКФ ДПАК (например, фактическая производительность ДПАК) меньше или равен минимально допустимого (безопасного) значения $ПКФ_{min}$, то качество выполнения ФЗ недопустимо низкое (равно 0). Если ПКФ ДПАК находится в интервале от $ПКФ_{min}$ до $ПКФ_{max}$, то качество выполнения плавно меняется от критического (0) до безопасного (1). При ПКФ ДПАК больше $ПКФ_{max}$ имеется полная уверенность в высоком выполнении ДПАК своей функциональной задачи.

Оценку выполнения ДПАК ФЗ в условиях деструктивных воздействий и вызванных ими отказов можно провести на основе количественных и качественных показателей, используя лингвистический подход с терминами «критическое» состояние, «допустимое» и «безопасное» (при трехуровневом нечетком классификаторе) или, например, с терминами «критическое», «близкое к критическому», «допустимое или среднее», «близкое к безопасному», «безопасное» (при пятиуровневом нечетком классификаторе).

При трехуровневом нечетком классификаторе «критическое» состояние ПКФ ДПАК (К), «допустимое или среднее» (Д), и «безопасное» (Б) имеется три соответствующие функции принадлежности (пример на рисунке 2).

При использовании методов теории нечетких множеств наибольшую сложность представляет описание функций принадлежности (ФП), определяющим степень принадлежности произвольного элемента универсального множества (альтернативы) нечеткому множеству. Как правило, функции принадлежности строятся либо на основе статистической информации, либо при участии эксперта (группы экспертов) [2].

Базовой проблемой математической формализации неопределенных параметров сложных систем и частных критериев является представление различных неопределенных характеристик в единой универсальной форме [3]. На практике при формальном описании реальных неопределенностей наиболее часто используются три основных способа представления. Неопределенные характеристики могут быть заданы нечеткими интервалами, четкими интервалами или распределениями вероятностей.

Одним из основных способов представления неопределенностей принят нечетко-интервальный подход. Функции распределения вероятностей $f(x)$ могут трансформироваться в трапецеидальные нечетко-интервальные функции принадлежности $\mu(x)$ путем кусочно-линейной аппроксимации $f(x)$.

На рис. 3 графически проиллюстрирована процедура трансформации $f(x)$ в $\mu(x)$, сохраняющая качественную и количественную информацию о размерах и расположениях доверительных интервалов распределения вероятности на α -уровнях нечетко-интервальных чисел. Очевидно, что чем гуще сетка α -уровней, тем точнее результат трансформации [3].

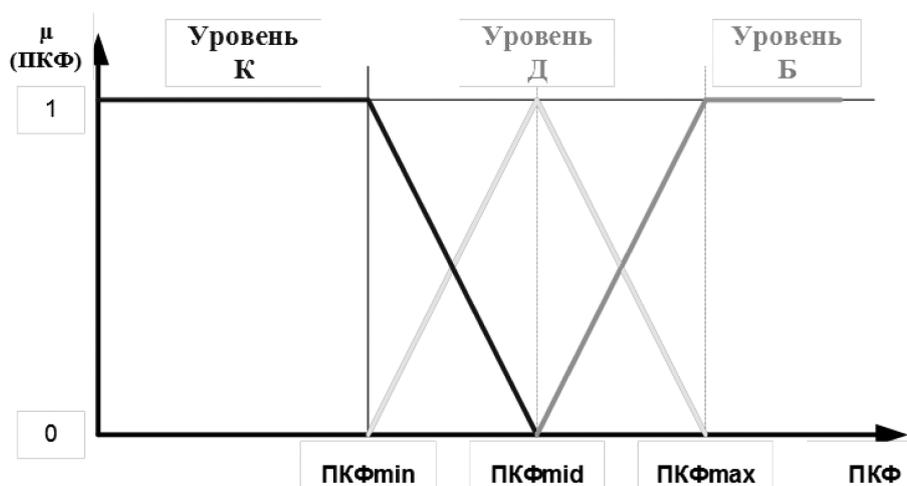


Рис. 2. Функции принадлежности ПКФ ДПАК при трехуровневом нечетком классификаторе

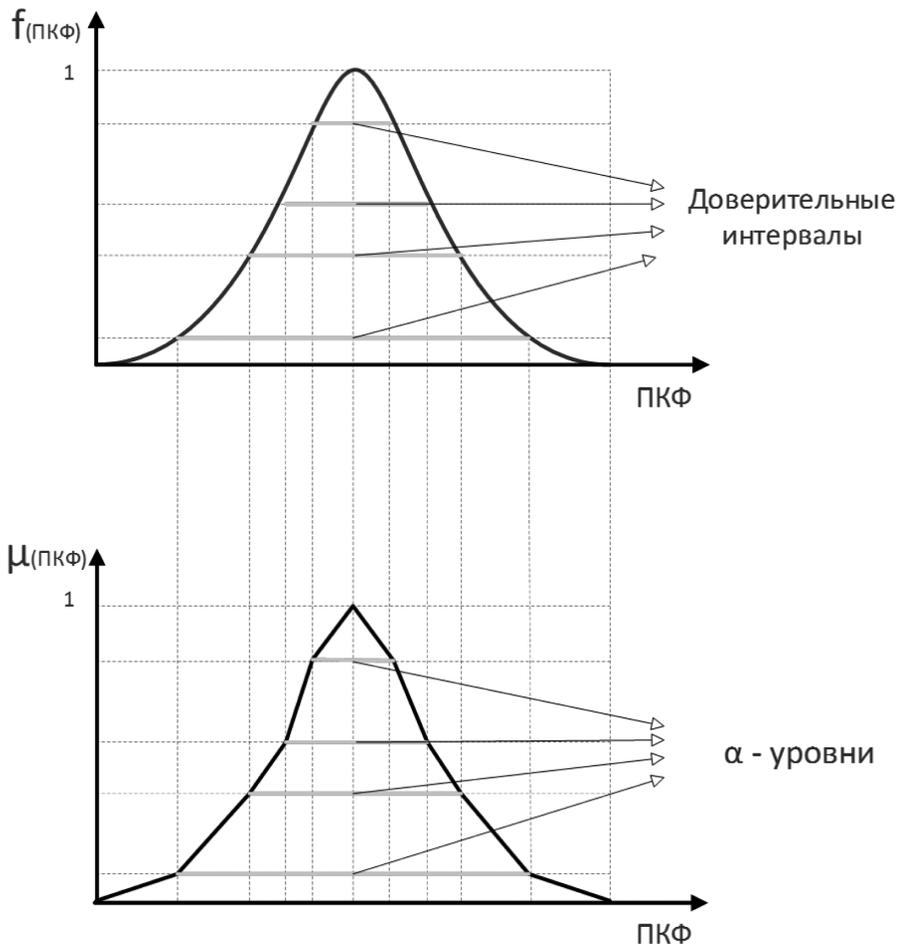


Рис. 3. Схема трансформации вероятностной функции в функцию принадлежности

Таким образом, функция принадлежности текущего состояния (Тс) ПКФ ДПАК в условиях деструктивных может быть определена на основе имеющихся статистических данных о влиянии факторов надежности и защищенности на выполнение ДПАК своих функциональных задач либо, при их отсутствии, на основе мнений экспертов.

Для оценивания текущего состояния, например, при треугольных функциях принадлежности, являющихся частным случаем трапециевидальных ФП, выполнения ДПАК своей ФЗ и отнесение его к одному из уровней безопасности (например, К, Д, Б) рассчитываются абсолютные и относительные расстояния Хемминга, а также квадратичные расстояния Евклида для определения минимума текущего значения ФП и каждым из нечетких множеств ПКФ ДПАК, соответствующих ФП ПКФ ДПАК (К, Д, Б).

Например, текущее состояние ПКФ ДПАК ($T_{тек}$), представленное на рисунке 4, отнесено к «безопасному».

Вместе с тем, возможны варианты, когда проведенные экспертное нечеткое прогнозирование изменения требований к ПКФ ДПАК для решения перспективных

ФЗ, состояния ДПАК в результате возможного увеличения отказов ДПАК при изменении параметров надежности и защищенности от КА, покажет несоответствие в будущем текущего состояния ПКФ новому требуемому значению (рисунк 5)

Отметим, что нечеткое прогнозирование ИБ основано на построении функции принадлежности нечёткого числа.

Групповая экспертная оценка задает исходный интервал возможных значений прогнозного показателя, где определяется минимальное и максимальное значения левой и правой границы интервала прогноза.

Итерационная процедура сужения интервала прогноза до нечеткого числа заключается в следующем [4]. Интервал прогноза текущей итерации разбивается на три перекрывающихся подинтервала равной длины, и проводится определение их приоритетов на основе метода анализа иерархий Саати [5]. С учетом приоритетов производится сужение интервала прогноза и его сравнение с интервалом достоверности нечеткого числа, в качестве средне ожидаемого которого принима-

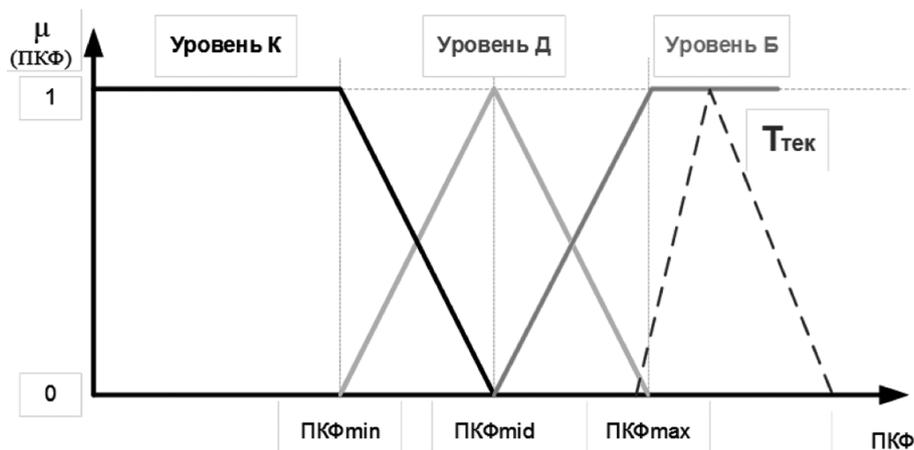


Рис. 4. Функции принадлежности для текущего и требуемого ПКФ для гарантированного выполнения ДПАК своей ФЗ

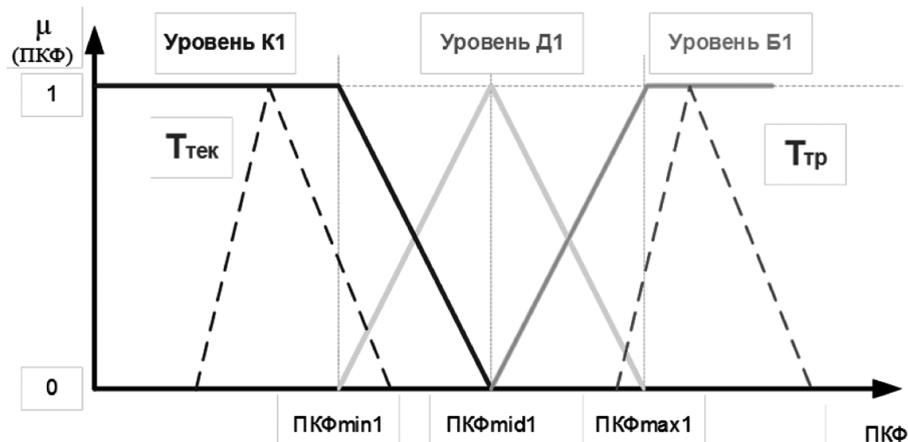


Рис. 5. Функции принадлежности для текущего и требуемого (прогнозного) состояния ПКФ для гарантированного выполнения ДПАК своей ФЗ

ется среднее значение интервала прогноза. В случае включения интервала прогноза в интервал достоверности нечеткого числа итерации прекращаются, в противном случае — проводится новая итерация по сужению интервала прогноза. Прогнозное значение показателя определяется в виде нечеткого числа, полученного на последней итерации.

При этом управление параметрами надежности и защищенности будет направлено на компенсацию возникающей разницы между текущим и требуемым значениями ПКФ (FS) и перевод ДПАК из текущего критического состояния ($T_{тек}$) в допустимое либо для гарантированного выполнения ФЗ в безопасное состояние $T_{гр}$ (рисунок 6). В данном примере величина необходимого управления ПКФ ДПАК (FS) определяется по разнице значений ПКФ по левой границе ФП ПКФ на α -уровне, определяемым лицом, принимающим решение, исходя критичности (важности) решаемых ФЗ.

В связи с этим поддержание левой границы ФП ПКФ ДПАК на уровне не ниже требуемого является основной задачей управления параметрами надежности и защищенности ДПАК.

При этом использование нечетких оценок при управлении параметрами для перевода и поддержания ПКФ в безопасных пределах зачастую проще и эффективнее обычно применяемых традиционных методов. В рассматриваемом случае отклонения ПКФ от требуемых значений связаны, в первую очередь, с факторами надежности и защищенности ДПАК от компьютерных атак, и характеризуются соответствующими интенсивностями отказов и восстановлений. Степень влияния этих факторов на ПКФ ДПАК (входные параметры), реакция на них ПКФ (выходные параметры) будут характеризоваться соответствующими векторными функциями принадлежности.

Применение методов теории нечетких множеств позволяет получить информацию о чувствительности ДПАК к одновременным отклонениям нескольких параметров и оценивать выходные параметры в интегральном виде [6,7,8].

Такой метод пофакторной корректировки основан на последовательно-единичном изменении всех входных переменных модели: на каждом шаге только одна из переменных меняет свое значение на прогнозное

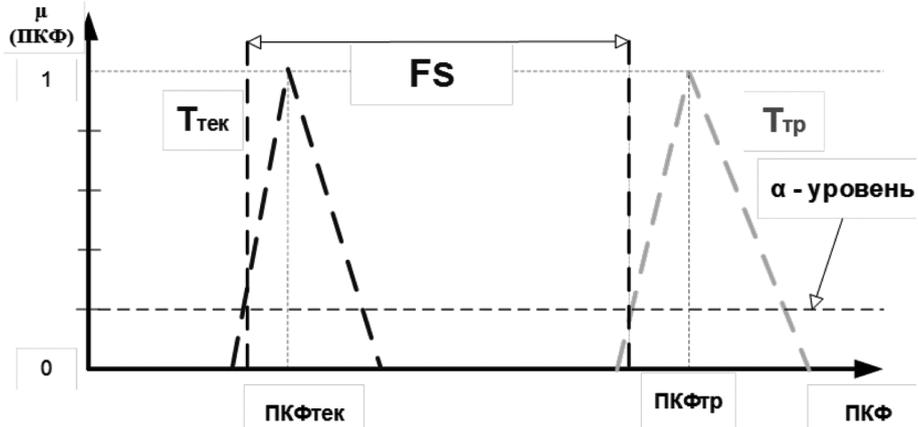


Рис. 6. Определение величины необходимого компенсирующего управления параметрами ДПАК (FS)

число процентов, что приводит к пересчету значения исследуемого выходного параметра. После перебора переменных и возможных их значений получаем матрицу значений, позволяющую сравнивать уровни чувствительности ПКФ ДПАК к изменению входных параметров надежности и защищенности от КА.

Получение количественных оценок чувствительности активов ПКФ к влияющим факторам является актуальной задачей, решение которой даст возможность, в частности:

- прогнозировать поведение ПКФ в условиях деструктивных воздействий;
- выделять наиболее критические ПКФ и возможные допуски на их значения;
- оценивать влияние случайных внутренних и внешних факторов;
- оптимизировать параметры ПКФ ДПАК;
- определять границы областей безопасности.

Оценивание текущего состояния критических ПКФ ДПАК и определение уровней их чувствительности к деструктивным воздействиям позволяет перейти к рациональному управлению ресурсами и рисками, направленному на поддержание степени включения текущего состояния в безопасное состояние на уровне не ниже порогового. Это позволит обеспечить выполнение ДПАК своих задач в нечетких условиях с определенной степенью уверенности.

Методы нечеткой оптимизации объединяют теорию нечетких множеств с традиционными методами оптимизации (таблица 1). Нечеткая логика используется для моделирования неопределенных параметров, целей и ограничений в контексте оптимизации. Благодаря такой гибкости лица, принимающие решения, могут включать субъективные предпочтения и экспертные знания в процесс оптимизации, что приводит к более реалистичным и специфичным для конкретной ситуации решениям.

Таблица 1.

Методы решения задач нечеткой оптимизации и их особенности

Метод решения задач нечеткой оптимизации	Особенности решения задач нечеткой оптимизации
Нечеткое линейное программирование (FLP)	Нечеткие коэффициенты добавляются к целевой функции и ограничениям в FLP, расширяя возможности линейного программирования. Этот метод особенно полезен, когда данные неточны или необходимо учитывать лингвистические характеристики (такие как «высокая стоимость» и «низкий спрос»). Целью является поиск решения, которое уменьшает или максимизирует нечеткую целевую функцию, частично удовлетворяя нечетким ограничениям.
Нечеткая многоцелевая оптимизация (FMO)	Нечеткая логика используется в подходах FMO для балансировки этих целей, позволяя учитывать компромиссы и достигать оптимальных по Парето решений. В этом контексте часто применяются такие подходы, как программирование нечетких целей и процедуры нечеткой взвешенной суммы.
Нечеткая стохастическая оптимизация	Эта концепция устраняет неопределенность, возникающую из-за случайности и нечеткости, путем сочетания нечеткой логики и стохастической оптимизации. Это особенно полезно в ситуациях, когда вероятностные данные доступны, но при этом также необходимо учитывать неточную и туманную информацию.
Нечеткая динамическая оптимизация	Динамическая оптимизация решает проблемы, требующие постепенного принятия решений. Нечеткая динамическая оптимизация подходит для таких приложений, как управление запасами, финансовое планирование и распределение ресурсов, поскольку она использует нечеткую логику для устранения неопределенностей, которые изменяются со временем.

Под задачей нечеткого математического программирования (ЗНМП) понимается задача максимизации (минимизации) целевой функции на заданном множестве допустимых альтернатив, в которой параметры целевой функции и ограничений являются нечеткими величинами или комбинацией [8,9]:

- нечеткая целевая функция — четкие ограничения;
- четкая целевая функция — нечеткие ограничения;
- четкая целевая функция — четкие ограничения;

в зависимости от особенностей рассматриваемого ПКФ ДПАК и решаемых ФЗ, а также выбранного метода нечеткой оптимизации.

Реализация предложенного подхода к управлению критическими параметрами ДПАК позволяет перейти к сбалансированному построению надежных ДПАК и систем мониторинга и управления надежностью и информационной безопасностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глухов А.П., Корниенко А.А., Ададулов С.Е., Белова Е.И. Оценивание информационной безопасности бизнес-процессов // Автоматика, связь, информатика. — 2023. — №7. — С. 17–20.
2. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. — М.: Радио и Связь, 1982. — 431 с.
3. Дилигенский Н.В., Дымова Л.Г., Севастьянов П.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология М.: «Издательство Машиностроение – 1», 2004. 397 с.
4. Исмагилов И.И. Нечеткое прогнозирование количественных показателей сложных систем / И.И. Исмагилов, В.А. Зинкин // Исследования по информатике. — 2007. — № 11. — С. 49–56.
5. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. — М: Радио и связь, 1993. — 312 с.
6. Глухов А.П., Корниенко А.А., Ададулов С.Е., Чичков С.Н. Чувствительность бизнес-процессов к компьютерным атакам // Автоматика, связь, информатика. 2023. №11. С. 18–21.
7. Бойченко О.В., Черногорова К.А. Расширение традиционных методов исследования чувствительности моделей организационно-технических систем к изменению независимых факторов // Информация и космос. — 2019.-№3. — С. 85–88.
8. Ротштейн А.П., Штовба С.Д., Козачко А.Н. Моделирование и оптимизация надежности многомерных алгоритмических процессов // Винница: «УНІВЕРСУМ-Вінниця». 2007. 215 с.
9. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К. Оптимизация в технике. Кн.1.: пер. с англ. — М.: Мир, 1986. 320 с.

© Глухов Александр Александрович (alexander.glukh0v@yandex.ru); Степанников Юрий Михайлович (yury.stepannikov@yandex.ru);

Глухов Александр Петрович (arg606@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СУБД НА МОНИТОРИНГ СОБЫТИЙНЫХ ДАННЫХ

ESTIMATING THE IMPACT OF DBMS PERFORMANCE ON EVENT DATA MONITORING

**B. Goryachkin
M. Panov**

Summary. Designing a high-load system that generates a large amount of event data, it is necessary to select a DBMS that shows the highest performance in the context of the intended form of working with this data.

We studied the performance of PostgreSQL and MongoDB DBMS based on the specified criteria and parameters. We carried out comparative analysis of the experimental results, and, based on these results, highlight the specifics of using both DBMS in information systems.

Understanding the performance characteristics of DBMS in different information systems with various significant features allows for correctly designed information system, namely, correct selection of a technological solution for storing event data.

Keywords: database, DBMS, MongoDB, PostgreSQL, event data, monitoring.

Горячкин Борис Сергеевич

кандидат технических наук, доцент;

Московский государственный

технический университет имени Н.Э. Баумана

bsgor@mail.ru

Панов Максим Константинович

Московский государственный

технический университет имени Н.Э. Баумана

panovmk@student.bmstu.ru

Аннотация. При проектировании высоконагруженной системы, генерирующей в большом количестве событийные данные, необходимо выбрать СУБД, показывающую наибольшую производительность в контексте предполагаемой формы работы с этими данными.

Рассмотрена производительность СУБД PostgreSQL и MongoDB на основе сформированных критериев и параметров. Проведен сравнительный анализ результатов эксперимента, а также, на их основе, выделена специфика применения обеих СУБД в информационных системах.

Понимание характеристик производительности СУБД в информационных системах с различными особенностями, позволяет корректно произвести проектирование информационной системы, а именно, корректно выбрать технологическое решение для хранения событийных данных.

Ключевые слова: база данных, СУБД, MongoDB, PostgreSQL, событийные данные, мониторинг.

Введение

В условиях стремительного роста объемов данных и сложности современных информационных систем вопрос обработки событийных данных приобретает особую актуальность. Событийные данные, фиксирующие изменения состояния системы или взаимодействия её компонентов, играют ключевую роль в мониторинге процессов и выявлении аномалий. Это особенно важно для критически значимых отраслей, таких как финансы, телекоммуникации, кибербезопасность и промышленность, где задержки или ошибки обработки данных могут привести к значительным убыткам или угрозам безопасности.

Современные системы мониторинга должны обеспечивать обработку больших объемов данных в реальном времени, включая запись, фильтрацию, агрегацию и временной анализ событий. Производительность систем управления базами данных в данном контексте оказывает решающее влияние на эффективность мониторинга. Выбор СУБД зависит от множества факторов, включая характер и объем данных, частоту аналитических запросов, а также требуемую скорость обработки.

Особенности событийных данных, такие как их временная упорядоченность, высокая частота генерации и необходимость обработки в реальном времени, формируют условия, напрямую влияющие на проектирование части системы, отвечающей за их хранение и обработку. Это делает выбор между реляционными и нереляционными СУБД критически важным этапом разработки высокопроизводительных систем мониторинга. В ряде случаев использование подходящей СУБД может снизить задержки, улучшить масштабируемость и обеспечить соответствие системе требованиям высокой отказоустойчивости.

В данной работе проводится сравнение производительности SQL и NoSQL СУБД на примере MongoDB и PostgreSQL, в целях выявления наиболее подходящего решения для проблемы мониторинга событийных данных.

Предметная область и характеристики экспериментальной среды

Для проведения экспериментального исследования был использован реализованный на языке программирования python генератор событийных данных со сле-

дующими сущностями и их полями (представлена диаграмма сущность-связь для SQL базы данных):

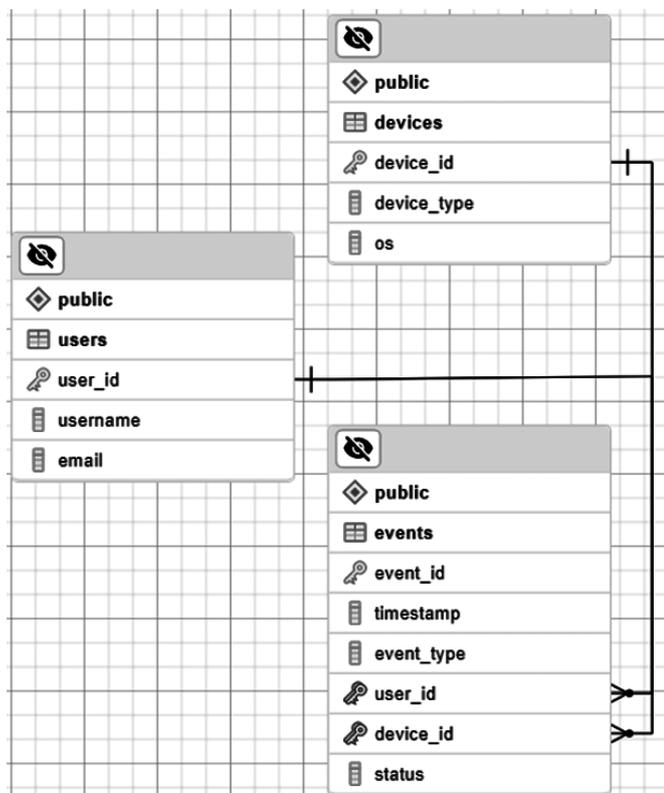


Рис. 1. Структура сгенерированных событий

Для проведения экспериментального исследования, была сформирована рабочая среда на базе операционной системы Windows 11 (для каждой БД в отдельности):

- Характеристики тестового стенда:
 - Процессор: 11th Gen Intel(R) Core (TM) i9-11900K @ 3.50GHz, 3504 МГц, ядер: 8, логических процессоров: 16
 - Полный объем физической памяти 31,8 ГБ
 - SSD накопитель (рис. 2)

CrystalDiskMark 8.0.5 x64 [Admin]			
Файл Настройки Профиль Вид Справка Язык(Language)			
All	5	1GiB	C: 39% (329/853GiB) MB/s
	Read (MB/s)		Write (MB/s)
SEQ1M Q8T1	3396.55		3086.22
SEQ1M Q1T1	2473.35		2846.43
RND4K Q32T1	624.34		360.16
RND4K Q1T1	52.33		179.53

Рис. 2. Характеристика SSD накопителя

- Версии программного обеспечения:
 - MongoDB Community Server 8.0.3
 - PostgreSQL Server 15

Все эксперименты проводятся на блоках в 1000, 10000, 50000, 100000, 500000 и 1000000 событий.

Определение критичных критериев и параметров исследования

Событийные данные отражают изменения, происходящие в системе при взаимодействии ее компонентов друг с другом или с пользователем. В основном они фиксируют действия, состоящие из времени события, типа действия, источника и, дополнительных специфических для системы метаданных [4].

Одной из основных характеристик событийных данных является высокий объем и частота их записи. События часто генерируются в больших объемах, особенно в высоконагруженных системах, таких как, распределенные телекоммуникационные системы, социальные сети. Количество событий, генерирующихся в таких системах, может достигать миллионов событий в секунду. Для их обработки часто применяют архитектуры потоковой обработки данных и масштабируемые/отказоустойчивые системы хранения данных [3].

Событийные данные также четко упорядочены во времени. Любое событие содержит временную метку, отражающую момент его возникновения. Это критично для правильной интерпретации данных и своевременного реагирования на аномалии [3].

Не менее важной характеристикой событийных данных является также необходимость их обработки в реальном времени. Это объясняется тем, что событийные данные, по своей сути, предоставляют наиболее актуальное представление о состоянии процессов и компонентов системы, из чего вытекает также их важность для построения мониторинга. Из этого следует необходимость минимизации времени вычисления аналитических метрик из данных.

Также, зачастую событийные данные могут иметь низкую согласованность и переменчивую структуру. Однако, в действительности, это ограничение зависит исключительно от архитектуры системы, генерирующей события. В данном исследовании предполагается постоянная структура обрабатываемых событий.

Опираясь на данные характеристики событийных данных, можно выделить несколько критериев сравнения результатов операций с данными в БД с точки зрения производительности:

- Производительность и масштабируемость записи и чтения блоков данных

- Производительность и масштабируемость обработки данных с привязкой ко времени
- Производительность и масштабируемость аналитических запросов

Производительность СУБД в контексте конкретного критерия возможно оценить исходя из времени, затраченного на выполнение операций, задействованных для выполнения соответствующей критерию задачи.

На основе описанных критериев, с учетом особенностей событийных данных и определения производительности СУБД, представляется возможным выделить следующие **параметры**:

- Время записи блока данных
- Время чтения блока данных
- Время выполнения запроса обработки временного окна блока данных
- Время выполнения агрегационных запросов на блоке данных
- Время выполнения фильтрующих запросов на блоке данных

Экспериментальная часть

Для вычисления значений по параметру «время записи блока данных» выполняется запись по всем полям события блока данных в таблице/коллекции (рис. 3, табл. 1). Запись выполнялась через стандартные механизмы вставки: SQL-оператор INSERT INTO для PostgreSQL и метод insertMany () для MongoDB.

MongoDB показала явное преимущество при увеличении объема записываемых данных. При объеме от 100,000 записей её производительность значительно опережала PostgreSQL, что объясняется особенностями

Таблица 1.

Зависимость времени выполнения записи от размера блока данных и СУБД

№ записей в блоке	Время выполнения (PostgreSQL), мс	Время выполнения (MongoDB), мс
1000	74	70
10000	694	232
50000	4016	1073
100000	9737	2212
500000	47633	11821
1000000	102065	22692

Таблица 2.

Зависимость времени выполнения чтения от размера блока данных и СУБД

№ записей в блоке	Время выполнения (PostgreSQL), мс	Время выполнения (MongoDB), мс
1000	35	2
10000	51	2
50000	117	3
100000	198	3
500000	898	3
1000000	1931	3

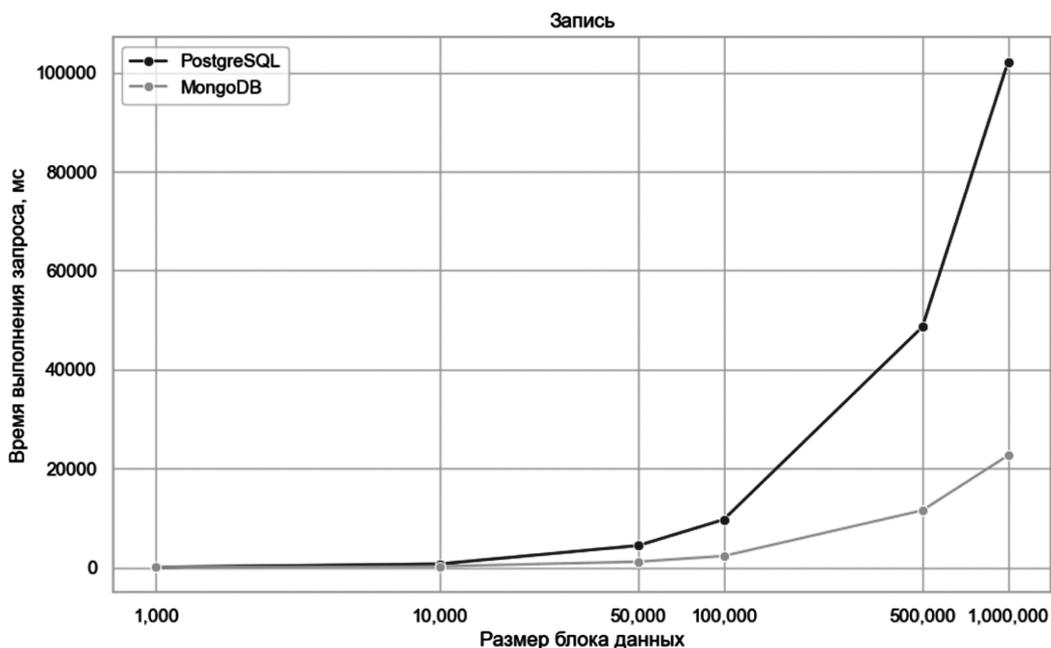


Рис. 3. Зависимость времени выполнения записи от размера блока данных и СУБД

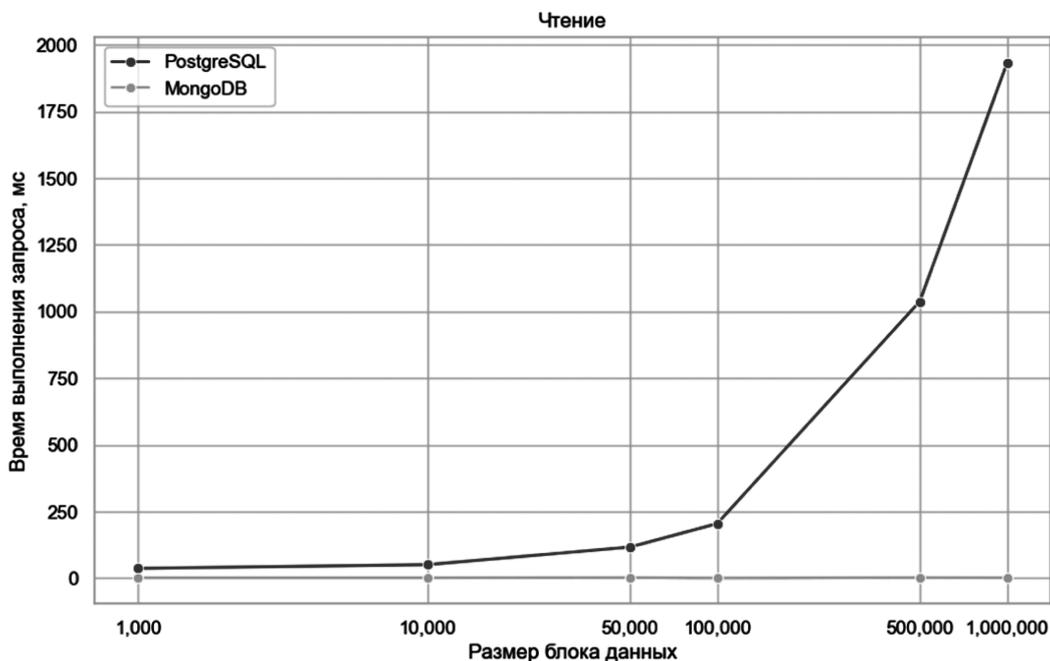


Рис. 4. Зависимость времени выполнения чтения от размера блока данных и СУБД

документной модели, отсутствием строгой схемы и внутренними механизмами оптимизации записи.

Для вычисления значений по параметру «время чтения блока данных» выполняется чтение по всем полям события блока данных в таблице/коллекции (рис. 4, табл. 2). В PostgreSQL использовался SQL-запрос SELECT*, в MongoDB — метод find ().

При выполнении чтения обе СУБД имеют высокие показатели по времени чтения. Однако, как видно из результатов, чтение в MongoDB масштабируется лучше.

Наиболее наглядно это наблюдается на более крупных блоках данных: при увеличении числа записей в блоке, время практически не изменяется.

Для вычисления значений по параметру «время выполнения запроса обработки временного окна блока данных», были сформированы два запроса:

- «Получить количество событий со статусом failed, полученных с устройства с ОС MacOS за последние 24 часа» (Запрос по временному окну 1, рис. 5, табл. 3)

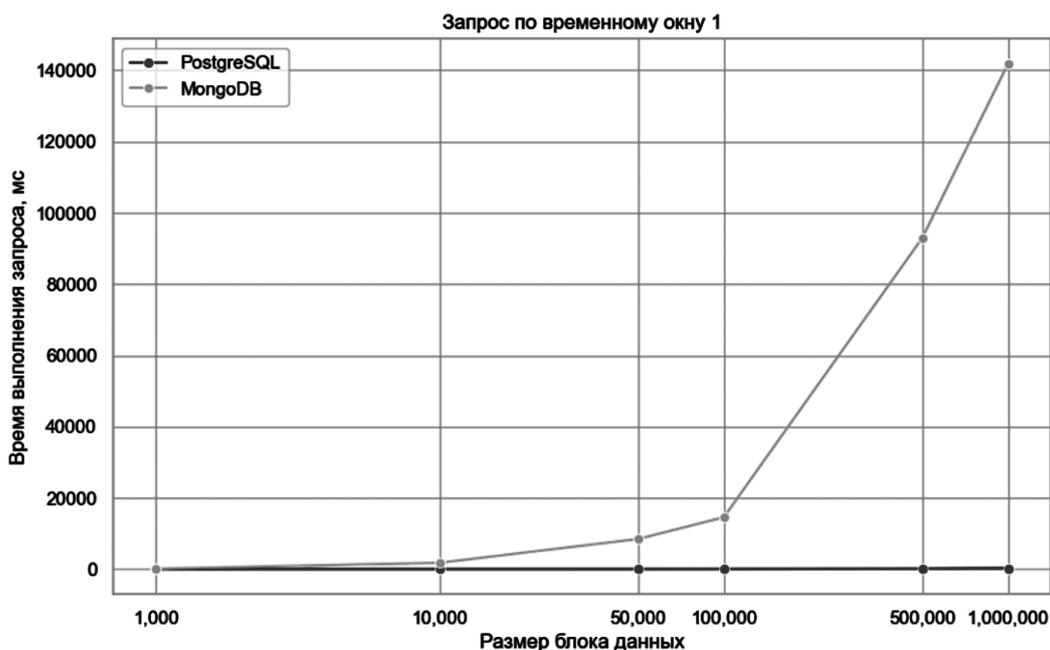


Рис. 5. Зависимость времени выполнения запроса по временному окну 1 от размера блока данных и СУБД

Таблица 3.

Зависимость времени выполнения запроса по временному окну 1 от размера блока данных и СУБД

N записей в блоке	Время выполнения (PostgreSQL), мс	Время выполнения (MongoDB), мс
1000	46	121
10000	40	1791
50000	52	8477
100000	76	14555
500000	163	92965
1000000	269	141723

Таблица 4.

Зависимость времени выполнения запроса по временному окну 2 от размера блока данных и СУБД

N записей в блоке	Время выполнения (PostgreSQL), мс	Время выполнения (MongoDB), мс
1000	35	109
10000	46	1044
50000	71	5057
100000	116	9742
500000	610	50717
1000000	1095	99761

Таблица 5.

Зависимость времени выполнения запроса агрегации 1 от размера блока данных и СУБД

N записей в блоке	Время выполнения (PostgreSQL), мс	Время выполнения (MongoDB), мс
1000	34	65
10000	41	550
50000	71	2645
100000	93	5267
500000	252	26623
1000000	857	49854

Таблица 6.

Зависимость времени выполнения запроса агрегации 2 от размера блока данных и СУБД

N записей в блоке	Время выполнения (PostgreSQL), мс	Время выполнения (MongoDB), мс
1000	34	24
10000	40	46
50000	65	76
100000	108	147
500000	396	1643
1000000	857	5544

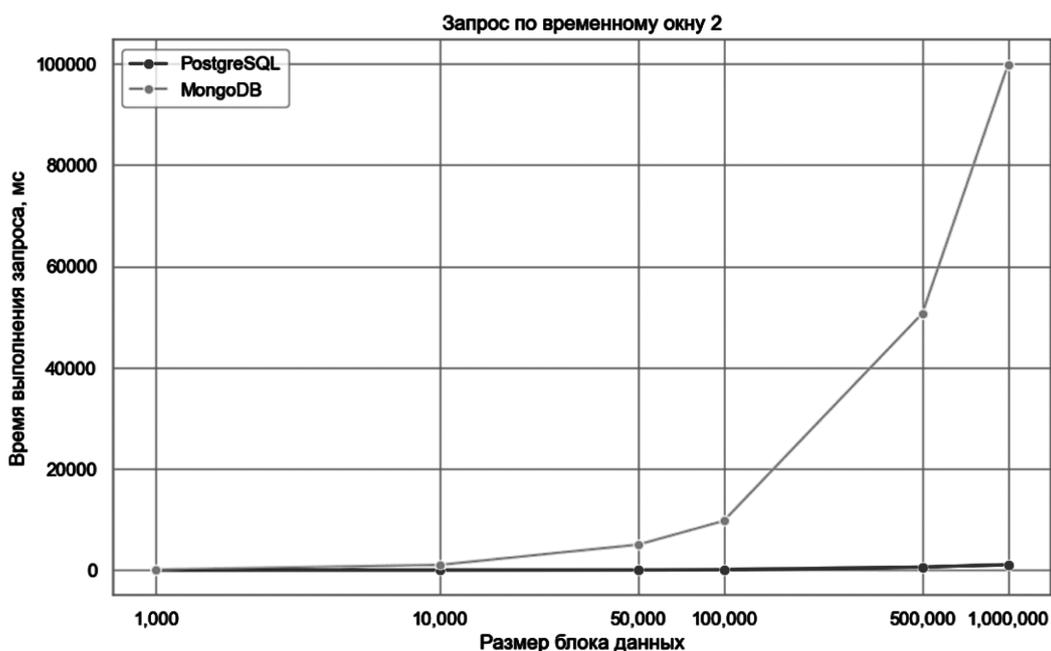


Рис. 6. Зависимость времени выполнения запроса по временному окну 2 от размера блока данных и СУБД

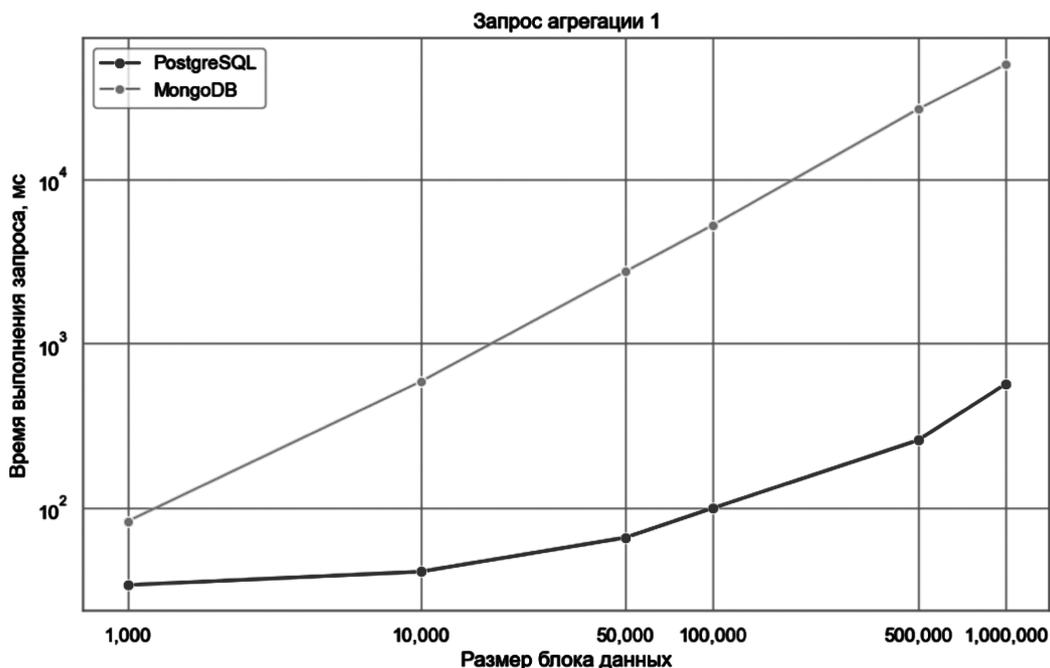


Рис. 7. Зависимость времени выполнения запроса агрегации 1 от размера блока данных и СУБД

- «Получить количество событий по типу за последние 10 часов с группировкой по пользователю и устройству» (Запрос по временному окну 2, рис. 6, табл. 4)

PostgreSQL продемонстрировала лучшие результаты благодаря эффективной обработке временных меток с использованием индексов и оптимизации выполнения группировок. MongoDB на крупных объемах данных показала значительно более высокое время выполнения

из-за затрат на обработку временных диапазонов в документной модели.

Для вычисления значений по параметру «время выполнения агрегационных запросов на блоке данных», были сформированы два запроса:

- «Получить всех пользователей, с событием покупки» (Запрос агрегации 1, рис. 7, табл. 5)
- «Найти количество уникальных пользователей для каждого типа события». (Запрос агрегации 2, рис. 8, табл. 6)

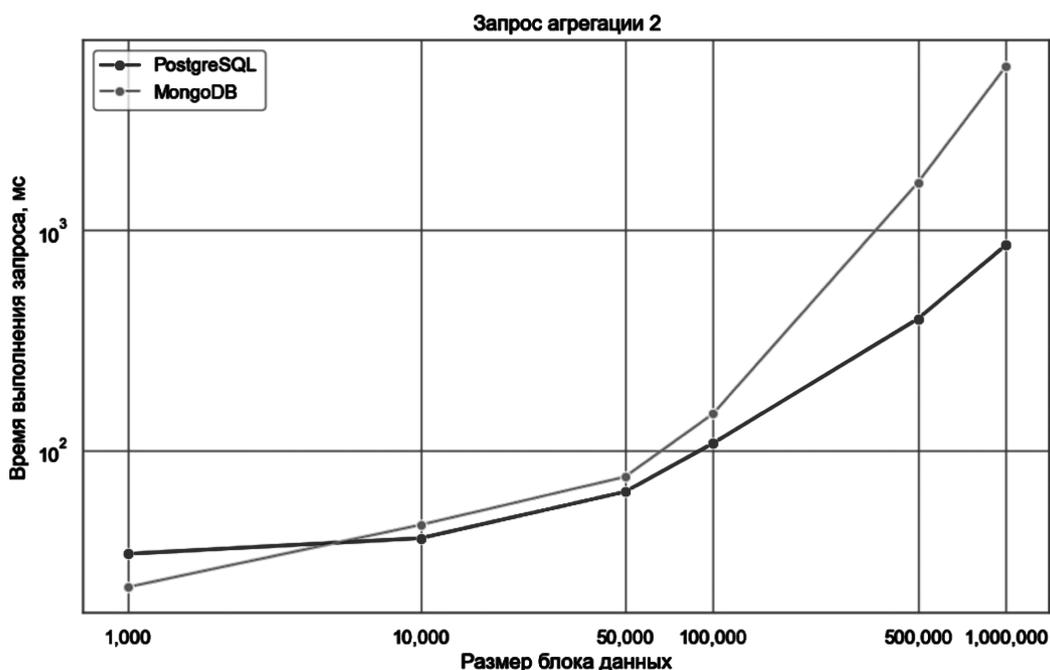


Рис. 8. Зависимость времени выполнения запроса агрегации 2 от размера блока данных и СУБД

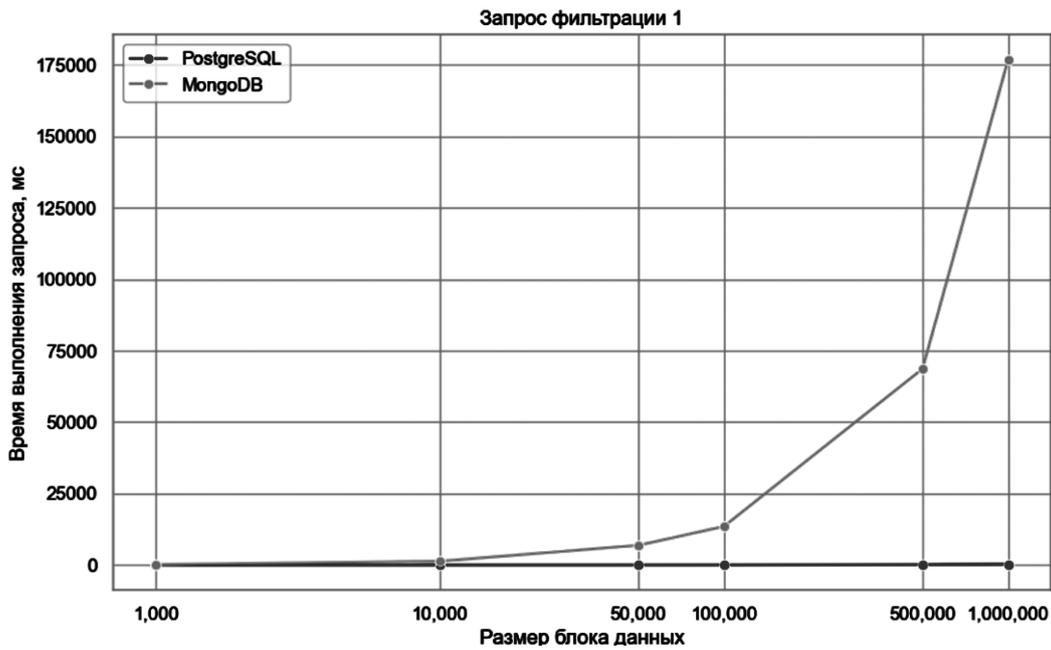


Рис. 9. Зависимость времени выполнения запроса фильтрации 1 от размера блока данных и СУБД

Таблица 7.

Зависимость времени выполнения запроса фильтрации 1 от размера блока данных и СУБД

№ записей в блоке	Время выполнения (PostgreSQL), мс	Время выполнения (MongoDB), мс
1000	37	185
10000	39	1340
50000	55	6903
100000	76	13519
500000	188	68653
1000000	303	176723

При выполнении данных запросов агрегации значительное превосходство показывает PostgreSQL. В первом рассмотренном запросе PostgreSQL показывает более умеренный рост времени выполнения операции, а также выполняет ее за численно меньшее количество времени. Во втором запросе, несмотря на лучшие показатели у MongoDB на блоке из 1000 записей, на всех других блоках PostgreSQL показывает лучшие результаты. PostgreSQL показала значительное превосходство благодаря высокой эффективности механизмов группировки и агрегации. MongoDB, несмотря на гибкость своей модели, оказалась менее оптимизированной для таких операций, особенно на больших объемах данных.

Для вычисления значений по параметру «время выполнения фильтрующих запросов на блоке данных», были сформированы два запроса:

- «Найти пользователей, которые использовали

Таблица 8.

Зависимость времени выполнения запроса фильтрации 2 от размера блока данных и СУБД

№ записей в блоке	Время выполнения (PostgreSQL), мс	Время выполнения (MongoDB), мс
1000	57	164
10000	58	1695
50000	52	7526
100000	69	12329
500000	214	70444
1000000	385	127026

устройства с операционной системой «Windows» (Запрос фильтрации 1, рис. 9, табл. 7)

- Найти все события типа «login» для устройств с операционной системой «Linux» (Запрос фильтрации 1, рис. 10, табл. 8)

В запросах фильтрации PostgreSQL также превосходит MongoDB. Несмотря на то, что разница на блоках 1000 и 1000 незначительна, на остальных блоках MongoDB сильно уступает в скорости. Это объясняется эффективностью индексных структур реляционных баз данных, которые минимизируют затраты на обработку сложных условий.

Оценка полученных результатов

Произведем анализ полученных данных по диапазонам (табл. 9, 10, рис. 11).

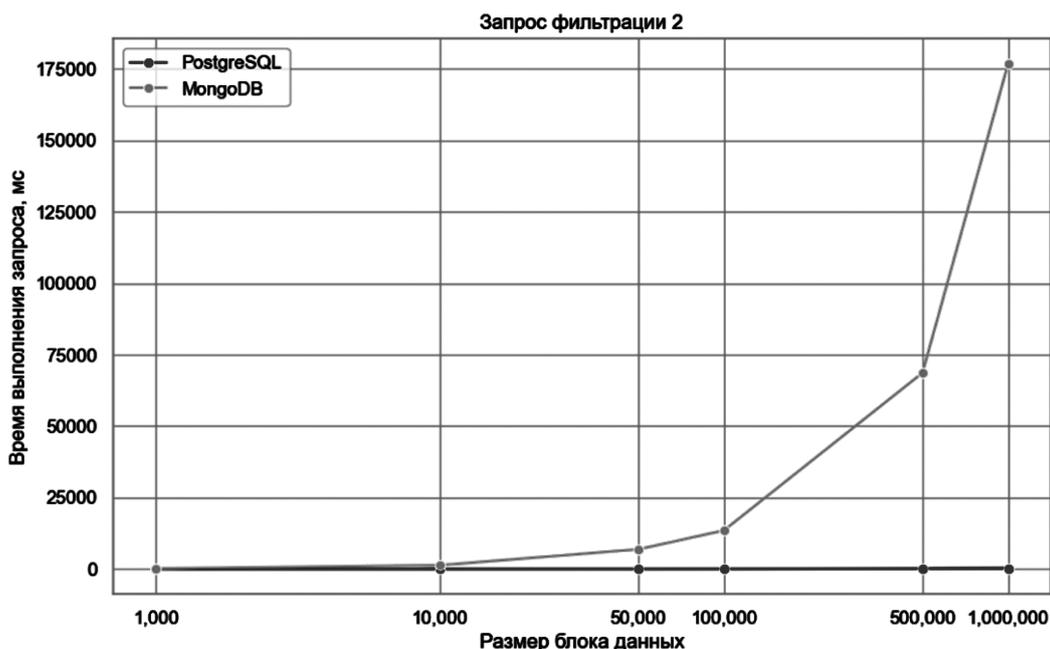


Рис. 10. Зависимость времени выполнения запроса фильтрации 2 от размера блока данных и СУБД

Таблица 9.

Зависимость времени выполнения запросов от размера блока данных для PostgreSQL

N	t_w , мс	t_r , мс	t_{f1} , мс	t_{f2} , мс	t_{a1} , мс	t_{a2} , мс	t_{f1} , мс	t_{f2} , мс
1000	74	35	46	35	34	34	37	57
10000	694	51	40	46	41	40	39	58
50000	4016	117	52	71	71	65	55	52
100000	9737	198	76	116	93	108	76	69
500000	47633	898	163	610	252	396	188	214
1000000	102065	1931	269	1095	430	857	303	385

Таблица 10.

Зависимость времени выполнения запросов от размера блока данных для MongoDB

N	t_w , мс	t_r , мс	t_{f1} , мс	t_{f2} , мс	t_{a1} , мс	t_{a2} , мс	t_{f1} , мс	t_{f2} , мс
1000	76	2	121	109	65	24	185	164
10000	232	2	1791	1044	550	46	1340	1695
50000	1073	3	8477	5057	2645	76	6903	7526
100000	2212	3	14555	9742	5267	147	13519	12329
500000	11821	3	92965	50717	26623	1643	68653	70444
1000000	22692	3	141723	99761	49854	5544	176723	127026

Легенда таблиц 9, 10:

- t_w , мс — время выполнения записи
- t_r , мс — время выполнения чтения
- t_{f1} , мс — время выполнения запроса по временному окну 1
- t_{f2} , мс — время выполнения запроса по временному окну 2
- t_{a1} , мс — время выполнения запроса по агрегации 1
- t_{a2} , мс — время выполнения запроса по агрегации 2
- t_{f1} , мс — время выполнения запроса по фильтрации 1
- t_{f2} , мс — время выполнения запроса по фильтрации 2

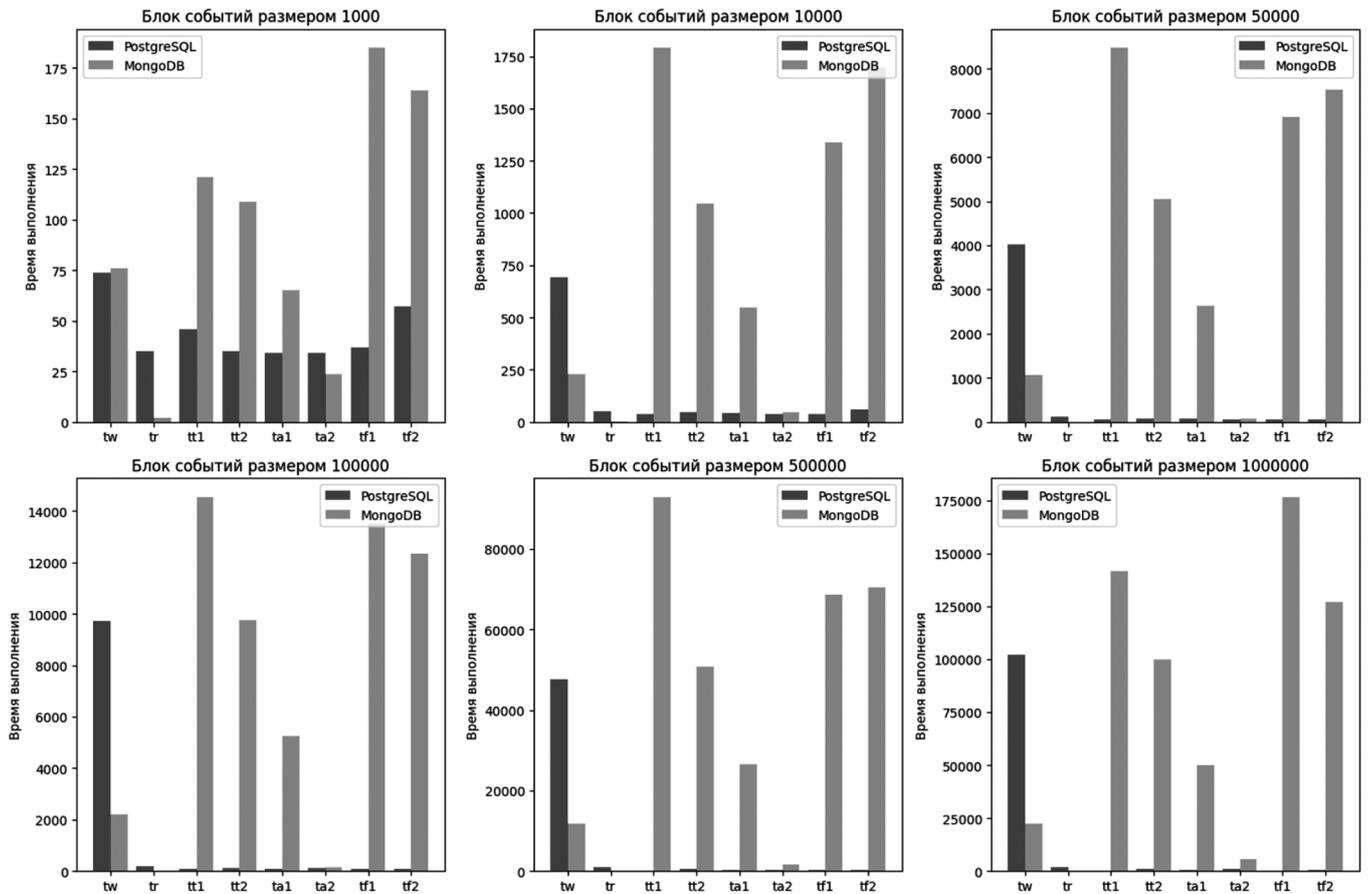


Рис. 11. Графики времени выполнения запросов для MongoDB и PostgreSQL

Из полученных результатов выполнения запросов следует превосходство MongoDB в запросах по записи и чтению. В случае записи, на всех значениях помимо 1000, PostgreSQL показывает гораздо более высокую численно скорость записи. В случае же чтения MongoDB показывает практически статическое время выполнения запроса для любого блока данных.

Однако, PostgreSQL показывает гораздо более высокие показатели при работе с запросами агрегации, фильтрации и запросам по временному окну. Данные операции не превышают 1.1 секунды даже для миллиона объектов, в то время как аналогичные запросы в MongoDB занимают от 5 до 176 секунд.

Таким образом, выбор СУБД и типа БД для хранения и обработки событийных данных напрямую зависит от характера работы с ними. При большом потоке данных и невысокой частоте аналитических запросов, оптимальной СУБД является MongoDB. При большом количестве аналитических забросов в короткий период времени, оптимальнее будет использовать PostgreSQL. Однако, важно отметить, что недостатки СУБД, выявлен-

ные в данном исследовании, возможно частично компенсировать механизмами индексирования и шардирования, предоставляемыми обеими СУБД [1] [2].

Заключение

В данной работе было проведено исследование производительности СУБД при работе с событийными данными — документной MongoDB и реляционной PostgreSQL. Были выделены критерии и параметры, отвечающие за оценку производительности и на их основе проведено экспериментальное исследование. Оценка результатов исследования показала, что выбор СУБД зависит от реальных условий системы, для которой она послужит хранилищем данных: PostgreSQL, как представитель SQL БД, наилучшим образом покажет себя в системах, требующих в первую очередь быстрой обработки событийных данных и использующих аналитические запросы для построения мониторинга на их основе. MongoDB, как представитель NoSQL БД будет оптимальна для систем, в которых аналитические данные по событиям собираются нерегулярно, однако сами события в системе возникают в больших количествах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воропаев Д.В. Шардирование базы данных / Д.В. Воропаев, В.С. Кортун // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: Материалы VII Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 08–12 апреля 2024 года. — Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2024. — С. 293–296. — EDN UFYNGH.
2. Abbasi Maryam & Bernardo Marco & Váz Paulo & Silva Jose & Martins Pedro. (2024). Revisiting Database Indexing for Parallel and Accelerated Computing: A Comprehensive Study and Novel Approaches. Information. 15. 429. 10.3390/info15080429. DOI: 10.3390/info15080429
3. Fischer Fabian & Fischer@uni, Fabian & Mansmann, Florian & Mansmann@uni Florian & Keim Daniel & Keim Daniel. (2011). Real-Time Visual Analytics for Event Data Streams. Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing. 10.1145/2245276.2245432. DOI: 10.1145/2245276.2245432
4. Gurcan Fatih; Berigel Muhammet. 2018. Gurcan Fatih; Berigel Muhammet. (2018). [IEEE 2018 2nd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) — Ankara, Turkey (2018.10.19-2018.10.21)] 2018 2nd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) — Real-Time Processing of Big Data Streams: Lifecycle, Tools, Tasks, and Challenges., (), 1–6. DOI: 10.1109/ISMSIT.2018.8567061

© Горячкин Борис Сергеевич (bsgor@mail.ru); Панов Максим Константинович (panovmk@student.bmstu.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN GOLD MINING ENTERPRISES

**S. Dementiev
M. Roza**

Summary. Modern gold mining enterprises face challenges that require the introduction of innovative technologies to improve the efficiency and safety of production processes. One of the promising areas in this area is the use of artificial intelligence (AI), capable of automating operations, analyzing large amounts of data, and predicting possible risks. AI technologies open new opportunities to improve key aspects of gold mining, such as exploration, mining process management, ore processing and product quality control.

This article analyzes the potential of using artificial intelligence in gold mining enterprises and examines examples of its application at each stage of the production cycle. The purpose of the study is to identify the prospects and key directions for the development of AI technologies in gold mining, as well as to offer recommendations on their integration to improve the efficiency of enterprises.

Keywords: artificial intelligence (AI), gold mining industry, machine learning, computer vision, neural networks, prediction algorithms, SWOT analysis, productivity, environmental sustainability, forecasting.

Дементьев Сергей Юрьевич

Аспирант, Сибирский государственный университет
науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва
super.wark@mail.ru

Роза Мария Петровна

Сибирский государственный университет
науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва
mashenka-roza@mail.ru

Аннотация. Современные золотодобывающие предприятия сталкиваются с вызовами, требующими внедрения инновационных технологий для повышения эффективности и безопасности производственных процессов. Одним из перспективных направлений в этой области является применение искусственного интеллекта (ИИ), способного автоматизировать операции, анализировать большие объемы данных и предсказывать возможные риски. Технологии ИИ открывают новые возможности для улучшения ключевых аспектов золотодобычи, таких как геологоразведка, управление процессами добычи, обработка руды и контроль качества продукции.

В данной статье проводится анализ потенциала использования искусственного интеллекта в золотодобывающих предприятиях и рассматриваются примеры его применения на каждом этапе производственного цикла. Цель исследования — выявить перспективы и ключевые направления развития ИИ-технологий в золотодобыче, а также предложить рекомендации по их интеграции для повышения эффективности работы предприятий.

Ключевые слова: искусственный интеллект (ИИ), золотодобывающая отрасль, машинное обучение, компьютерное зрение, нейронные сети, алгоритмы предсказания, SWOT-анализ, производительность, экологическая устойчивость, прогнозирование.

Введение

На современном этапе горнодобывающая промышленность активно использует технологии искусственного интеллекта (ИИ) для решения разнообразных задач, таких как прогнозирование запасов, оптимизация производства, повышение безопасности труда и минимизация воздействия на окружающую среду. Внедрение ИИ в золотодобывающую отрасль нацелено на повышение эффективности ключевых процессов и требует адаптации существующих решений под специфические особенности добычи и переработки золота. Основные направления применения ИИ в отрасли можно выделить следующим образом [1]:

1. Геологоразведка и прогнозирование месторождений;
2. Оптимизация процессов добычи и переработки руды;
3. Автоматизация и управление производственными процессами;

4. Управление безопасностью труда и экологический мониторинг;
5. Экономическая и операционная эффективность.

Основные результаты

Одним из приоритетных направлений является использование ИИ для анализа геологоразведочных данных и повышения точности прогнозов о потенциальных месторождениях. Алгоритмы машинного обучения способны анализировать обширные массивы геофизических, геохимических и спутниковых данных, что позволяет более точно определять участки, перспективные для разработки. Нейронные сети используются для анализа данных о распределении минералов и предсказания наличия залежей золота. Методы глубокого обучения помогают выявить закономерности, ускользающие при традиционном анализе, позволяя улучшить планирование разведочных работ и снизить затраты на первичные исследования [2].

ИИ находит широкое применение в управлении и оптимизации производственных процессов, таких как дробление, измельчение, обогащение и переработка руды. Машинное обучение и алгоритмы предсказания помогают улучшить настройку оборудования и избежать чрезмерного износа, что снижает эксплуатационные расходы и экономит энергию. Алгоритмы машинного обучения позволяют прогнозировать износ оборудования и корректировать его работу для повышения срока службы. Оптимизация работы флотационного оборудования и фильтров позволяет экономить на реагентах и уменьшить потери золота в отходах.

Внедрение систем автоматизации на базе ИИ способствует созданию «умных шахт» — предприятий, на которых большинство процессов контролируется и управляется в режиме реального времени. Применение компьютерного зрения и роботизированных систем позволяет выполнять операции дистанционно и минимизировать участие человека в опасных зонах. Внедрение автономных буровых и транспортных установок снижает риски для здоровья работников и позволяет существенно сократить затраты на персонал. Интеллектуальные системы мониторинга позволяют в режиме реального времени управлять концентрацией золота в потоке, избегая перерасхода реагентов и уменьшив затраты.

ИИ также активно используется для улучшения условий труда и снижения экологических рисков. Системы компьютерного зрения и датчиков позволяют контролировать соблюдение техники безопасности, а прогнозные модели помогают предсказать аварийные ситуации и предупредить их. Использование ИИ для мониторинга безопасности, включая распознавание опасных ситуаций (например, близость работников к опасным зонам), позволяет снизить количество несчастных случаев. Алгоритмы анализа данных помогают предсказывать аварии, определять потенциальные угрозы для окружающей среды, например выбросы вредных веществ, что позволяет оперативно реагировать на возникающие проблемы [1].

В золотодобывающей отрасли внедрение ИИ способствует снижению затрат на производственные процессы и улучшению операционной эффективности. Например, системы предиктивной аналитики позволяют избежать дорогостоящих простоев и ремонта, прогнозируя износ и необходимость обслуживания оборудования. Оптимизация маршрутов для автономной техники и управление расходом энергии с помощью алгоритмов машинного обучения также способствуют сокращению операционных расходов [2].

Несмотря на значительные преимущества ИИ, его внедрение в золотодобывающей отрасли сопряжено с рядом трудностей:

- высокие затраты на внедрение и настройку ИИ-систем, что требует дополнительных инвестиций на первоначальном этапе;
- недостаток квалифицированного персонала для работы с ИИ-технологиями, что требует затрат на обучение и адаптацию персонала;
- необходимость адаптации ИИ-решений под специфику золотодобывающих процессов, что требует времени и дополнительных ресурсов.

Текущее состояние применения ИИ в золотодобывающей отрасли демонстрирует большой потенциал для улучшения процессов, однако требует комплексного подхода к внедрению и адаптации.

Внедрение технологий искусственного интеллекта в золотодобывающей отрасли является важным шагом к повышению эффективности и устойчивости производственных процессов. Практические кейсы из реального мира предоставляют ценные данные о том, как именно ИИ может быть использован для решения конкретных задач, а также о рисках и трудностях, с которыми сталкиваются компании. Далее рассмотрим несколько успешных примеров применения ИИ в золотодобыче [3].

Barrick Gold Corporation (Канада), одна из крупнейших золотодобывающих компаний в мире, активно использует ИИ для повышения производительности и оптимизации своих операций. Barrick внедрила систему, использующую машинное обучение для анализа данных из сенсоров и оборудования, что позволяет предсказывать поломки и планировать техническое обслуживание. Использование ИИ в геологоразведке для улучшения моделей прогнозирования месторождений, что повышает эффективность разведки и снижает затраты на поиск новых ресурсов. В результате компания добилась снижения времени простоя оборудования и оптимизация процессов добычи, а также повышение точности прогнозирования запасов золота. Риски, связанные с интеграцией это начальные инвестиции в инфраструктуру и обучение персонала, а также необходимость интеграции ИИ-систем с существующими процессами и данными.

Newmont Mining Corporation (США) одна из ведущих золотодобывающих компаний, которая использует ИИ для повышения безопасности труда и управления экологическими рисками. Компания разработала систему компьютерного зрения для анализа видеопотоков с камер на производственных площадках. Это позволяет в реальном времени выявлять опасные ситуации и потенциальные угрозы. ИИ используется для анализа данных об окружающей среде, что помогает контролировать выбросы и минимизировать негативное воздействие на природу. Как результат существенное улучшение уровня безопасности на местах работы

и уменьшение негативного воздействия на экологию, улучшение репутации компании. Трудности внедрения — это высокие затраты на установку, обслуживание систем видеонаблюдения и ложности в анализе данных и необходимость в квалифицированных кадрах.

Gold Fields (Южноафриканская Республика) активно внедряет ИИ в своих шахтах для повышения эффективности и уменьшения затрат. Применение ИИ в компании используются для оптимизации процессов добычи и дистанционного управления. Использование алгоритмов машинного обучения для анализа и оптимизации процессов дробления и обогащения руды. Внедрение автономных транспортных средств для транспортировки руды, что снижает риск для работников. Это привело к повышению производительности, снижению затрат на операционные процессы и увеличение уровня безопасности за счет снижения числа работников в опасных

зонах. Присутствует необходимость значительных инвестиций в автономные технологии и потребность в обучении персонала для работы с новыми технологиями.

Kinross Gold Corporation (Канада) использует ИИ для улучшения качества продукции и повышения эффективности производственных процессов. Компания занимается разработкой моделей машинного обучения для анализа данных о качестве руды и улучшения процесса обогащения. ИИ применяется для предсказания потребностей в ресурсах и оптимизации запасов. В результате компания добилась улучшения качества конечного продукта, снижение отходов и повышение экономической эффективности за счет более точного планирования. Риски и трудности заключаются в сложности в интеграции ИИ-систем с существующими процессами, а также потребность в постоянной поддержке и обновлении моделей.



Рис. 1. Преимущества и ограничения использования ИИ в золотодобыче

Agnico Eagle Mines Limited (Канада) внедряет ИИ для повышения устойчивости своих операций и минимизации воздействия на окружающую среду. Применение ИИ в компании применяется в области экологического мониторинга и оптимизации ресурсов. Использование ИИ для анализа данных о выбросах и состоянии окружающей среды, что позволяет своевременно выявлять и устранять проблемы. Применение машинного обучения для оптимизации использования воды и энергоресурсов в производственных процессах. Как результаты снижение экологического воздействия на местные экосистемы и оптимизация использования ресурсов, что привело к снижению затрат. Внедрение происходит с учетом непредсказуемости изменений в экологическом законодательстве и необходимость в постоянном мониторинге и адаптации к изменениям.

Изучение практических кейсов внедрения ИИ в золотодобывающую отрасль показывает, что технологии ИИ могут значительно улучшить производственные процессы, повысить безопасность и снизить экологическое воздействие. Однако успешная реализация ИИ требует внимательного подхода к оценке рисков, затрат и необходимости в подготовке персонала. Эти примеры служат основой для дальнейшего изучения и разработки стратегий внедрения ИИ в золотодобычу, с учетом уникальных условий и потребностей каждой компании.

Искусственный интеллект (ИИ) находит все более широкое применение в золотодобывающей отрасли, предлагая значительные возможности для повышения производительности и оптимизации процессов. Однако, помимо многочисленных преимуществ, внедрение ИИ сопряжено с определенными ограничениями, которые стоит учитывать. На рисунке 1 приводится оценка преимуществ и ограничений использования ИИ в золотодобыче с учетом экономической эффективности, экологической устойчивости и безопасности труда [4].

Применение ИИ в золотодобыче предоставляет значительные преимущества в аспектах экономической эффективности, устойчивости и безопасности труда. ИИ позволяет улучшить производственные процессы, снизить влияние на окружающую среду и обеспечить более высокую безопасность для работников. Однако реализация этих технологий требует учета значительных финансовых, технических и социальных ограничений. Эти ограничения могут быть преодолены при тщательном планировании и комплексной поддержке процессов, направленных на эффективную интеграцию ИИ в золотодобывающую отрасль.

Внедрение технологий ИИ в золотодобычу может значительно повысить эффективность процессов и минимизировать экологическое воздействие. Разные технологии ИИ обладают своими сильными и слабыми

сторонами, что делает их более или менее подходящими для определенных задач на каждом этапе производственного цикла. В таблице 1 будут рассмотрены основные технологии ИИ, такие как машинное обучение, компьютерное зрение, нейронные сети и алгоритмы предсказания [2, 3].

Сравнительный анализ технологий ИИ показывает, что каждая из них имеет свои уникальные возможности и ограничения, что делает их более или менее подходящими для различных задач в золотодобывающей отрасли. Для достижения максимальной эффективности следует рассматривать возможность интеграции нескольких технологий в рамках единой системы, что позволит более полно использовать их преимущества и минимизировать недостатки. Определение конкретных задач и требований на каждом этапе производственного цикла поможет выбрать наилучшие подходы для внедрения ИИ в золотодобычу [5].

SWOT-анализ (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) представляет собой стратегический инструмент, который помогает оценить внутренние и внешние факторы, влияющие на внедрение технологий искусственного интеллекта в золотодобычу. Этот анализ позволяет выявить сильные и слабые стороны, возможности и угрозы, связанные с использованием ИИ-технологий, что в свою очередь помогает разработать стратегию для успешного внедрения. SWOT-анализ отображен на рисунке 2.

SWOT-анализ показывает, что внедрение ИИ в золотодобывающую отрасль имеет как значительные пре-

Таблица 1.
Сравнительная таблица технологий ИИ

Технология	Применение	Преимущества	Ограничения
Машинное обучение	Оптимизация процессов, предсказание	Гибкость, способность обрабатывать большие данные	Зависимость от данных, сложность интерпретации
Компьютерное зрение	Мониторинг безопасности, контроль качества	Высокая точность, автоматизация процессов	Качество изображений, сложность настройки
Нейронные сети	Геологоразведка, прогнозирование	Обучение на сложных данных, поддержка глубокого обучения	Необходимость в большом объеме данных, высокие требования к вычислениям
Алгоритмы предсказания	Прогнозирование выходов и потребностей	Простота реализации, быстрая адаптация	Ограниченная предсказательная сила, необходимость в обновлении

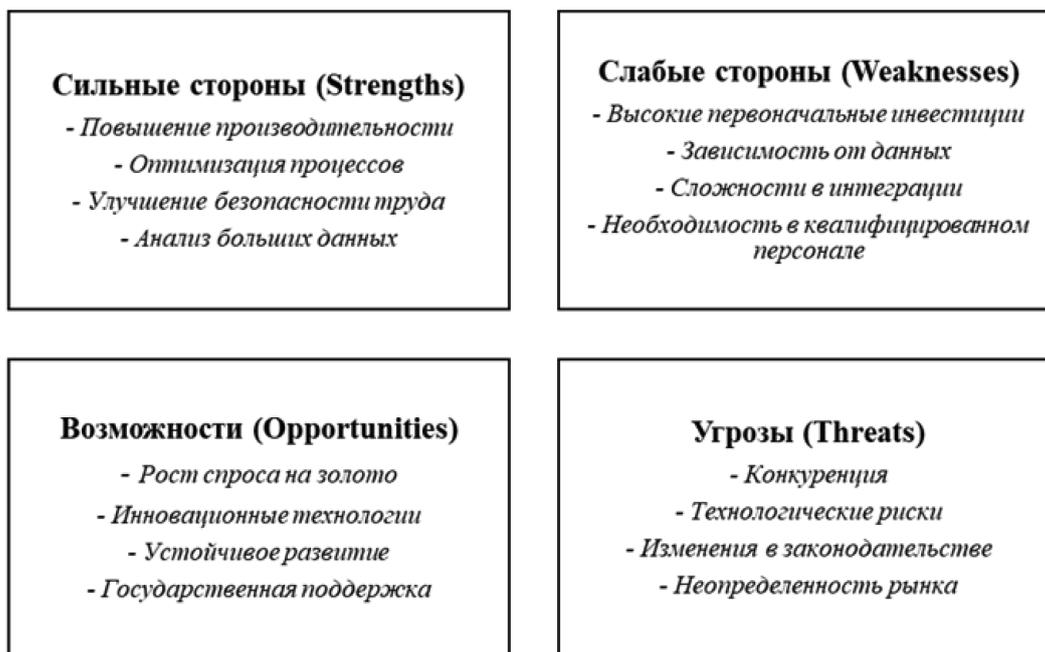


Рис. 2. SWOT-анализ внедрения ИИ в золотодобывающую отрасль

имущества, так и определенные риски. Сильные стороны и возможности создают благоприятные условия для развития и оптимизации процессов, в то время как слабые стороны и угрозы требуют внимательного подхода и стратегического планирования. Успех внедрения ИИ в золотодобычу будет зависеть от способности компаний эффективно управлять этими факторами и использовать технологии для достижения конкурентных преимуществ.

Внедрение ИИ в золотодобывающую отрасль требует стратегического подхода, учитывающего особенности производственных процессов и возможные риски. Правильная интеграция ИИ может значительно повысить экономическую эффективность, улучшить экологическую устойчивость и повысить безопасность труда. На рисунке 3 представлены ключевые рекомендации для успешного внедрения ИИ-технологий на золотодобывающих предприятиях [6, 8].

Подробнее по каждой рекомендации далее:

1. Проведение анализа потребностей и возможностей предприятия. Перед началом внедрения ИИ необходимо провести тщательный анализ текущих производственных процессов и определить конкретные задачи, которые могут быть решены с помощью технологий ИИ. Рекомендуется:
 - определить ключевые процессы;
 - провести предварительную оценку;
 - проанализировать готовность.
2. Создание инфраструктуры для работы с данными. Для успешного использования ИИ предприятиям необходимо иметь надежную систему сбора, хранения и анализа данных. Следует:

- внедрить систему управления данными;
 - обеспечить безопасность и защиту данных;
 - разработать стандарты данных.
3. Пилотное внедрение ИИ на приоритетных участках. Для минимизации рисков и адаптации технологий ИИ к особенностям предприятия рекомендуется начинать с пилотных проектов. Это позволяет выявить потенциальные трудности и оптимизировать процессы до полномасштабного внедрения. Рекомендуется:
 - выбрать участки с наибольшим потенциалом для оптимизации;
 - оценить результаты пилотного внедрения;
 - внести необходимые коррективы.
 4. Обучение и адаптация персонала. Использование ИИ требует подготовки персонала и привлечения специалистов, способных работать с данными и технологиями ИИ. Это помогает сократить риск ошибок и повысить доверие работников к новым технологиям. Следует:
 - организовать обучающие программы;
 - внедрить систему поддержки пользователей;
 - привлечь специалистов по ИИ и аналитике данных.
 5. Мониторинг рисков и соблюдение стандартов безопасности. При внедрении ИИ важно учитывать возможные риски для работников, техники и окружающей среды. Рекомендуется:
 - разработать систему мониторинга и предотвращения рисков;
 - соблюдать стандарты безопасности;
 - интегрировать меры защиты данных и информации.
 6. Постоянный контроль экономической эффективности и экологической устойчивости. После вне-



Рис. 3. Ключевые рекомендации для внедрения ИИ-технологий на золотодобывающих предприятиях

дрения ИИ на полномасштабной основе рекомендуется регулярно оценивать его эффективность, чтобы выявлять дополнительные возможности для оптимизации. Следует:

- оценивать экономическую эффективность;
 - проводить регулярный аудит экологических показателей;
 - адаптировать и обновлять модели ИИ.
7. Адаптация подходов к соблюдению нормативных требований и социальной ответственности. Внедрение ИИ может вызывать вопросы в части соблюдения правовых норм и социальной ответственности перед работниками и местными сообществами. Рекомендуется:
- обеспечить соответствие законодательным требованиям;
 - внедрить социальные программы;
 - учитывать мнение местных сообществ.

8. Постоянное развитие и внедрение новых ИИ-технологий. Технологии ИИ развиваются стремительно, и для максимального эффекта важно отслеживать инновации и внедрять новые подходы по мере их появления. Рекомендуется:

- поддерживать связь с поставщиками технологий ИИ;
- инвестировать в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР);
- создать отдел инноваций.

Внедрение ИИ-технологий в золотодобывающую отрасль требует комплексного подхода и учета уникальных особенностей производственного процесса. Следование данным рекомендациям поможет минимизировать риски, повысить производительность и эффективно адаптировать ИИ к потребностям компании, обеспечив экономическую выгоду, устойчивое развитие и повышение уровня безопасности на всех этапах производства [7].

Таблица 2.

Ключевые направления будущих исследований и разработок ИИ в золотодобыче

Направление	Пример	Описание
1. Разработка интеллектуальных систем для предсказательной аналитики	Оптимизация производственных процессов	Дальнейшие исследования в области предсказательной аналитики могут помочь в прогнозировании производительности оборудования, потребности в ресурсах и возможности возникновения непредвиденных ситуаций. Это позволит более эффективно планировать добычу и переработку руды.
	Анализ больших данных	Необходимо разработать алгоритмы, способные обрабатывать и анализировать большие объемы данных с учетом многопараметрических моделей, что улучшит точность прогнозирования.
2. Улучшение моделей машинного обучения для разведки месторождений	Геологоразведка с использованием ИИ	Исследование новых методов применения ИИ в анализе геофизических и геохимических данных для повышения точности определения месторождений. Это включает в себя использование алгоритмов глубокого обучения для создания 3D-моделей подземных структур.
	Интеграция ИИ с традиционными методами	Разработка моделей, которые объединяют ИИ с традиционными геологоразведочными подходами для более точного прогнозирования находок золота.
3. Автоматизация процессов добычи и переработки	Автономные системы	Дальнейшие исследования в области разработки и внедрения автономных буровых установок и грузовых машин, способных эффективно работать в условиях сложного рельефа и меняющихся геологических условий.
	Интеллектуальные системы управления	Создание более совершенных систем управления для оптимизации процессов дробления и обогащения с использованием ИИ, что позволит увеличить эффективность извлечения золота и снизить энергозатраты.
4. Оптимизация экологического мониторинга и управления отходами	Индикаторы устойчивости	Разработка ИИ-систем для мониторинга и анализа экологических показателей в реальном времени, таких как уровень выбросов, качество воды и состояние почвы. Это позволит оперативно реагировать на экологические угрозы.
	Управление отходами	Исследование решений на основе ИИ для автоматизации процессов обработки и утилизации отходов, что может минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.
5. Инновационные подходы к обучению и адаптации персонала	Виртуальная и дополненная реальность (VR/AR)	Разработка технологий VR и AR для обучения сотрудников использованию ИИ-технологий в безопасной и контролируемой среде. Это поможет быстрее адаптировать персонал к новым технологиям.
	Системы поддержки принятия решений	Создание интеллектуальных систем, которые помогут работникам в принятии решений на основе анализа данных и предсказаний, что повысит уровень вовлеченности и понимания технологий.
6. Изучение социальных и этических аспектов внедрения ИИ	Влияние на рабочие места	Исследование воздействия автоматизации на занятость в золотодобывающей отрасли, включая методы переподготовки и переквалификации работников, чтобы смягчить последствия сокращения рабочих мест.
	Этические аспекты применения ИИ	Анализ вопросов этики и социальной ответственности, связанных с внедрением ИИ в золотодобычу, чтобы разработать рекомендации по справедливому и устойчивому внедрению новых технологий.
7. Системы управления рисками и безопасностью	Модели оценки рисков	Разработка ИИ-моделей, которые смогут оценивать риски для работников и окружающей среды, основываясь на данных о состоянии оборудования и условиях работы.
	Интеллектуальные системы безопасности	Создание систем, использующих ИИ для мониторинга условий труда и выявления потенциально опасных ситуаций в режиме реального времени, что повысит уровень безопасности на предприятиях.

Искусственный интеллект (ИИ) открывает новые горизонты для оптимизации производственных процессов и минимизации экологического воздействия в зо-

лотодобывающей отрасли. В таблице 2 представлены ключевые направления, которые могут стать основой для будущих исследований и разработок [8].

Заключение

Дальнейшие исследования и разработки в области применения ИИ в золотодобыче имеют огромный потенциал для оптимизации производственных процессов и снижения экологического воздействия. Успешная реализация этих направлений поможет создать более устойчивую и эффективную золотодобывающую отрасль, способствующую сохранению окружающей среды и повышению качества жизни работников.

Внедрение технологий искусственного интеллекта (ИИ) в золотодобывающую отрасль предоставляет компаниям значительные преимущества и возможности для оптимизации производственных процессов. Результаты исследования показали, что ИИ может значительно повысить эффективность на различных этапах производственного цикла, включая разведку месторождений, добычу и переработку руды, а также контроль качества и безопасность.

Искусственный интеллект становится ключевым инструментом для повышения конкурентоспособности золотодобывающих компаний. Эффективное использование ИИ позволяет не только оптимизировать процессы,

но и снижать затраты, повышать безопасность и минимизировать экологические риски. Успешное внедрение ИИ требует системного подхода, включающего оценку текущих процессов, разработку стратегии, обучение персонала и управление рисками. Компании должны учитывать специфику своих производственных процессов и адаптировать технологии к их нуждам. В свете быстро меняющихся технологий и требований рынка важно продолжать исследовать и развивать новые ИИ-решения, которые могут способствовать дальнейшему совершенствованию производственных процессов и снижению экологического воздействия. Рекомендации для практики. Золотодобывающим компаниям рекомендуется следовать разработанным рекомендациям по внедрению ИИ-технологий, активно обучать персонал и создавать механизмы мониторинга для оценки эффективности внедрения.

В итоге применение ИИ в золотодобывающей отрасли открывает новые горизонты для повышения производительности, экономической эффективности и устойчивого развития. Компании, готовые инвестировать в эти технологии и адаптироваться к новым условиям, смогут занять лидирующие позиции на рынке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dementiev S.Yu. Industrial Internet of Things in Russia / S.Yu. Dementiev, A.V. Murygin // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. — 2023. — Vol. 8, No. 5–2(31). — P. 5–8. — EDN YUADZX.
2. Henrik B. Mashinnoe obuchenie. [Text]. / B. Henrik, M. Feverolf, Dzh. Richards // Piter. — 2017. — p. 336.
3. Sheffer Je. Industrija H.O. Preimushhestva cifrovih tehnologij dlja proizvodstva. [Text]. / Je. Sheffer // 2019. — p.320.
4. Dementev S.Y. big data analysis in an industrial enterprise / S.Y. Dementev, M.P. Roza // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. — 2023. — Vol. 8, No. 6(32). — P. 142–147. — EDN BGKFTG.
5. Tan P.N. Introduction to data mining / P.N. Tan, M. Steinbach, V. Kumar. — Pearson, 2018. — 173 p.
6. Talla M.N. Real-time process mining: Challenges, techniques, and applications / M.N. Talla, F.M. Nakhli, S. Rinderle-Ma // Information Systems. — 2021. — No. 99. — pp. 602–620.
7. Theuri J., Olukuru J. The impact of Artificial Intelligence and how it is shaping banking. — KBA Centre for Research on Financial Markets and Policy Working Paper Series, 2022. — №. 61. — С. 3–7.
8. Ng K.K.H. et al. A systematic literature review on intelligent automation: Aligning concepts from theory, practice, and future perspectives //Advanced Engineering Informatics. — 2021. — T. 47. С. 10–12.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В КИБЕРУГРОЗАХ: ВОЗМОЖНОСТИ И ВЫЗОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ФИШИНГОВЫХ АТАК И ИХ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CYBER THREATS: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES OF USING NEURAL NETWORKS FOR PHISHING ATTACKS AND THEIR DETECTION

N. Donskikh

Summary. This article examines the impact of artificial intelligence, in particular large language models, on the evolution of phishing attacks, as well as the possibilities of countering these threats using classification neural networks. It considers the methods that attackers use to create personalized and convincing phishing messages and analyzes the effectiveness of neural networks in their detection and prevention. Particular attention is paid to the importance of balancing the development of AI technologies and their regulation to ensure cybersecurity. In conclusion, technical, legal, and ethical measures aimed at regulating and safely using these technologies are proposed.

Keywords: artificial intelligence, large language models, phishing attacks, neural networks, classification models, cybersecurity, AI regulation, social engineering, personalization of attacks, AI technologies.

Донских Никита Игоревич

Аспирант, Финансовый университет
при Правительстве РФ, г. Москва
Nikdonskikh@gmail.com

Аннотация. В статье исследуется влияние искусственного интеллекта, в частности больших языковых моделей, на эволюцию фишинговых атак, а также возможности противодействия этим угрозам с помощью классификационных нейронных сетей. Рассматриваются методы, которые злоумышленники используют для создания персонализированных и убедительных фишинговых сообщений, а также анализируется эффективность нейросетей в их выявлении и предотвращении. Особое внимание уделяется важности баланса между развитием ИИ-технологий и их регулированием для обеспечения кибербезопасности. В заключении предложены технические, правовые и этические меры, направленные на регулирование и безопасное использование этих технологий.

Ключевые слова: искусственный интеллект, большие языковые модели, фишинговые атаки, нейронные сети, классификационные модели, кибербезопасность, регулирование ИИ, социальная инженерия, персонализация атак, технологии ИИ.

Введение

Современные технологии искусственного интеллекта (ИИ) открывают перед человечеством широкие перспективы, позволяя автоматизировать процессы, улучшать качество услуг и создавать инновационные продукты. Однако, вместе с положительными изменениями, нейронные сети, особенно крупные языковые модели, становятся инструментом, который могут использовать злоумышленники. Одной из наиболее значимых угроз сегодня является применение ИИ для реализации фишинговых атак.

Фишинг, основанный на использовании социальных приемов манипуляции, ранее часто сводился к рассылке стандартных сообщений, которые легко идентифицировались благодаря грамматическим ошибкам и небрежному оформлению [1]. Но с развитием языковых моделей, таких как GPT, стало возможным создавать тексты, которые выглядят настолько правдоподобно, что их трудно отличить от работы человека. Это привело к значительному увеличению точности и эффективности фишинговых атак, усложняя их выявление.

Параллельно с этим, прогресс в создании классификационных моделей на основе нейронных сетей открывает новые возможности для эффективного выявления фишинговых атак. Такие модели способны анализировать текстовые сообщения, оценивая их подлинность, что позволяет минимизировать риск утечек данных. Однако быстрая адаптация злоумышленников к новым методам требует от разработчиков систем безопасности постоянной работы над усовершенствованием своих решений [2].

В статье рассматриваются перспективы использования крупных языковых моделей для реализации фишинговых атак, а также способы их обнаружения с помощью классификационных нейронных сетей. Особое внимание уделяется необходимости нахождения баланса между развитием технологий искусственного интеллекта и обеспечением их безопасного применения.

Результаты исследования

Фишинг, как форма социальной инженерии, нацелен на обман пользователей с целью получения их конфи-

денциальных данных, таких как пароли, информация о банковских картах или доступ к системам. Ранее злоумышленники часто использовали стандартные шаблоны сообщений, которые легко идентифицировались благодаря орфографическим ошибкам и явным признакам подделки. Однако появление крупных языковых моделей, например GPT, существенно изменило подход к таким атакам [3].

Языковые модели, обученные на огромных объемах текстовых данных, способны создавать связные, грамматически корректные и стилистически выверенные тексты. Анализ данных из открытых источников, таких как социальные сети, позволяет злоумышленникам генерировать сообщения, адресованные конкретным людям. Такие письма могут содержать персональную информацию, что значительно повышает доверие жертвы. Модели способны воспроизводить тон и стиль официальной корреспонденции, например писем от банков, IT-компаний или других организаций, включая использование профессиональной терминологии и корпоративной лексики. Благодаря ИИ можно быстро генерировать сотни или даже тысячи уникальных сообщений, что затрудняет их выявление спам-фильтрами и увеличивает шансы на успех атаки [4].

Злоумышленник может воспользоваться языковой моделью для создания убедительного письма от имени службы поддержки популярного интернет-магазина. В таком письме будет содержаться правдоподобное объяснение, почему пользователю нужно срочно перейти по ссылке, например, чтобы подтвердить покупку или восстановить доступ к своему аккаунту [5].

Особенности использования GPT в фишинговых атаках:

1. Автоматизация переводов — модели ИИ дают возможность организовывать фишинговые кампании на нескольких языках, адаптируя их под конкретные регионы и аудитории.
2. Контекстная генерация контента — вводя ключевые данные, такие как имя адресата или название компании, злоумышленники могут получать тексты, которые максимально соответствуют заданной ситуации.
3. Обход фильтров — благодаря умению генерировать тексты без характерных ключевых слов, языковые модели помогают обходить фильтры, настроенные на выявление спама.

Исследования показывают, что языковые модели активно применяются для создания более изощренных атак. Например, письма с ложными уведомлениями о взломе аккаунта или поддельными инструкциями по обновлению безопасности становятся всё более распространёнными. Актуальные темы, такие как COVID-19,

часто используются для разработки фишинговых кампаний, в которых ИИ создаёт тексты, нацеленные на эксплуатацию страхов и интересов жертв [6].

Применение языковых моделей делает фишинг особенно опасным, поскольку создаваемые тексты трудно отличить от сообщений, составленных человеком. Это поднимает необходимость разработки новых методов защиты, которые будут рассмотрены в следующем разделе.

С увеличением сложности фишинговых атак, вызванным применением больших языковых моделей, традиционные средства защиты, такие как фильтрация ключевых слов или проверка отправителей, теряют свою эффективность. Чтобы противостоять этим новым вызовам, разработчики всё чаще используют классификационные нейронные сети, которые способны анализировать множество параметров сообщений и оценивать их подлинность [7].

Классификационные нейронные сети основаны на методах машинного обучения, что позволяет им адаптироваться к постоянно изменяющимся угрозам. Среди ключевых преимуществ таких технологий можно выделить:

Глубокий текстовый анализ — эти модели учитывают синтаксические, семантические и стилистические аспекты текста, позволяя выявлять даже скрытые признаки фишинга.

Анализ метаданных — помимо текста, нейронные сети рассматривают дополнительные параметры, такие как IP-адрес отправителя, время отправки, структура заголовков и вложений, что помогает формировать более точную оценку.

Обучение на больших массивах данных — такие модели проходят обучение на миллионах примеров, включая как безопасные, так и фишинговые сообщения, что позволяет эффективно различать их.

Выявление аномалий — нейронные сети способны обнаруживать подозрительное поведение, даже если оно не соответствует известным паттернам атак, что особенно важно в условиях постоянной эволюции угроз [8].

Алгоритм работы классификационной модели представлен на рисунке 1.

Классификационные модели находят широкое применение в различных сферах кибербезопасности. Например, почтовые сервисы, такие как Gmail и Outlook, используют нейронные сети для анализа входящих сообщений, что позволяет автоматически перемещать

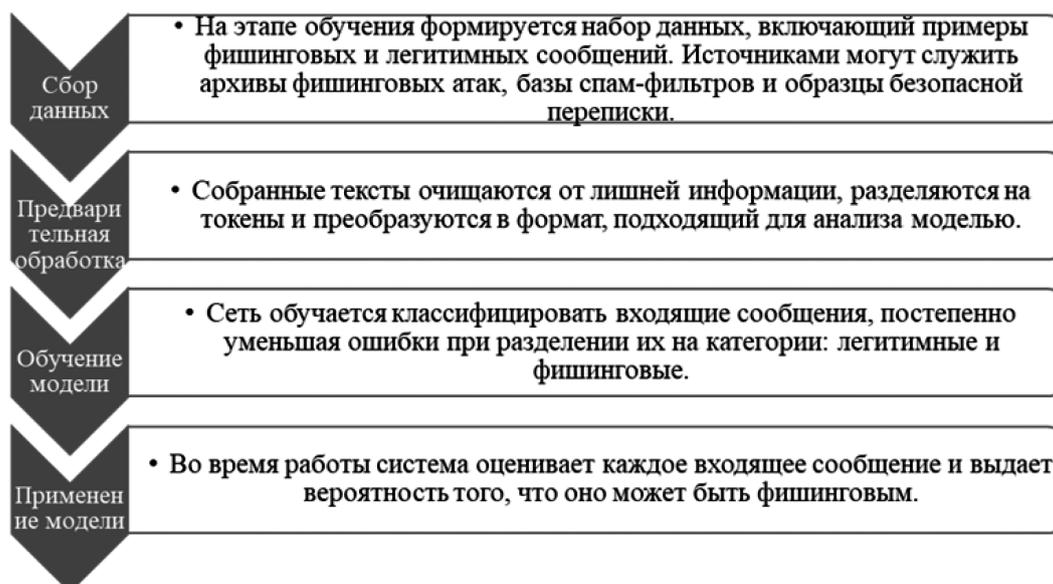


Рис. 1. Алгоритм работы классификационной модели

подозрительные письма в папку «Спам» и защищать пользователей от потенциальных угроз. Кроме того, такие модели применяются для анализа URL-адресов, проверяя, ведут ли ссылки на поддельные сайты или представляют другую опасность [10]. В случае выявления фишинговой активности системы могут оперативно уведомлять пользователей или администраторов, предотвращая дальнейшее распространение угроз.

Несмотря на высокую эффективность, классификационные модели имеют ряд существенных ограничений. Одной из главных проблем являются фальшивые срабатывания, когда легитимные сообщения ошибочно классифицируются как фишинговые, что может создавать неудобства и нарушать рабочие процессы. Кроме того, злоумышленники активно адаптируют свои методы, используя технологии ИИ для обхода защитных систем, что вынуждает разработчиков регулярно обновлять модели [9]. Также значительным препятствием остаются высокие вычислительные затраты, так как анализ и обработка больших объемов данных требуют значительных ресурсов.

Будущее классификационных моделей связано с интеграцией ИИ и сопутствующих технологий, таких как гибридные системы, которые объединяют нейронные сети с эвристическими методами и базами данных угроз для повышения эффективности защиты. Перспективным направлением является внедрение самообучающихся алгоритмов, способных автоматически обновляться на основе новых данных о фишинговых атаках. Также особое внимание уделяется учёту контекста, что позволит моделям анализировать сообщения в рамках переписки пользователя и точнее выявлять угрозы. Уже сегодня классификационные нейронные сети играют важнейшую роль в противодействии фишингу, а их постоянное

совершенствование станет залогом повышения кибербезопасности в условиях растущей сложности атак [11].

Вывод

Бурное развитие технологий искусственного интеллекта, особенно больших языковых моделей, значительно изменило ландшафт киберугроз, делая фишинговые атаки более убедительными и масштабируемыми. Способность таких моделей создавать персонализированные и стилистически выверенные тексты бросает вызов традиционным методам защиты.

В то же время классификационные нейронные сети показывают высокую эффективность в борьбе с этими угрозами, анализируя текстовые и метаданные сообщений, выявляя признаки фишинга и приспосабливаясь к новым тактикам злоумышленников. Однако искусственный интеллект остается двусторонним инструментом, используемым как для защиты, так и для совершения атак.

Для обеспечения надежной кибербезопасности требуется системный подход, включающий технические решения, правовые нормы и этические стандарты. Разработка механизмов регулирования ИИ должна минимизировать риски его злоупотребления, одновременно поддерживая инновационное развитие.

Современные вызовы киберугроз требуют объединения усилий разработчиков, исследователей, государственных институтов и пользователей. Только совместные действия, основанные на диалоге и принципах ответственного использования технологий, позволят найти баланс между прогрессом и защитой данных в эпоху глобальной цифровизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белокопытов А.С. Применение искусственного интеллекта в сферах кибербезопасности / А.С. Белокопытов, С.С. Яковлева // *Фундаментальные и прикладные научные исследования в современном мире* // Сборник научных статей по материалам II Международной научно-практической конференции, Уфа, 09 июня 2023 года. Том Часть 3. Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр «Вестник науки». 2023. С. 263–271.
2. Брынза И.Г. Искусственный интеллект и кибербезопасность: вызовы и перспективы / И.Г. Брынза // *Кибербезопасность и информационные технологии*. 2019. №2(15). С. 45–49.
3. Иванов А.В. Искусственный интеллект в задачах кибербезопасности. / А.В. Иванов // *Информационно-управляющие системы*. 2021. №1. С. 69–73.
4. Кузнецов Н.Н. Применение методов искусственного интеллекта для повышения эффективности систем информационной безопасности. / Н.Н. Кузнецов // *Защита информации*. 2017. № 4. С. 4–13.
5. Муковнин Г.М. Анализ методов защиты от утечек данных в корпоративных сетях / Г.М. Муковнин // *Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и применения: Материалы национальной (с международным участием) научно-практической конференции, Казань, 10–11 апреля 2024 года*. Казань: Казанский государственный энергетический университет. 2024. С. 1347–1350.
6. Мухамадиева К.Б. Обзор методов обнаружения фишинговых атак на основе искусственного интеллекта / К.Б. Мухамадиева, Б.Б. Муминов // *Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки*. 2021. № 4. С. 37–45.
7. Николаев А.А. Применение искусственного интеллекта в системах кибербезопасности. / А.А. Николаев, Е.А. Степанов // *Проблемы информационной безопасности*. 2018. Т. 1. № 1. С. 15–21.
8. Петров Д.А. Искусственный интеллект в задачах прогнозирования уязвимостей информационной безопасности / Д.А. Петров // *Системное администрирование и информационная безопасность*. 2020. Т. 17. № 2. С. 52–58.
9. Ручай А.Н. Методы машинного обучения и искусственного интеллекта в сфере информационной безопасности: анализ современного состояния и перспективы развития / А.Н. Ручай, И.В. Токарев, А.С. Грибачев // *Вестник УрФУ. Безопасность в информационной сфере*. 2022. № 4(46). С. 76–87.
10. Соколов А.С. Применение искусственного интеллекта в задачах обнаружения и предотвращения кибератак / А.С. Соколов // *Труды Института системного анализа РАН*. 2019. Т. 76. № 1. С. 148–159.
11. Шарипов Р.Р. Применение машинного обучения и искусственного интеллекта в кибербезопасности. / Р.Р. Шарипов, М.Г. Амиров // *Компьютерные инструменты в образовании*. 2020. Т. 13. № 2. С. 72–80.

© Донских Никита Игоревич (Nikdonskikh@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ В ЦЕЛЯХ СООТВЕТСТВИЯ СОВРЕМЕННЫМ ВЫЗОВАМ В ОБРАЗОВАНИИ

ANALYSIS OF INFORMATION FLOWS IN AN EDUCATIONAL ORGANIZATION IN ORDER TO MEET MODERN CHALLENGES IN EDUCATION

**Ya. Zakharov
O. Romashkova**

Summary. The information flows in an educational organization are considered, the goals and objectives of the analysis of information flows are suggested. The processes and results of the implementation of information flow management processes in an educational organization are analyzed. Step-by-step assessment method of the information flows state of an educational organization is proposed. The necessity and effectiveness of using the methodology in an educational organization are substantiated. The achievement of the goals of analyzing the information flows of an educational organization using a methodology for assessing the state of information flows is justified.

Keywords: information flows in education, educational organization.

Захаров Ярослав Вячеславович

Аспирант, ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет (МГПУ)», г. Москва
zakhayaross@mail.ru

Ромашкова Оксана Николаевна

Доктор технических наук, профессор, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС), г. Москва
ox-rom@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены информационные потоки в образовательной организации, сформированы цели и задачи проведения анализа информационных потоков. Проанализированы процессы и результаты внедрения процессов управления информационными потоками в образовательной организации. Предложена методика пошаговой оценки состояния информационных потоков образовательной организации. Обоснована необходимость и эффективность использования методики в образовательной организации. Обосновано достижение целей анализа информационных потоков образовательной организации через использование методики оценки состояния информационных потоков.

Ключевые слова: информационные потоки в образовании, образовательная организация.

Введение

Информационные потоки в образовании представляют собой движение информации между участниками образовательного процесса, а именно между студентами, родителями, преподавателями, руководством и внешними информационными ресурсами. Потоки включают в себя обмен учебными материалами, административной информацией, данными об успеваемости, сбор и обработку внешней информации, такой как тенденции, новые требования, стандарты и другое.

Анализ информационных потоков в образовательной организации — это процесс, направленный на оптимизацию управления данными и улучшение коммуникации внутри образовательного учреждения.

Анализ информационных потоков предоставляет инструменты для изучения и оптимизации движения информации внутри образовательного учреждения [1]. Объективная картина об информационных потоках способствует повышению эффективности управления, улучшения качества образования и обеспечения прозрачности процессов в образовательной организации.

Проведение анализа информационных потоков позволяет образовательной организации не только оптимизировать внутренние процессы, но и повысить общую эффективность работы, что в итоге положительно сказывается на качестве предоставляемого образования, способствует созданию эффективной, безопасной и более гибкой образовательной среды, которая отвечает требованиям и вызовам современности.

Цели проведения анализа информационных потоков

Современные образовательные организации проводят анализ информационных потоков внутри учреждения преследуя несколько ключевых целей, каждая из которых направлена на улучшение различных аспектов функционирования учреждения [2]. Ключевые цели проведения анализа информационных потоков представлены на рисунке 1. Рассмотрим вышеупомянутые цели подробнее.

1. Повышение эффективности управления

Анализ способствует повышению эффективности управления в части оптимизации процессов.



Рис. 1. Цели проведения анализа информационных потоков

Образовательные организации выявляют избыточные и неэффективные процессы, что позволяет значительно сократить время и ресурсы, необходимые для их выполнения.

Помимо этого, оценка информационных потоков способствует оптимизации процесса принятия решений. Наличие четких и упорядоченных информационных потоков позволяет руководству образовательной организации принимать более оперативные и обоснованные решения. Упрощение взаимодействия между различными подразделениями и сотрудниками способствует более слаженной работе всей образовательной организации.

2. Обеспечение прозрачности

Установление четких и понятных правил обработки и передачи информации об образовательных процессах и студентах способствует повышению уровня доверия среди преподавателей, студентов и родителей. В свою очередь, обеспечение потребителей услуг образовательных организаций доступом к важной информации укрепляет доверие к организации. Открытость данных и четкие описанные процедуры взаимодействия с персональными данными повышает прозрачность в управлении данными и помогает предотвратить возможные злоупотребления и снижает коррупционные риски.

3. Улучшение качества образования

Качественное и количественное понимание информационных потоков образовательной организации по-

зволяет внедрять новые образовательные технологии и методы обучения, а значит открывает пути к поддержке инновационных идей и разработок.

Эффективности обучению и преподаванию придает своевременный доступ к актуальной информации со стороны преподавателей и студентов, а также возможности по персонализации обучения учитывая персональные образовательные траектории каждого отдельного студента.

4. Снижение рисков

Зрелые процессы по получению информации об информационных потоках образовательной организации позволяют своевременно выявлять уязвимости в системах хранения и передачи данных, что способствует повышению уровня надежности их защиты [3]. Помимо этого, оптимизация процессов обработки информации снижает риски от человеческого фактора и минимизирует ошибки. Объективная картина об информационных потоках облегчает работу руководства по предоставлению отчетов о нормативном соответствии в области защиты данных и информационной безопасности.

Задачи проведения анализа информационных потоков в образовательной организации

При проведении анализа информационных потоков образовательная организация должна ставить перед собой ряд задач, которые направлены на получение мак-



Рис. 2. Задачи проведения анализа информационных потоков в образовательной организации

симально объективной информации об учреждении и улучшение всех аспектов деятельности учреждения. Ключевые задачи представлены на рисунке 2.

1. Идентификация и визуализация потоков информации

Необходимо определить все источники информации внутри образовательной организации, включая административные, академические и вспомогательные подразделения [4]. Визуализация движения информации между подразделениями и внутри информационных систем позволит объективно оценить текущее состояние и выявить уязвимые места.

2. Оптимизация и автоматизация процессов

Внедрение современных технологий и использование современных информационных систем и программного обеспечения способствует автоматизировать сбор, обработку и распространение данных. В свою очередь, уменьшение количества ручных операций по обработке информации снижает потребность в ручном труде, повышает точность и скорость работы.

3. Оценка эффективности текущих процессов

При работе с автоматизированными системами необходимо оценить скорость и точность передачи информации, выявить задержки и потери данных, определить повторяющиеся процессы, либо дублирующиеся информационные потоки, которые можно устранить или оптимизировать.

4. Определение потребности в информации

Необходимо провести анализ требований пользователей, изучить их потребности для обеспечения студен-

тов, преподавателей и руководящий состав актуальной и необходимой информацией.

Данный анализ также способствует определить наиболее критичные данные для выноса их в сектор оперативного доступа и обработки, а также приоритезировать информацию.

5. Обеспечение безопасности и конфиденциальности данных

На основе оценки процессов и во время приоритезации данных, следующим шагом необходимо проанализировать данные на предмет потенциальных угроз безопасности и разработать стратегию по их минимизации. Стратегия должна включать в себя как технические, так и организационные меры для защиты от несанкционированного доступа или потери данных.

6. Мониторинг и оценка эффективности изменений, поддержка принятия решений

После отладки и автоматизации процессов необходимо установить мониторинговые процедуры, включающие в себя регулярную оценку эффективности внедренных изменений в информационные потоки, а также непрерывно совершенствовать процессы на основе собранных данных и отзывов пользователей систем [5]. В рамках мониторинговых процедур необходимо рассмотреть регулярную отчетность и сводки для предоставления руководству актуальной информации о состоянии образовательной организации для использования информации в аналитических и прогнозных целях, чтобы соответствовать современным потребностям и тенденциям в образовании.

Образовательные организации работают с большими объемами персональных данных, к которым относятся личная информация о студентах и преподавателях, а также с коммерчески важной информацией, такой как инфографика и аналитики современных тенденций и трендов в образовании. Важно обеспечить такие данные должным уровнем защиты, в том числе для соблюдения норм законов разных стран в зависимости от расположения образовательной организации. Используя персональные данные участников образовательного процесса важно помнить об этических аспектах, включая информационное согласие и прозрачность применения данных в отношении того, как данные будут использоваться. Помимо этого, современный мир характеризуется частыми и кардинальными культурными изменениями. Внедрение новых процессов может встретить сильный уровень сопротивления со стороны студентов и преподавателей, привыкших к традиционным методам работы.

Современные тенденции в образовании требуют от образовательных организаций поддержание должного уровня качества информации, а также методов передачи знаний. Техническая инфраструктура, включая программное обеспечение, серверы, базы данных могут потребовать значительных инвестиций для поддержания соответствующего уровня информатизации. В современном мире новые технологии создаются и предлагаются на рынке с такой скоростью, что многие образовательные организации не успевают принимать и адаптировать их под свои нужды. По этой же причине возникает проблемы интеграции новых технологий с существующими системами и процессами, принятыми в учреждении.

Методика оценки состояния информационных потоков в образовательной организации

На основе проанализированных целей и задач анализа информационных потоков, а также обоснования необходимости их оценивания предлагается методика оценки состояния информационных потоков образовательной организации [6]. Методика включает в себя несколько ключевых этапов:

1. Идентификация информационных потоков

Для старта работ с информационными потоками их необходимо идентифицировать и определить, какие виды информации передаются и получаются организацией, определить отправителей и получателей. Необходимо определить цели передачи информации (обучение, администрирование и др.), далее разделить информацию на категории, такие как административная информация, учебные материалы, данные для исследований и др. Определяем ключевых участников, уча-

ствующих в процессах передачи информации. Это могут быть, например, студенты, преподаватели, руководящий состав, внешние партнеры и поставщики услуг. Финальным этапом на первом шаге будет определение каналов коммуникации, а именно почта, мессенджеры, внутренние порталы, CRM системы, LMS системы и др.

2. Визуализация потоков информации

Визуализация поможет объективно рассмотреть пути движения информации внутри организации, что поможет выявить основные узлы скопления большого количества информации и ее маршруты. На данном этапе предлагается использовать такие средства визуализации как карты процессов и диаграммы потоков, промаркировать основные маршруты передачи информации и определить альтернативные пути, а также обозначить ключевые точки сбора (узлы) информации.

3. Анализ эффективности

На данном этапе основной задачей является оценка скорости и точности передачи информации между участниками процесса. Наиболее простым методом является эмпирический подход через измерение времени, необходимого для получения информации от отправителя. После получения информации и оценки времени необходимо оценить полученную информацию по критериям точности и полноты по сравнению с ожидаемым результатом, изучить частоту ошибок в передаваемой информации. Еще одним эффективным методом анализа эффективности является опрос участников различных процессов передачи информации о том, насколько эффективно они получают и обрабатывают информацию.

4. Оценка безопасности

Оценка защиты информации включает в себя множество различных методов. Сюда относят анализ используемых технологий шифрования, протоколы безопасности, процедуры ограничения и контроля доступов и другие. Необходимо определить основные потенциальные угрозы при работе с информацией в учреждении, например, несанкционированный доступ к персональным данным, утечки данных, способность образовательной организации непрерывно вести свою деятельность в случае внештатных ситуаций и др.

5. Выявление уязвимых мест

На данном этапе определяем места в процессах, где происходят задержки в передаче информации или потеря информации. Такими местами могут быть:

- Технические проблемы с оборудованием или программным обеспечением, которые могут замедлять или нарушать передачу информации;

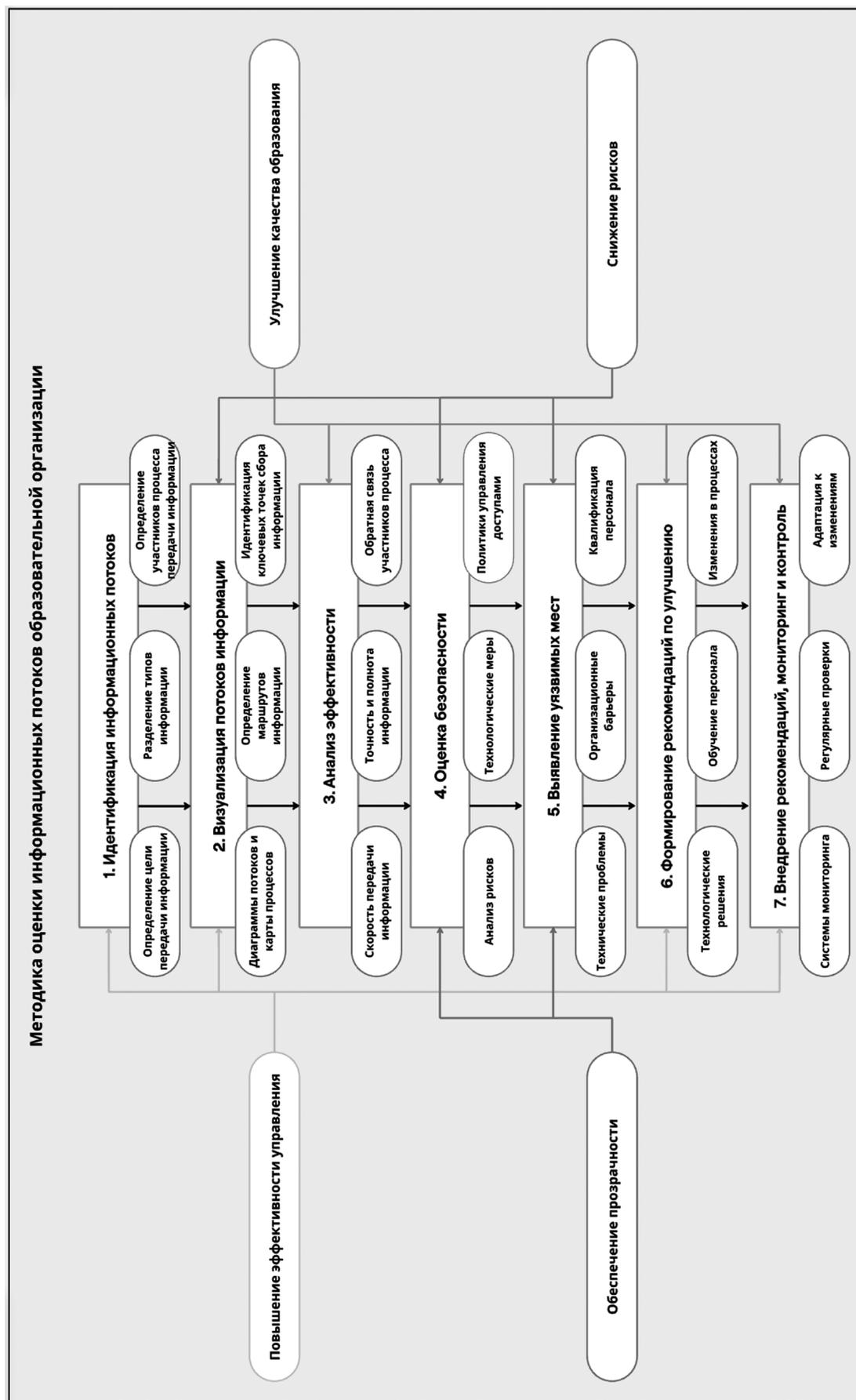


Рис. 3. Методика оценки состояния информационных потоков образовательной организации

- Организационные барьеры, процессы или структуры, которые препятствуют эффективной коммуникации;
- Низкий уровень квалификации участников процесса в области управления информацией.

6. Формирование рекомендаций по улучшению

На основании проводимого анализа формируются рекомендации по повышению эффективности управления информационными потоками. Рекомендациями, как правило, будут являться изменения организационных процессов для устранения выявленных уязвимых мест, внедрение новых технологических решений или обновление существующих, а также разработка программ обучения персонала для повышения квалификации сотрудников в области управления информацией.

7. Внедрение рекомендаций, мониторинг и контроль

На данном этапе руководство принимает решение о реализации определенных предложенных рекомендаций, контролирует их внедрение. По результатам внедрения изменений необходимо оперативно разрешать вопросы, связанные с адаптацией к изменениям всех участников процесса и корректировать подходы в соответствии с обратной связью. Помимо этого, необходимо внедрить подходы к постоянному отслеживанию состояния эффективности информационных потоков и проводить регулярные проверки эффективности внедренных изменений.

Использование предложенной методики оценки состояния информационных потоков образовательной организации способствует получению комплексного представления о процессах управления информацией внутри учреждения, а также разработать стратегию

по их оптимизации. Методика оценки состояния информационных потоков представлена на рисунке 3.

Заключение

Успешное внедрение и поддержка современных технологий в образовании требует от руководства образовательной организации активного участия как финансового, так и методологического. Разработка стратегий и политик, обучение персонала навыкам работы с новыми инструментами и методами анализа данных может также являться трудной задачей [7]. После внедрения соответствующих процессов важно постоянно оценивать их эффективность и вносить соответствующие корректировки по мере необходимости.

Учитывая вышеперечисленные вызовы, цели и задачи анализа информационных потоков, целесообразно создать специализированное подразделение внутри общеобразовательной организации, которое будет заниматься вопросами сбора, обработки и анализа данных.

В структуру предлагаемого подразделения должны входить руководитель подразделения, аналитики данных, специалисты по обработке данных, ИТ-специалисты, а также консультанты по обучению персонала. Ожидаемыми результатами от работы подразделения могут быть повышение эффективности образовательных процессов, улучшение качества принимаемых руководством управленческих решений, оптимизация использования ресурсов, увеличение прозрачности процессов за счет регулярного предоставления аналитических отчетов [8].

Создание такого подразделения позволит образовательной организации приблизиться к соответствию современным вызовам в образовании, а также ставить новые стратегические цели на будущее с учетом новых технологий и требований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каптерев А.И., Ромашкова О.Н., Чискидов С.В. Опыт применения факторного и кластерного анализа в цифровой трансформации образования // Вестник МГПУ. Серия: Информатика и информатизация образования. 2022. № 4 (62). С. 29–43.
2. Ромашкова О.Н., Орехова Е.В. Единая образовательная информационная среда организации и поддержки открытого и непрерывного образования // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2016. № 1. С. 128–134.
3. 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.
4. Павличева Е.Н., Ромашкова О.Н. Информационные процессы поддержки принятия решений в многоуровневых образовательных системах / Москва, 2022.
5. Каптерев А.И. Применение иммерсивных технологий в высшем образовании // Шамовские чтения: Сборник статей XVI Международной научно-практической конференции. В 2-х томах, Москва, 25 января — 03 февраля 2024 года. — Москва: Научная школа управления образовательными системами, 2024. — С. 536–540.
6. Заболотникова В.С., Ромашкова О.Н. Анализ методов кластеризации для эффективного управления процессами в налоговой службе // Фундаментальные исследования. 2017. № 9–2. С. 303–307.
7. Ромашкова О.Н., Пономарева Л.А. Модель эффективного управления объединенной образовательной системой (структурой) // В книге: Новые информационные технологии в научных исследованиях. Материалы XXII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. Рязанский государственный радиотехнический университет. 2017. С. 16–18.
8. Пономарева Л.А. Информатизация процесса преподавания высшей математики для гуманитарных специальностей в московском городском педагогическом университете. // Информатизация образования и науки. 2014. № 4 (24). С. 32–42.

ИССЛЕДОВАНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ¹

RESEARCH ON KEY TECHNOLOGIES OF MEDICAL DATA PROCESSING BASED ON CLOUD COMPUTING

Li Lunbin
Wang Shiyong
Teng Haikun

Summary. With the development of medical informatisation, the volume of medical data is increasing rapidly. Cloud computing technology provides an efficient and scalable solution for processing and analysing huge amounts of medical data. In the process of research, the features and properties of medical data are characterised, which allows us to form an idea of the requirements for technologies and methods of their processing, storage, transmission. In addition, the article considers key technologies of medical data processing based on cloud computing, including collection and storage of medical data, data exchange and privacy protection. Special emphasis is placed on encryption and its types, as well as opportunities to ensure the security and confidentiality of patient data. Particular attention is paid to data analysis and intelligent diagnostics using cloud computing and its application value for diagnostics, flexible real-time data analysis, decision support. The practical value of the article is reflected in the description of the applied effect of cloud computing in medical data processing. Examples are given regarding improving the efficiency and quality of medical services, supporting personalised medical care and intelligent diagnostics, improving data security and compliance. The results of the analyses made it possible to conclude that cloud computing is a promising technology for building medical information systems, which can serve as a basis for the intellectual development of healthcare and human services, as well as the medical industry.

Keywords: cloud computing, medical data, data processing, privacy protection, intelligent diagnostics.

Ли Луньбинь

доцент, Хэйхэский университет, КНР
763203449@qq.com

Ван Шиъин

доцент, Хэйхэский университет, КНР
596657732@qq.com

Тэн Хайкунь

старший преподаватель, Хэйхэский университет, КНР
114785186@qq.com

Аннотация. С развитием цифровых технологий и прогрессом общества объем медицинских данных стремительно увеличивается. Технология облачных вычислений обеспечивает эффективное и масштабируемое решение для обработки и анализа огромных массивов медицинской информации. В процессе исследования охарактеризованы особенности и свойства медицинских данных, что позволяет сформировать представление о требованиях к технологиям и способам их обработки, хранения, передачи. Кроме того, в статье рассматриваются ключевые технологии обработки медицинских данных на основе облачных вычислений, включая сбор и хранение медицинских данных, обмен данными и защиту конфиденциальности. Отдельно акцентировано внимание на шифровании и его видах, а также возможностях для обеспечения сохранности и конфиденциальности данных о пациентах. Особое внимание уделено анализу данных и интеллектуальной диагностике с помощью облачных вычислений и их прикладной значимости для диагностики, гибкого анализа данных в режиме реального времени, поддержки принятия решений. Практическая ценность статьи нашла свое отражение в описании прикладного эффекта облачных вычислений при обработке медицинских данных. В частности, приведены примеры, касающиеся повышения эффективности и качества медицинских услуг, поддержки персонализированного медицинского обслуживания и интеллектуальной диагностики, обеспечения безопасности данных и соответствия требованиям. Результаты проведенного анализа позволили прийти к выводу, что облачные вычисления являются перспективной технологией для построения медицинских информационных систем, которая может послужить основой для интеллектуального развития сферы здравоохранения и обслуживания населения, а также медицинской промышленности в целом.

Ключевые слова: облачные вычисления, медицинские данные, обработка, анализ, защита конфиденциальности, интеллектуальная диагностика.

¹ Исследование выполнено при поддержке Фонда фундаментальных исследований высших учебных заведений провинции Хэйлунцзян (КНР). Тема исследования «Исследование ключевых технологий обработки и защиты медицинских данных на основе облачных вычислений и блокчейна». Номер проекта: 2020-KYYWF-0896

Введение

Благодаря непрерывному развитию цифровой трансформации в области медицины медицинские учреждения генерируют огромные объемы данных о пациентах, такие как электронные медицинские карты (EMR), данные медицинской визуализации, генетические данные и т.д. Обработка и хранение этих данных создает огромные проблемы для традиционных информационных технологий. Являясь развивающейся технологией обработки информации, облачные вычисления обладают преимуществами крупномасштабного хранения данных, эффективных вычислений и гибкого распределения ресурсов, а также предоставляют новые технические средства для обработки медицинских данных. В этой статье будут рассмотрены ключевые технологии обработки медицинских данных, описано применение облачных вычислений для хранения, передачи, совместного использования и защиты конфиденциальности медицинской информации.

1. Обзор облачных вычислений

Облачные вычисления основаны на вычислительной модели Интернета и предоставляют услуги по запросу за счет динамического распределения вычислительных ресурсов. Они объединяют вычислительные ресурсы (такие как вычислительная мощность, хранилище, сеть и т.д.) в настраиваемый пул общих ресурсов, и пользователи могут получать и освобождать эти ресурсы по требованию через сеть без необходимости управлять базовым оборудованием. Основной концепцией облачных вычислений является виртуализация и объединение ресурсов, что позволяет преобразовать физические ресурсы в логические, реализовать их изоляцию и гибкое планирование с помощью технологии виртуальных машин и контейнеров.

Основные сервисные модели облачных вычислений включают инфраструктуру как услугу (IaaS), платформу как услугу (PaaS) и программное обеспечение как услугу (SaaS). IaaS предоставляет пользователям виртуализированные вычислительные ресурсы, такие как виртуальные машины, хранилища и сети; PaaS предоставляет платформу для разработки и развертывания приложений, благодаря чему пользователи могут создавать, тестировать и запускать приложения в облаке [1]; SaaS предоставляет услуги приложений через Интернет, и пользователям не нужно управлять базовой инфраструктурой. Облачные вычисления обладают преимуществами высокой расширяемости, использования по требованию и высокой гибкости. Они особенно подходят для обработки крупномасштабных данных и сложных вычислительных задач. Области применения данной технологии широки, включая обработку больших объемов данных, обучение искусственному интел-

лекту, онлайн-хранение данных и телемедицину. С развитием технологий облачных вычислений тенденция к конвергенции периферийных и облачных вычислений получила дальнейшее развитие, способствуя созданию большего количества приложений в режиме реального времени с низкой задержкой.

2. Технология обработки медицинских данных, основанная на облачных вычислениях

2.1. Технология сбора и хранения медицинских данных

2.1.1. Характеристики медицинских данных

Медицинские данные характеризуются неоднородностью, чувствительностью и масштабностью, что создает огромные проблемы при их обработке и хранении. Существует широкий спектр источников медицинских данных, включая электронные медицинские карты (ЭМИ), данные визуализации (такие как МРТ и компьютерная томография), данные физиологического мониторинга, генетические данные и данные датчиков. Формат данных и структура различных источников неоднородны. Например, электронные медицинские карты обычно представляют собой структурированные данные, в то время как данные визуализации и генетические данные в основном являются неструктурированными. Согласно статистике, около 30 % медицинских данных в мире в 2025 году будут представлять собой неструктурированные данные, и традиционным базам данных сложно будет эффективно управлять этими данными и анализировать их. Во-вторых, медицинские данные очень чувствительны ко времени, особенно данные экстренных служб и дистанционного мониторинга.

Обобщенные характеристики медицинских данных представлены в таблице 1.

2.1.2. Хранение медицинских данных в облачных вычислениях

Облачные вычисления обеспечивают гибкое и эффективное решение для хранения и обработки медицинских данных. Архитектура распределенного хранилища — это основная технология облачной платформы, которая распределяет данные по нескольким физическим узлам для повышения доступности и возможностей аварийного восстановления системы. Например, Amazon S3 и Google Cloud Storage — это две широко используемые технологии облачных хранилищ, которые поддерживают резервирование нескольких копий, гарантируя возможность восстановления данных даже в случае сбоя в работе некоторых узлов. Целью разработки Amazon S3 является обеспечение долговечности на 99,999999999% (11 девяток), что подходит для хране-

Таблица 1.

Характеристики медицинских данных

Свойство	Описание	Пример	Источник данных
Неоднородность	Источники данных разнообразны, а их формат и структура неоднородны	Электронные медицинские карты (структурированные), данные изображений (неструктурированные, генетические данные (неструктурированные))	Электронные медицинские карты, больничные системы визуализации, геномные базы данных
Своевременность	К данным в режиме реального времени предъявляются высокие требования, особенно при оказании первой помощи	Данные мониторинга жизненно важных показателей пациентов, которым оказывается неотложная помощь	Оборудование для дистанционного мониторинга, система мониторинга отделения неотложной помощи
Чувствительность	Содержит большое количество конфиденциальной информации, выдвигаются высокие требования к защите	Медицинская карта пациента, результаты диагностики и планы лечения	Больничная информационная система, база данных клинических исследований
Крупномасштабность	Объем медицинских данных огромен и быстро растет, что требует эффективных технологий хранения и обработки	Среднегодовой темп роста глобальных медицинских данных достиг 48 %	Различные больницы, клиники и научно-исследовательские институты

ния критически важных медицинских данных [2]. Кроме того, платформа облачных вычислений может динамически расширять емкость хранилища в соответствии с потребностями, чтобы удовлетворить возрастающие запросы в хранении больших объемов данных.

2.2. Обмен данными и защита конфиденциальности

2.2.1. Шифрование данных

Шифрование данных — это самая базовая технология защиты конфиденциальности в облачных вычислениях. Она кодирует конфиденциальные данные таким образом, что неавторизованные пользователи не могут получить к ним доступ или понять их. Алгоритмы шифрования обычно делятся на две категории: симметричное шифрование и асимметричное шифрование. Алгоритмы симметричного шифрования, такие как AES (Advanced Encryption Standard), используют один ключ для шифрования и дешифрования данных, их скорость шифрования высока, что подходит для крупномасштабной обработки данных. Стандарт шифрования AES-256 использует 256-битный ключ шифрования, чтобы гарантировать, что данные не будут украдены или подделаны во время их хранения и передачи путем преобразования обычных текстовых данных в зашифрованные. Формула шифрования такова:

$$C = E_K(P)$$

где K — ключ, C — зашифрованный текст, а E_K — функция шифрования.

В среде облачных вычислений данные шифруются при хранении в облаке, и пользователи расшифровы-

вают их с помощью ключа для считывания, гарантируя, что только правильный ключ позволит расшифровать сохраненные медицинские данные и получить к ним доступ. Кроме того, асимметричное шифрование, такое как алгоритм RSA, использует пару открытых и закрытых ключей для защиты маломасштабной передачи конфиденциальной информации [3]. Благодаря этим технологиям шифрования платформы облачных вычислений могут гарантировать, что медицинские данные будут надежно защищены даже в случае злонамеренных атак.

2.2.2. Гомоморфное шифрование

Гомоморфное шифрование позволяет выполнять операции с зашифрованными данными напрямую, без их расшифровки. Его применение в облачных вычислениях очень важно, особенно когда необходимо выполнить вычислительный анализ конфиденциальных медицинских данных. Благодаря гомоморфному шифрованию данные остаются зашифрованными на протяжении всего процесса расчета, что гарантирует отсутствие утечки во время передачи и обработки. Математический принцип шифрования на основе гомоморфизма основан на гомоморфизме сложения или умножения. Распространенные алгоритмы шифрования на основе гомоморфизма включают шифрование Paillier и шифрование на основе гомоморфизма Gentry. Например, формула для шифрования аддитивного гомоморфизма имеет вид:

$$E(m_1) \times E(m_2) = E(m_1 + m_2)$$

где $E(m_1)$ и $E(m_2)$ и являются результатами шифрования обычного текста m_1 и m_2 соответственно, а результат, полученный после расшифровки, равен $m_1 + m_2$.

Технология шифрования особенно подходит для анализа телемедицинских данных, позволяя облачным сер-

верам подсчитывать и обрабатывать зашифрованные данные, когда конфиденциальная информация о пациенте не может быть прочитана напрямую [4]. Недостатком гомоморфного шифрования является то, что оно обладает высокой вычислительной сложностью, но с повышением вычислительной мощности его применение в защите конфиденциальности медицинских данных имеет широкие перспективы.

2.2.3. Дифференцированная конфиденциальность

Дифференциальная конфиденциальность — это статистическая технология, которая защищает конфиденциальность данных и широко используется при обмене и анализе медицинских данных. Добавляя соответствующее количество шума к результатам анализа данных, это гарантирует, что конкретная информация о человеке не может быть получена из результатов анализа, тем самым защищая конфиденциальность. Основная идея дифференцированной конфиденциальности заключается в том, что даже если данные человека будут удалены или изменены, результаты анализа данных существенно не изменятся, обеспечивая конфиденциальность личной информации. Обычно используемая формула дифференциальной конфиденциальности такова:

$$\Pr[M(D_1) = o] \leq e^\epsilon \Pr[M(D_2) = o]$$

где M — алгоритм, D_1 и D_2 — две смежные базы данных, o — выходной результат, а ϵ — бюджет конфиденциальности.

Дифференцированная конфиденциальность обеспечивает баланс между точностью данных и интенсивностью защиты конфиденциальности, контролируя размер дефицита бюджета на конфиденциальность. Применительно к медицинским данным дифференцированная конфиденциальность позволяет анализировать данные о состоянии здоровья населения. Результаты статистические данные не содержат личной информации о конфиденциальности и подходят для крупномасштабных медицинских исследований. Технология дифференциальной конфиденциальности была внедрена несколькими платформами обмена медицинскими данными для обеспечения безопасности информации при ее совместном использовании.

2.3. Анализ данных и интеллектуальная диагностика

2.3.1. Облачный анализ медицинских данных

Облачные вычисления обеспечивают мощную инфраструктуру для анализа медицинских данных, которая позволяет эффективно обрабатывать крупномасштабные медицинские данные, особенно в условиях неоднород-

ности данных и требований реального времени. С помощью распределенных вычислительных платформ, таких как Apache Hadoop и Apache Spark, медицинские учреждения могут проводить анализ структурированных и неструктурированных данных из различных источников в режиме реального времени. Распределенная файловая система Hadoop (HDFS) может хранить огромные объемы данных, в то время как модель программирования MapReduce повышает эффективность обработки данных. Например, при обработке клинических карт, результатов лабораторных исследований и данных визуализации Hadoop может фрагментировать данные и распределять их по нескольким узлам для параллельной обработки, что значительно сокращает время анализа.

Кроме того, платформа облачных вычислений также поддерживает развертывание и обучение алгоритмам машинного и глубокого обучения для дальнейшего расширения возможностей анализа медицинских данных [5]. С помощью платформ глубокого обучения, таких как TensorFlow и PyTorch, системы анализа медицинских данных могут обучать модели в облаке. Эти модели способны автоматически извлекать уроки из большого объема данных о пациентах, чтобы выявлять закономерности заболевания и прогнозировать его прогрессирование. Благодаря гибкой вычислительной мощности облачных вычислений задачи анализа могут динамически корректировать распределение ресурсов в соответствии с потребностями для обеспечения быстрого реагирования.

2.3.2. Интеллектуальная диагностическая система

Интеллектуальная диагностическая система — это продукт, сочетающий в себе облачные вычисления и технологии искусственного интеллекта. Она предназначена для проведения углубленного анализа медицинских данных, чтобы помочь врачам принимать более точные диагностические решения. Эффективные вычислительные ресурсы платформы облачных вычислений позволяют быстро обрабатывать и анализировать крупномасштабные данные о пациентах, тем самым повышая точность и эффективность интеллектуальной диагностики. Благодаря обучению модели в облаке интеллектуальная диагностическая система может постоянно обновлять и оптимизировать свои алгоритмы для адаптации к новым медицинским данным и моделям заболеваний. Например, интеллектуальная диагностическая система, основанная на данных изображений, использует алгоритмы глубокого обучения для автоматического анализа рентгеновских снимков и компьютерной томографии, которые позволяют точно идентифицировать аномальные области, такие как поражения и опухоли.

Система обычно выполняет обработку изображений с помощью сверточных нейронных сетей и обучает модели на основе большого объема исторических данных.

В процессе обучения модели облачная платформа обеспечивает хранение и вычислительные мощности для больших массивов данных, а врачи могут получать доступ к результатам диагностики, предоставляемым системой, в режиме реального времени. В практическом применении интеллектуальные диагностические системы могут не только ускорить диагностический процесс, но и снизить частоту ошибочных диагнозов. Например, некоторые исследования показали, что уровень точности интеллектуальных диагностических систем, основанных на глубоком обучении, при скрининге рака легких может достигать более 95 %, что превосходит уровень традиционной визуализационной диагностики.

3. Прикладной эффект технологии обработки медицинских данных, основанной на облачных вычислениях

3.1. Повышение эффективности и качества медицинских услуг

Применение технологии облачных вычислений значительно повысило эффективность и качество обработки медицинских данных. С помощью платформы облачных вычислений медицинские учреждения могут осуществлять централизованное хранение данных и управление ими, обеспечивая быстрый и эффективный доступ ко всем видам медицинских данных (таким как электронные медицинские карты, данные визуализации, результаты лабораторных исследований и т.д.). Этот метод централизованного управления не только повышает доступность данных, но и расширяет возможности обновления данных в режиме реального времени. Врачи могут получить доступ к полной медицинской документации пациента и связанной с ней медицинской информации через Интернет в любое время и в любом месте, чтобы быстро принимать решения о диагностике и лечении. В частности, облачные вычисления могут поддерживать анализ данных в режиме реального времени и создание отчетов. Например, в условиях повышенного давления, таких как неотложная помощь и интенсивная терапия, платформы облачных вычислений могут быстро анализировать данные о жизненно важных показателях пациентов и выдавать сигналы раннего предупреждения в режиме реального времени, чтобы медицинский персонал мог быстро принять меры по вмешательству. Кроме того, высокая расширяемость облачной платформы позволяет больницам быстро наращивать свои возможности обработки данных при реагировании на чрезвычайные ситуации в области общественного здравоохранения (такие как эпидемии гриппа или новые коронавирусы), чтобы адаптироваться к быстрому притоку большого числа случаев заболевания. Такая способность быстро реагировать значительно повысила общую эффективность и качество медицинских услуг и обеспечила своевременное лечение пациентов в критические моменты уже сегодня.

Еще одним важным эффектом является то, что с помощью облачных вычислений можно обеспечить обмен данными и совместную работу между больницами. Обмен информацией между различными медицинскими учреждениями обычно ограничен географией и технологиями, и облачные вычисления позволяют преодолеть эти ограничения. Например, при лечении опухолей пациентов информацию можно направлять из одной больницы в другую, и врачи смогут быстро получать медицинские данные пациента, данные визуализации и геномную информацию. Этот механизм обмена позволяет врачам принимать более комплексные решения о лечении.

3.2. Поддержка персонализированного медицинского обслуживания и интеллектуальной диагностики

Облачная технология обработки медицинских данных также обеспечивает мощную поддержку персонализированной медицины и интеллектуальной диагностики. С развитием больших объемов данных и искусственного интеллекта медицинская индустрия постепенно переходит на прецизионную медицину. В этом процессе облачные вычисления обеспечивают необходимую инфраструктуру для сбора, хранения, анализа и применения данных о пациентах. Благодаря всестороннему анализу геномных данных пациента, информации об образе жизни, истории болезни в прошлом и т.д. медицинские учреждения могут разрабатывать индивидуальные планы лечения для повышения эффективности.

Мощный вычислительный потенциал и возможности обработки данных платформами облачных вычислений позволяют медицинским учреждениям использовать машинное обучение и алгоритмы глубокого обучения для анализа больших объемов данных. Например, интеллектуальная диагностическая система, основанная на облачных вычислениях, способна обрабатывать медицинские изображения и результаты анализов из больниц в режиме реального времени, а также использовать алгоритмы глубокого обучения, такие как сверточные нейронные сети, для анализа изображений и автоматической идентификации очага поражения. Это не только повышает точность диагностики, но и снижает нагрузку на врачей, позволяя им уделять больше времени общению с пациентами и составлению планов лечения.

Еще одним важным аспектом персонализированной медицины является разработка лекарственных средств. Технология облачных вычислений позволяет фармацевтическим компаниям более эффективно обрабатывать данные клинических испытаний и анализировать воздействие лекарств на различные группы пациентов, тем самым ускоряя вывод новых лекарств на рынок. Например, обмениваясь клиническими данными на об-

лачной платформе, исследователи могут быстрее определять эффективность и побочные эффекты лекарств, а также ускорять разработку и усовершенствование новых препаратов. Такой подход к разработке лекарств, основанный на данных, может значительно повысить вероятность успеха и эффективность клинической трансформации новых лекарственных средств, а также предоставить пациентам более эффективные варианты лечения.

3.3. Повышение безопасности данных и соответствия требованиям

Хотя облачные вычисления принесли много преимуществ для обработки медицинских данных, безопасность данных и защита конфиденциальности по-прежнему остаются важными вопросами в приложениях облачных вычислений. Медицинские данные содержат много конфиденциальной информации, такой как личность пациента, история болезни и записи о лечении, поэтому ключевым моментом является эффективная защита этих данных в среде облачных вычислений. В связи с этим облачные вычисления предоставляют ряд технологий и стратегий обеспечения безопасности, направленных на повышение безопасности медицинских данных и их соответствия требованиям.

Прежде всего, технология шифрования данных широко используется в облачных вычислительных средах. Независимо от того, передаются ли данные или хранятся в облаке, для шифрования данных используются надежные алгоритмы шифрования (такие как AES-256), которые гарантируют, что к ним будет осуществлен незаконный доступ и они не смогут быть расшифрованы и прочитаны неавторизованными пользователями. Кроме того, поставщики облачных услуг обычно применяют многоуровневые меры безопасности, включая брандмауэры, системы обнаружения вторжений и системы управления информационными инцидентами безопасности (SIEM) для предотвращения утечки данных и сетевых атак.

Во-вторых, механизм контроля доступа платформы облачных вычислений также имеет решающее значение [6]. Внедряя управление доступом на основе ролей (RBAC) и принцип минимальных полномочий, можно гарантировать, что только авторизованный персонал сможет получить доступ к определенным данным. Такая стратегия контроля может не только снизить риск утечки данных, но и обеспечить их законное использование. Кроме того, многие платформы облачных сервисов также предоставляют функции ведения журнала аудита, которые позволяют отслеживать поведение пользователей при доступе, чтобы проводить проверки на отслеживаемость в случае инцидента с безопасностью. Наконец, соответствие требованиям также является важным аспектом применения облачных вычислений в области медицины. С внедрением таких нормативных актов, как GDPR и HIPAA, медицинские учреждения должны соблюдать соответствующие правила защиты данных при использовании сервисов облачных вычислений. Поставщики облачных вычислений обычно предоставляют отчеты о соответствии требованиям и сертификаты, чтобы помочь медицинским учреждениям убедиться в том, что их процессы обработки данных соответствуют национальным и международным нормам. Благодаря сотрудничеству с поставщиками комплаенс-услуг медицинские учреждения могут лучше защищать данные пациентов и поддерживать конфиденциальность в среде облачных вычислений.

4. Заключение

Облачная технология обработки медицинских данных обеспечивает эффективные решения для хранения, обмена, анализа и защиты конфиденциальности данных в медицинской отрасли. В этой статье рассматриваются ключевые технологии обработки медицинских данных, включая хранение данных, защиту конфиденциальности и интеллектуальную диагностику. Благодаря постоянному развитию технологий облачных вычислений возможности медицинской отрасли по обработке данных будут и далее совершенствоваться, способствуя интеллектуальному и персонализированному развитию медицинских услуг.

ЛИТЕРАТУРА

1. У Дань, Ли Пэн, Ду Минчао. Автоматическая система хранения и совместного использования больших медицинских данных на основе облачных вычислений // Технологии автоматизации и их применение. 2022. № 41 (07). С. 54–57.
2. Хао Айю, Чжу Дон. Модель интеграции медицинского оборудования, основанная на технологии Интернета вещей // Информация и компьютеры (теоретическое издание). 2021. № 33 (22). С. 182–185.
3. Ли Чанди, Шао Ичунь, Чэнь Цзуйхан, Цао Юн. Разработка и применение интеллектуальной пенсионной платформы в контексте больших данных // Технологические инновации и их применение. 2021. № 11 (22). С. 90–92.
4. Тянь Сяо. Разработка системы обработки и анализа медицинских данных на базе платформы облачных вычислений // Электронный мир. 2020. № (18). С. 122–123.
5. Пэн Лянган. Путь построения мобильной медицинской и медико-санитарной информационной платформы, основанной на контексте больших данных // Электронный мир. 2020. № (11). С. 19–20.
6. Ляо Юаньюань. Создание и исследование цифровой платформы медицинского обслуживания, основанной на облачных вычислениях // Компьютерные знания и технологии. 2019. № 15 (03). С. 45–47.

© Ли Луньбинь (763203449@qq.com); Ван Шиъин (596657732@qq.com); Тэн Хайкунь (114785186@qq.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ОКАЗАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ УСЛУГ В УСЛОВИЯХ МЕГАПОЛИСА

MODELS OF THE FUNCTIONING OF THE INFORMATION SYSTEM FOR MONITORING SYSTEMS FOR THE QUALITY OF MEDICAL SERVICES IN A MEGALOPOLIS

**A. Markelova
O. Romashkova
S. Chiskidov**

Summary. The issues of quality of medical services in a metropolis are considered. The results of the obtained developments of models of a modern quality information system are presented.

Keywords: medicine, information system, medical services, patients, functioning model.

Маркелова Анастасия Вячеславовна
Аспирант, ГАОУ ВО «Московский городской
педагогический университет (МГПУ)»
anastat.zubo@mail.ru

Ромашкова Оксана Николаевна
Доктор технических наук, профессор, Российская
академия народного хозяйства и государственной
службы при Президенте РФ (РАНХиГС) г. Москва
ox-rom@yandex.ru

Чискидов Сергей Васильевич
Кандидат технических наук, доцент, профессор, ФГБВОУ
ВО «Академия гражданской защиты МЧС России» г. Химки
chis69@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены существующие информационные процессы мониторинга качества оказания медицинских услуг в условиях мегаполиса. Представлены полученные результаты разработки моделей функционирования информационной системы мониторинга качества.

Ключевые слова: медицина, информационная система, медицинские услуги, пациенты, модель функционирования.

Введение

В условиях современного мегаполиса, характеризующегося высоким уровнем урбанизации, динамичным ростом населения и разнообразием медицинских учреждений, обеспечение качества оказания медицинских услуг становится одной из ключевых задач здравоохранения. Эффективное управление качеством требует разработки и внедрения информационных систем, способных оперативно собирать, анализировать и интерпретировать данные о предоставляемых медицинских услугах.

Информационные системы мониторинга качества играют критическую роль в выявлении проблемных областей, повышении трансформации медицины и внедрении инновационных решений [1]. Важность таких систем усиливается необходимостью соответствия современным стандартам медицинского обслуживания и повышению уровня удовлетворенности пациентов [2].

На данный момент в современном мире существует множество программных систем мониторинга качества. Были изучены существующие информационные процессы мониторинга качества оказания медицинских услуг. На основе проведенного исследования возникла необ-

ходимость в разработке моделей процессов функционирования, которые будут служить базисом для создания проекта информационной системы (ИС) мониторинга качества оказания медицинских услуг в условиях мегаполиса [3, 4].

Схема информационных потоков отдела мониторинга

Схема информационных потоков, согласно организационной структуре отдела мониторинга качества оказания медицинских услуг, представлена на рисунке 1.

Руководитель управления организации медицинской помощи передает поручение начальнику отдела мониторинга от заместителя министра на подготовку отчета по мониторингу оценки качества оказания медицинских услуг. В свою очередь, начальник отдела мониторинга передает указание заместителю начальника отдела, а тот, всем сотрудникам организации. Технический специалист взаимодействует со специалистом по мониторингу качества оказания медицинских услуг и аналитиком данных предоставляя доступ к базе данных программной системы мониторинга (ПСМ) КОМУВУМ.

Специалист по мониторингу качества вносит необходимую информацию в базу данных ПСМ КОМУВУМ [5, 6].

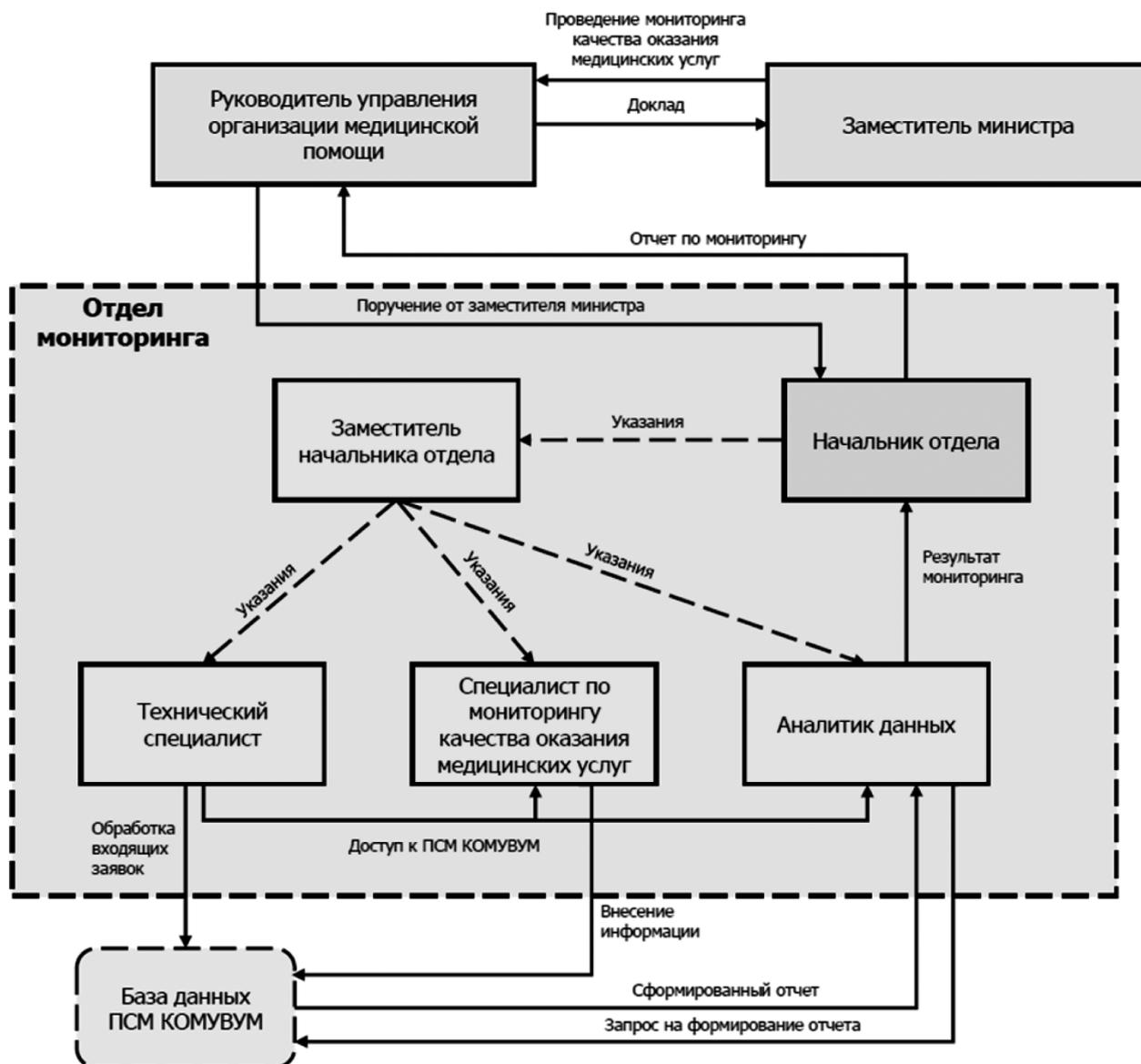


Рис. 1. Схема информационных потоков отдела мониторинга

Аналитик данных направляет запрос в систему на формирование отчета, а в ответ получает сформированный отчет. Полученный результат аналитик докладывает начальнику отдела, который направляет отчет по мониторингу руководителю управления организации медицинской помощи.

Для разработки моделей процессов функционирования ИС мониторинга качества оказания медицинских услуг в условиях мегаполиса был произведен выбор инструментальной программы CA ERwin Process Modeler.

Была разработана модель, визуально отражающая информационные процессы функционирования информационной системы (ИС) мониторинга используя нотации IDEF0 и IDEF3.

Эта модель представляет собой графическое представление, которое позволяет продемонстрировать сложные информационные процессы, происходящие в системе [7]. Нотации IDEF0 и IDEF3 используются для описания функций и процессов, что позволяет создать детальное и структурированное описание системы. Исходная контекстная диаграмма представлена на рисунке 2.

После описания общей работы системы проводится ее разделение на отдельные подпроцессы, и создаются схемы декомпозиции, которые позволяют детально представить структуру и взаимосвязи между различными компонентами системы [8]. В итоге декомпозиции процесса «Осуществить деятельность по мониторингу качества оказания медицинских услуг в условиях мегаполиса» сформировалась схема начального уровня

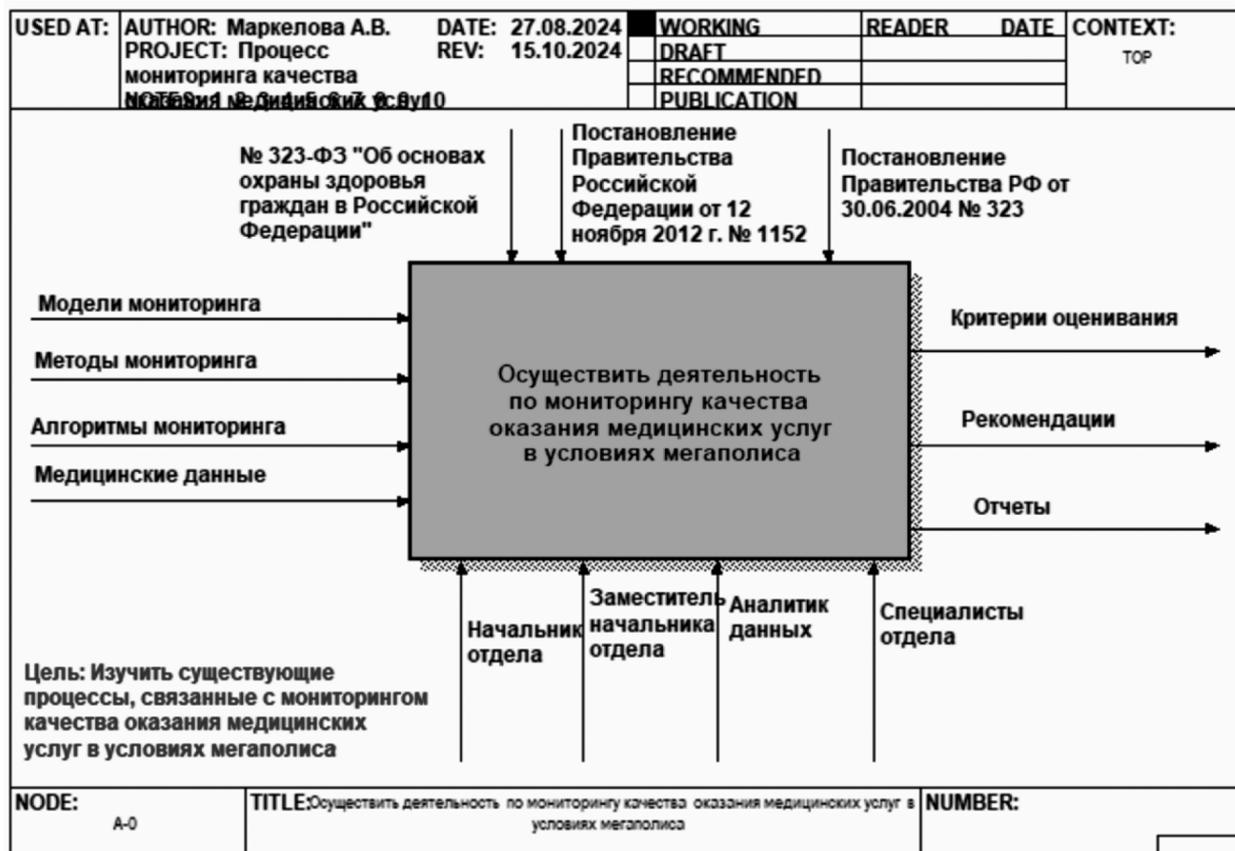


Рис. 2. Исходная контекстная диаграмма

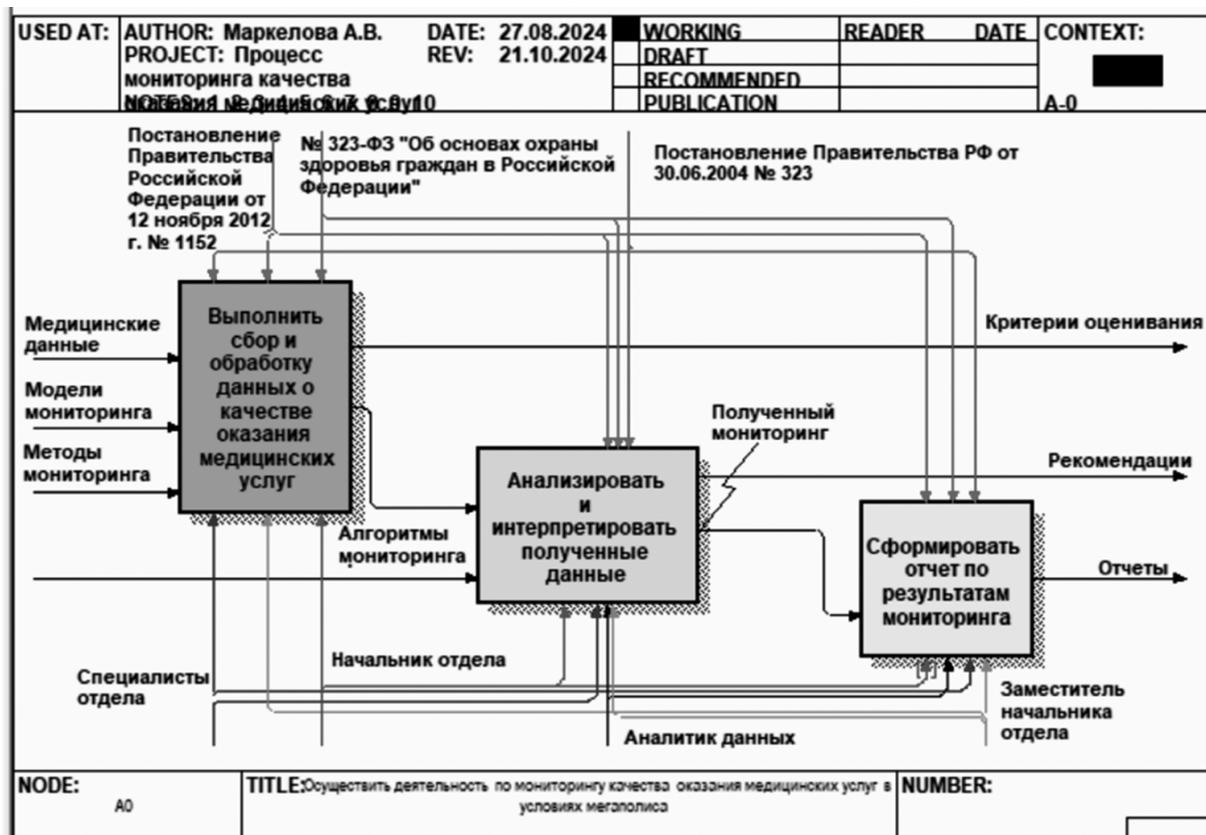


Рис. 3. Диаграмма начального уровня декомпозиции

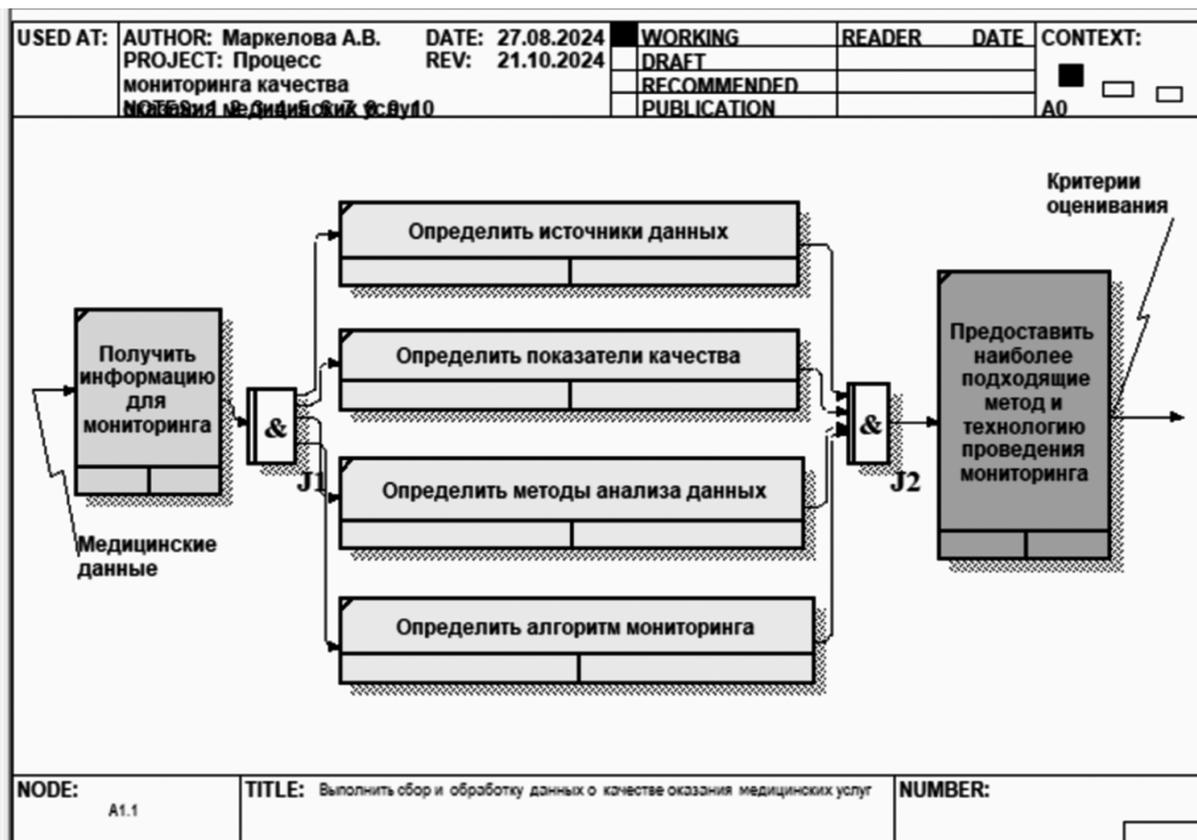


Рис. 4. Схема ОПЭРП «Выполнить сбор и обработку данных о качестве оказания медицинских услуг»

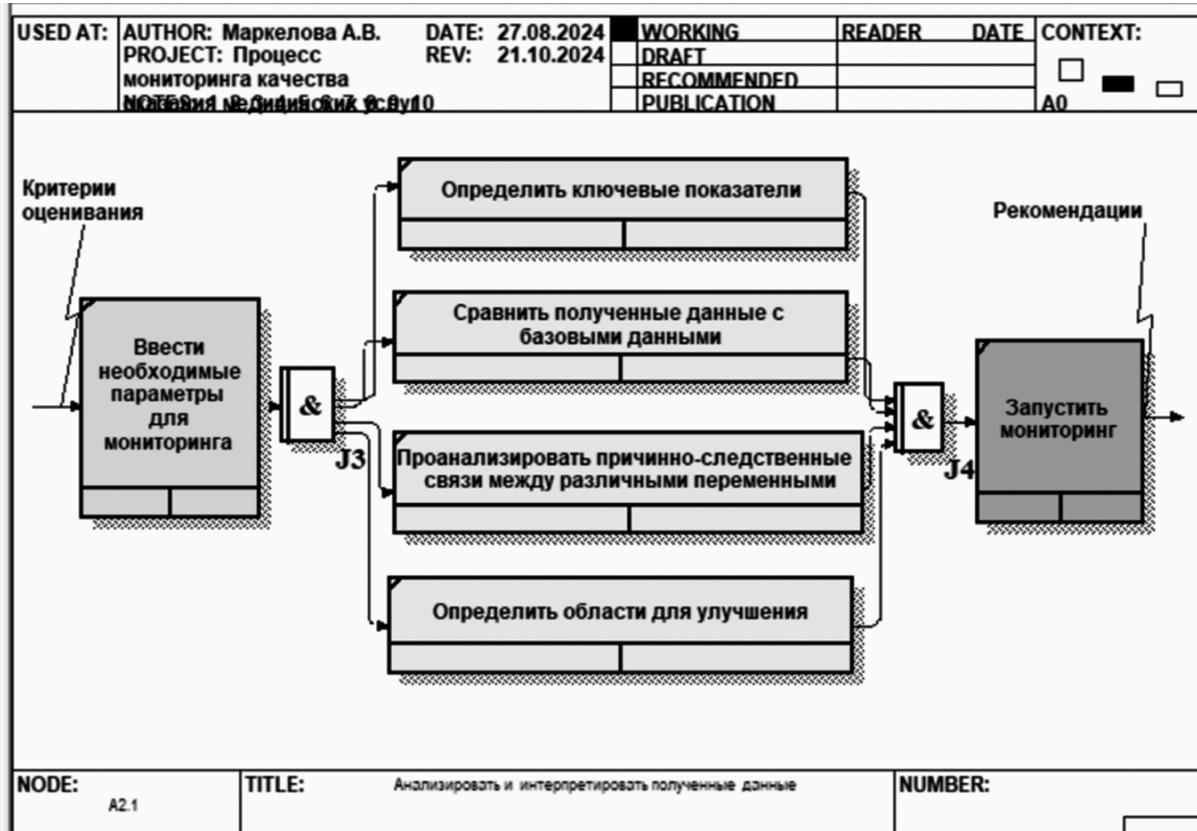


Рис. 5. Схема ОПЭРП «Анализировать и интерпретировать полученные данные»

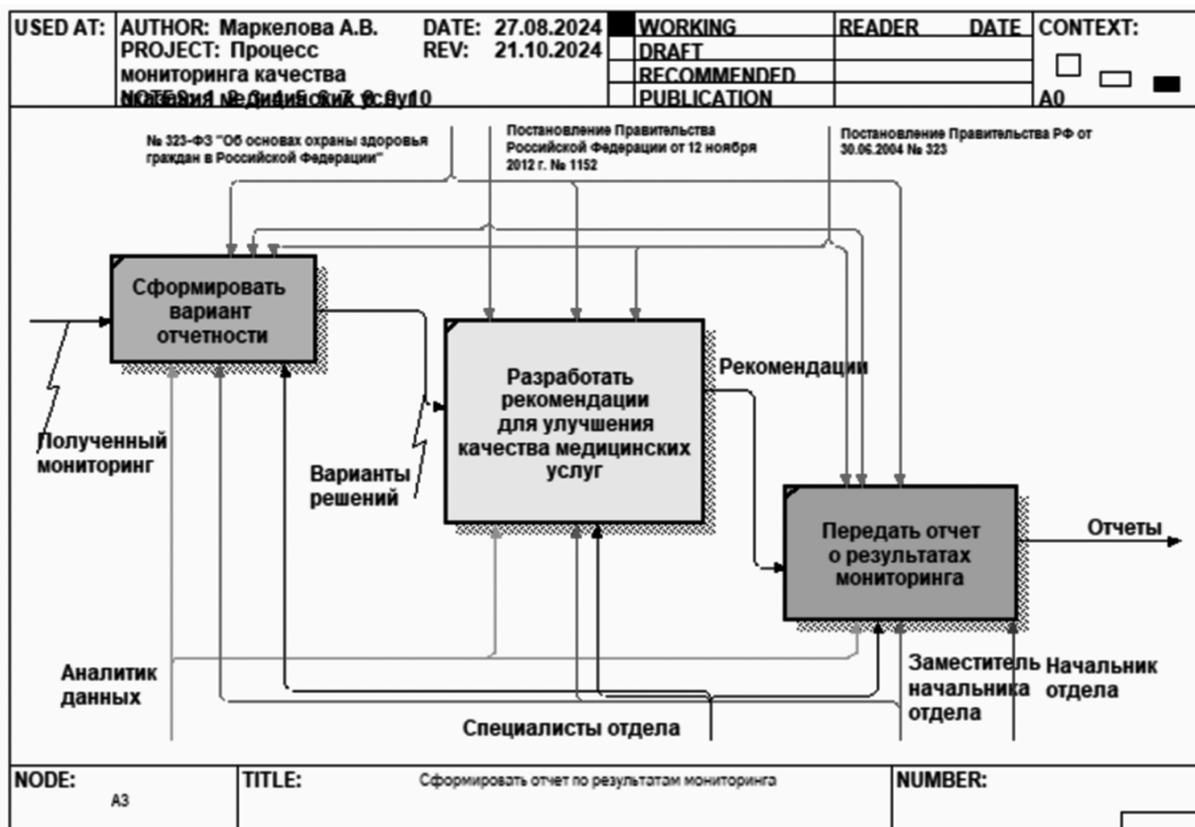


Рис. 6. Схема ОПЭРП «Сформировать отчет по результатам мониторинга»

декомпозиции (рисунок 3), на которой процесс мониторинга качества оказания медицинских услуг представлен более подробно:

1. Выполнить сбор и обработку данных о качестве оказания медицинских услуг;
2. Анализировать и интерпретировать полученные данные;
3. Сформировать отчет по результатам мониторинга.

На основании имеющихся моделей, методов и медицинских данных осуществляется выполнение сбора и обработки данных, после чего происходит анализ и интерпретирование результатов, по результатам анализа формируются отчетные документы о качестве оказания медицинских услуг.

В дальнейшем были разработаны схемы описания последовательности этапов работ процессов (ОПЭРП) IDEF3, которые наглядно отображают жизненный цикл каждого из выделенных подпроцессов [9]. На рисунке 4 представлена схема ОПЭРП выполнения сбора и обработки данных о качестве оказания медицинских услуг, которая состоит из следующих задач: «Получить информацию для мониторинга», «Определить источники данных»; «Определить показатели качества»; «Определить методы анализа данных»; «Определить алгоритм мониторинга», «Предоставить наиболее подходящие метод и технологию проведения мониторинга».

На рисунке 5 изображена схема ОПЭРП «Анализировать и интерпретировать полученные данные» со следующими подзадачами: «Определить ключевые показатели»; «Сравнить полученные данные с базовыми данными»; «Проанализировать причинно-следственные связи между различными переменными»; «Определить области для улучшения».

На рисунке 6 представленная сформированная схема ОПЭРП «Сформировать отчет по результатам мониторинга». Для данной схемы использовался метод функционального моделирования IDEF0. После того, как будет сформирован вариант отчетности, разрабатываются рекомендации для улучшения качества медицинских услуг. Далее передается отчет о результатах мониторинга.

ПСМ КОМУВУМ должна удовлетворять следующим основным функциональным требованиям:

1. автоматизация ведение базы данных о проведенных мониторингах качества оказания медицинских услуг;
2. автоматизация разработки рекомендаций на основании проведенных мониторингов;
3. автоматизация формирования отчетности о результатах мониторинга качества оказания медицинских услуг.

Заключение

Созданные модели процессов функционирования информационной системы мониторинга качества ока-

зания медицинских услуг в условиях мегаполиса стали основой для последующей разработки ПСМ КОМУВУМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коновалов А.А., Ромашкова О.Н. Модели бизнес-процессов по осуществлению рейтингового оценивания деятельности организаций медико-социального профиля // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. — 2021. — №01. — С. 83–96.
2. 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.
3. Назаров С.В. Архитектура и проектирование программных систем. — Москва: ИНФРА-М, 2018. — 34 с.
4. 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, ITTMM 2019» 2019. С. 92–101.
5. Осипов Д.Л. Технологии проектирования баз данных. — Москва: Издательство ДМК Пресс, 2019. — 498 с.
6. Приказ Минздрава России от 07.07.2015 № 422ан «Об утверждении критериев оценки качества медицинской помощи» // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти от 26 октября 2015 г. № 43.
7. Радченко М.Г. 1С: Предприятие 8.3. Практическое пособие для разработчика. — М.: ООО «1С — Паблишинг», СПб: Питер. 2018. — 964 с.
8. Пономарева Л.А., Ромашкова О.Н., Беякова А.Н., Заболотникова В.С. Автоматизация процесса многокритериального ранжирования студентов с помощью электронного портфолио. // Вестник Донского государственного технического университета. 2019. Т. 19. № 4. С. 382–388.
9. 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.

© Маркелова Анастасия Вячеславовна (anastat.zubo@mail.ru); Ромашкова Оксана Николаевна (ox-rom@yandex.ru);

Чискидов Сергей Васильевич (chis69@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПО РЕГИОНАМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

SIGNATURE VERIFICATION USING SIAMESE NEURAL NETWORKS

O. Mitina

Summary. Complete and reliable statistical information is a necessary basis for the management and organization of health care in all countries of the world. Information that has any medical significance is ultimately processed and analyzed using medical statistics. Statistical analysis is an integral part of clinical research. Statistics uses an extensive mathematical apparatus that helps to successfully analyze data and obtain the necessary information.

Nowadays, more and more people are being diagnosed with cancer. In 2021 alone, 283 thousand Russians died from malignant neoplasms. Now, there is a trend towards an increase in diseases associated with oncology in the world. The reasons are varied, but one thing is clear it is necessary to fight it, because cancer is one of the deadliest diseases.

Keywords: oncological diseases, integral law, Weibull distribution.

Митина Ольга Алексеевна

кандидат педагогических наук, МИРЭА — Российский технологический университет, г. Москва
alogmi@yandex.ru

Аннотация. Полная и достоверная статистическая информация является необходимым основанием для управления и организации здравоохранения во всех странах мира. Информация, имеющая какую-либо медицинскую значимость, в конечном счёте обрабатывают и анализируют с помощью медицинской статистики. Статистический анализ является интегральной частью клинических исследований. В статистике используется достаточно обширный математический аппарат, помогающий успешно анализировать данные, получать нужную информацию.

В наше время всё больше диагностируются онкологические заболевания. Только в 2021 году 283 тысячи россиян умерли от злокачественных новообразований. В данный момент в мире наблюдается тенденция к росту заболеваний, связанных с онкологией. Причины разнообразны, но понятно одно необходимо с этим бороться, ведь онкологические заболевания являются одними из самых смертельных.

Ключевые слова: онкологические заболевания, интегральный закон, распределение Вейбулла.

В современных реалиях проблемы онкологических заболеваний широко обсуждаются и остаются в центре внимания ввиду неуклонного роста заболеваемости, высокой инвалидизации и смертности пациентов. Подобные заболевания справедливо могут быть отнесены в группу социально-значимых болезней. [1] На первом году жизни с момента установления онкологического диагноза в РФ умирает каждый третий пациент. [2]

Заболевания, относящиеся к онкологическим, представляют собой обширный и разнородный класс заболеваний, включающий как доброкачественные, так и злокачественные новообразования. Злокачественные образования являются наиболее опасными.

Онкологические диагнозы зачастую воспринимаются как приговор, однако далеко не все из них приводят к смерти. Существуют доказанные методы по снижению смертности, такие как выявление рака на ранних стадиях, вовремя подобранное правильное лечение.

В России распространённость злокачественных новообразований ежегодно увеличивается на 1,5 % по данным за 2018 год, за последние 5 лет она выросла на 11,9 %. Сейчас смертность от онкологической заболеваемости находится на втором месте после заболеваний кровеносной системы. [3]

В 2021 году 933 тысячи россиян умерли от болезней сердца и сосудов, 283 тысячи — от злокачественных новообразований. Статистика же за 2020 год вызывает вопросы: официально от коронавируса в России умерло чуть больше 100 тысяч человек, но в сравнении с 2019 годом общая смертность выросла на 18 % — это больше на 324 тысячи смертей. Многие умершие от коронавируса имели различные хронические заболевания, в том числе онкологические, ковид же усугубил ситуацию. [4]

В России ситуация с онкологическими заболеваниями достаточно безрадостная, если сравнивать с другими странами. Российская Федерация находится на 49 месте в мире по заболеваемости онкологией: 234,4 диагноза на 100 тысяч жителей в 2020 году. По уровню смертности от рака — на 33 месте: 113,7 случая на 100 тысяч населения.

Данная статистика дана Всемирной организацией здравоохранения. Однако, к сожалению, она вызывает некоторые сомнения. Самые низкие показатели в этом рейтинге — у неразвитых государств Африки и Азии. Заболеваемость в Нигере составляет 78,4 на 100 тысяч жителей, в Гамбии — 79,5, в Непале — 80,9. Развитые же страны, наоборот, находятся на первых местах списка: Австралия — 452,4 диагноза на 100 тысяч, США — 362,2, Германия — 351,1, Франция — 313,7. [5]

В России тоже принимаются различные меры для улучшения ситуации с онкологическими заболеваниями. Так, согласно министру здравоохранения РФ М.А. Мурашко, введены новые требования к медицинским организациям, такие как лицензионные требования, требования к маршрутизации пациентов, утверждены новые требования по диспансерному наблюдению за пациентами с онкологическими заболеваниями, разработана и внедрена вертикально интегрированная информационная система, которая позволяет контролировать качество лечения и непосредственно прогнозировать последующие курсы химиотерапии и лучевой терапии. [6]

Сейчас в стране работает 86 онкологических диспансеров, ряд больниц, несколько профильных медучреждений находится на этапе строительства.

К сожалению, система здравоохранения РФ продолжает испытывать потребность в кадрах в сфере онкологии. На данный момент реализуется комплекс мер по обеспечению пациентов доступной медицинской помощью, в том числе в рамках развития кадрового потенциала.

На 2022 год количество онкологов возросло на 17 %, а также в связи с поставкой серьёзного радиологического оборудования, на 60 % увеличилось количество радиотерапевтов.

Несмотря на то, что в Российской Федерации ведётся работа по улучшению ситуации, связанной с онкологией, всё обстоит не так хорошо. Для улучшения этой ситуации важно проводить статистический анализ над данными по онкологической заболеваемости.

В статистике используются грубые и стандартизированные по возрасту показатели. Для характеристики закономерностей статистического распределения используют нормальное распределение, распределение Пуассона, распределение Вейбулла и многие другие. Соответствия теоретических и эмпирических частот получают при помощи критериев согласия.

При аппроксимации законов распределения, получаемых в результате обработки экспериментальных данных, иногда используется закон распределения Вейбулла. [7] Он назван по фамилии шведского инженера В. Вейбулла. Он впервые применил степенно-показательную функцию для аппроксимации экспериментальных данных о прочности стали на разрыв при усталостных испытаниях в 1939 году.

Вейбулл ввёл подобное распределение в практику анализа результатов усталостных испытаний. Впоследствии данное распределение использовалось для

описания времён жизни разнообразных технических устройств, финансовых задач из страховой сферы, а также для описания социальных конфликтов.

Функция распределения трёхпараметрического распределения Вейбулла имеет вид:

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x-\theta}{b}\right)^c},$$

где θ — параметр положения (минимальное значение случайной величины x);

b — параметр масштаба;

c — параметр формы. [8]

Функция выживаемости — это характеристика случайной величины, которая привязывает некоторое множество событий (обычно обозначающих смерть или поломку наблюдаемой системы) ко времени. Данная функция показывает вероятность того, что система не сломается к определённому времени. Сама же случайная величина показывает время поломки системы или время смерти. [9]

Распределение случайной величины можно характеризовать также функцией выживания, вероятностью противоположного события, состоящего в том, что случайная величина примет значение большее x . Обозначим функцию выживания через $W(x)$, тогда

$$W(x) = 1 - F(x) = e^{-\left(\frac{x-\theta}{b}\right)^c}.$$

У закона Вейбулла есть особое свойство: все кривые Вейбулла, различающиеся только параметром формы (c), пересекаются в одной точке.

В случае совпадения значений двух функций распределения Вейбулла, различающихся только параметром формы, будут совпадать и функции выживания, хотя бы для одного значения аргумента x^* :

$$W_1(x^*) = W_2(x^*),$$

$$\text{тогда } e^{-\left(\frac{x^*-\theta}{b}\right)^{c_1}} = e^{-\left(\frac{x^*-\theta}{b}\right)^{c_2}}, \left(\frac{x^*-\theta}{b}\right)^{c_1-c_2} = 1.$$

При $c_1 = c_2$ степенная функция принимает единичное значение тогда и только тогда, когда $x^* = \theta + b$.

В результате все кривые Вейбулла, различающиеся единственным параметром формы, пересекаются в одной точке:

— с координатами $(\theta + b, e^{-1})$ для функции выживания W ;

— с координатами $(\theta + b, 1 - e^{-1})$ для функции распределения F , (Рисунок 1).

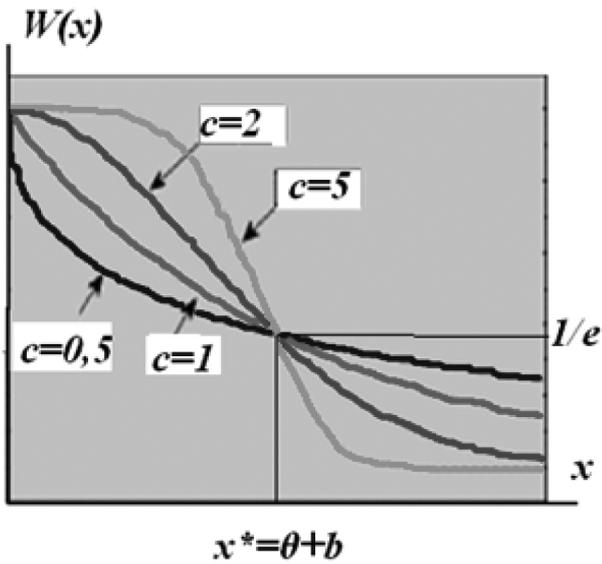


Рис. 1. Поведение функции выживания закона Вейбулла в зависимости от параметра формы c

В теории надёжности точка $e^* = \theta + b$ называется характеристическим временем жизни изделия. Оно определяет момент на временной шкале, до которого произойдет отказ 63,2 % изделий. В случае распределения онкологических заболеваний по регионам Российской Федерации — это характеристическая заболеваемость. Она определяет границу на шкале заболеваний, для которой вероятность события, состоящего в том, что число заболевших окажется менее граничного 0,632.

Для двухпараметрического распределения Вейбулла $\theta = 0$, поэтому абсцисса характеристической точки совпадает с параметром масштаба $x^* = b$.

Распределение Вейбулла спрямляется в координатах:

$$(\ln(x - \theta), \ln(-\ln(W(x))))$$

Эти координаты называют координатами Вейбулла. Логарифмируя функцию выживания дважды, получим:

$$\ln(-(\ln(W(x)))) = c \cdot \ln\left(\frac{x - \theta}{b}\right)$$

Ещё одним статистическим показателем анализа данных является функция риска (интенсивности). В общем случае функция риска определяется как величина относительного прироста функции выживания, взятая с противоположным знаком:

$$\lambda(x) = \frac{dF(x) / dx}{1 - F(x)} = -\frac{dW(x) / dx}{W(x)}$$

Для закона Вейбулла, функция риска изменяется по степенному закону:

$$\lambda(x) = \frac{c(x - \theta)^{c-1}}{b^c}$$

Поэтому спрямляющими координатами будут логарифмические координаты, $(\ln(x - \theta), \ln\lambda)$. [10]

При $c = 1$ распределение Вейбулла переходит в экспоненциальное распределение, функция риска равна константе. При $c < 1$ функция риска убывает, при $c > 1$ она возрастает (Рисунок 2).

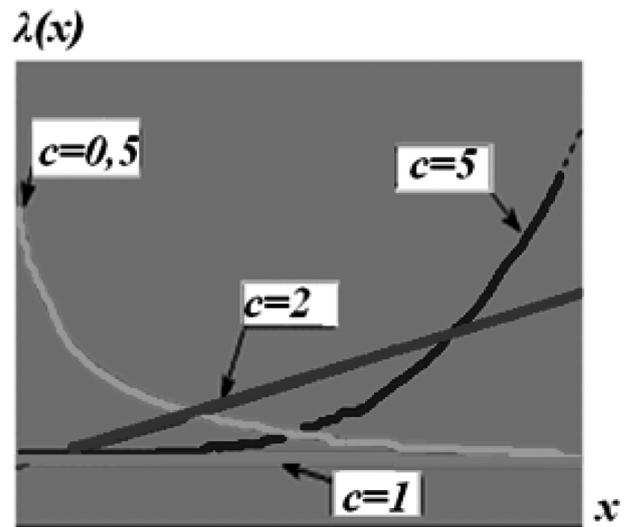


Рис. 2. Закон Вейбулла. Поведение функции риска при различных значениях параметра формы c

В результате, варьируя значения показателя c , становится возможным описать одним и тем же семейством функций разнообразные формы распределения вероятности.

Кривая Гомперца, названная в честь английского учёного Б. Гомперца, является сигмовидной функцией. Это тип математической модели для временных рядов, где рост медленнее в начале и в конце периода. Данная функция используется в актуарных расчётах для определения упрощённого закона о смертности. [11]

Кривую Вейбулла можно записать в форме Гомперца, если внести логарифмирование аргумента. Точка перегиба модифицированной таким образом кривой есть характеристическое значение аргумента кривой Вейбулла.

Введём логарифмический аргумент, $\ln\frac{x - \theta}{b} = -\tau$, тогда функция выживания, $W(\tau) = e^{-e^{-c\tau}}$. Полученная зависимость $W(\tau)$ есть кривая Гомперца, с точкой перегиба $\tau^* = 0$. В исходных переменных нулевому значению

нию τ^* соответствует характеристическое значение распределения Вейбулла, $x^* = \theta + b$. [12], [13]

В практике распределение Вейбулла может применяться к широкому спектру данных.

Данные для анализа предоставлены московским научно-исследовательским онкологическим институтом имени П.А. Герцена. [14] Взяты стандартизованные данные по 85 регионам РФ, влияние возраста в этих данных исключено.

Упорядочим данные с Рисунка 3.1 по возрастанию, а затем построим график обратной функции распределения. [15] Сценарий модуля, выполняющего сортировку данных, а также построение графика на Рисунке 3.2 представлен в Приложении А. Значение оси ординат — это число заболевших на 100 000 человек, а значение по оси абсцисс — ранг. Полученный результат представлен на Рисунке 3.

Инверсия координатных осей на Рисунке 3 дает интегральный закон распределения числа онкологических заболеваний по регионам Российской Федерации.

Интегральный закон распределения, рассчитанный для стандартизованных данных, представлен на Рисунке 4. Накопленные частоты получены путём нормировки рангов максимальным числом регионов.

График интегрального закона распределения допускает аппроксимацию кусочно-линейной зависимо-

стью, ломаной. В пределах каждого линейного участка ломаной сохраняются параметры аппроксимирующей прямой, тогда как в граничных точках они изменяются скачком.

На Рисунке 4 выделяются четыре группы однородных по механизму формирования данных:

1. максимальная заболеваемость (более 300 заболевших на 100 000 человек): Сахалинская, Иркутская, Архангельская, Томская и Брянская области;
2. основная группа (диапазон от 242 до 300 заболевших на 100 000 человек): 55 регионов;
3. умеренная заболеваемость (диапазон от 197 до 242 случаев до 100 000 человек): 21 регион;
4. минимальная заболеваемость: Дагестан, Республика Алтай, Чукотская республика и Ингушетия.

Выделение однородных групп эмпирических данных позволяет построить классификацию регионов РФ по уровню заболеваемости:

- незначительная заболеваемость (до 197 заболеваний на 100 000 человек, частость до 0,035);
- заболеваемость среднего уровня (от 197 до 242 заболеваний на 100 000 человек, частость от 0,035 до 0,27);
- высокая заболеваемость (от 242 до 300 заболеваний на 100 000 человек, частость от 0,27 до 0,93);
- крайне высокая заболеваемость (выше 300 заболеваний на 100 000 человек, частость выше 0,93).

Закон распределения заболеваемости в каждой группе близок к равномерному, с постоянной плотностью.

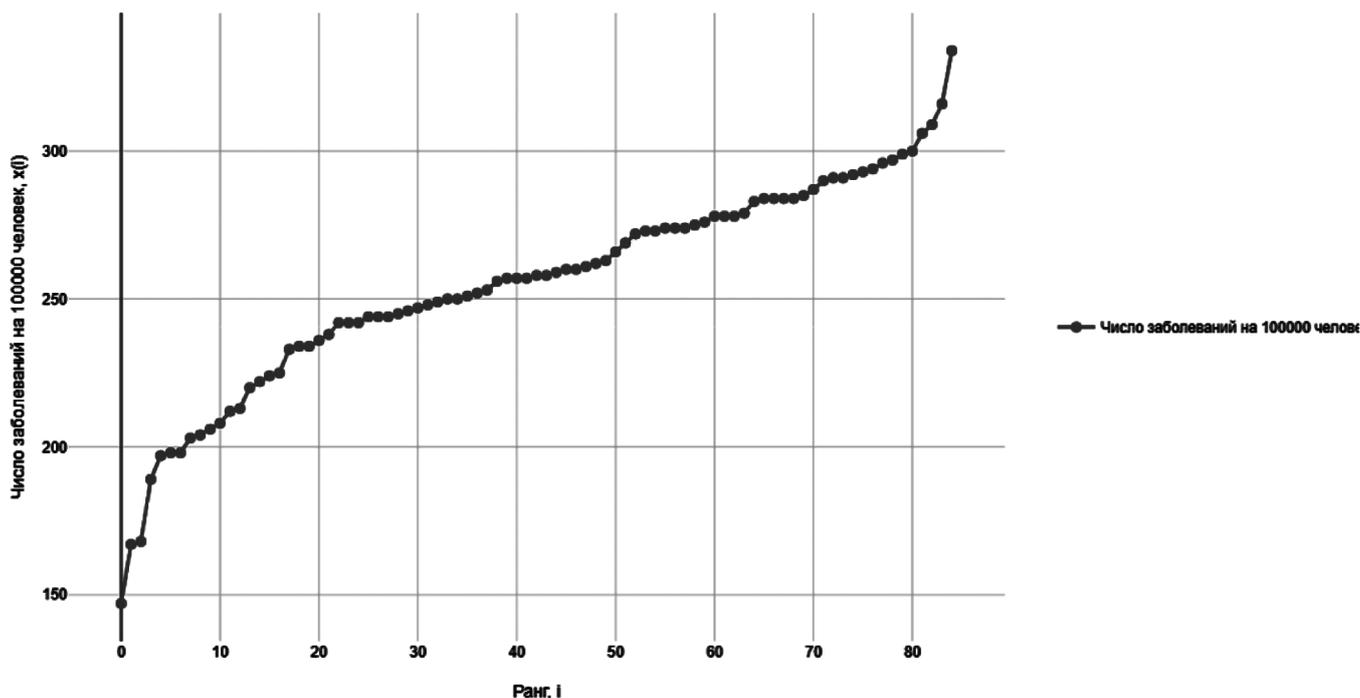


Рис. 3. Обратная функция заболеваемости

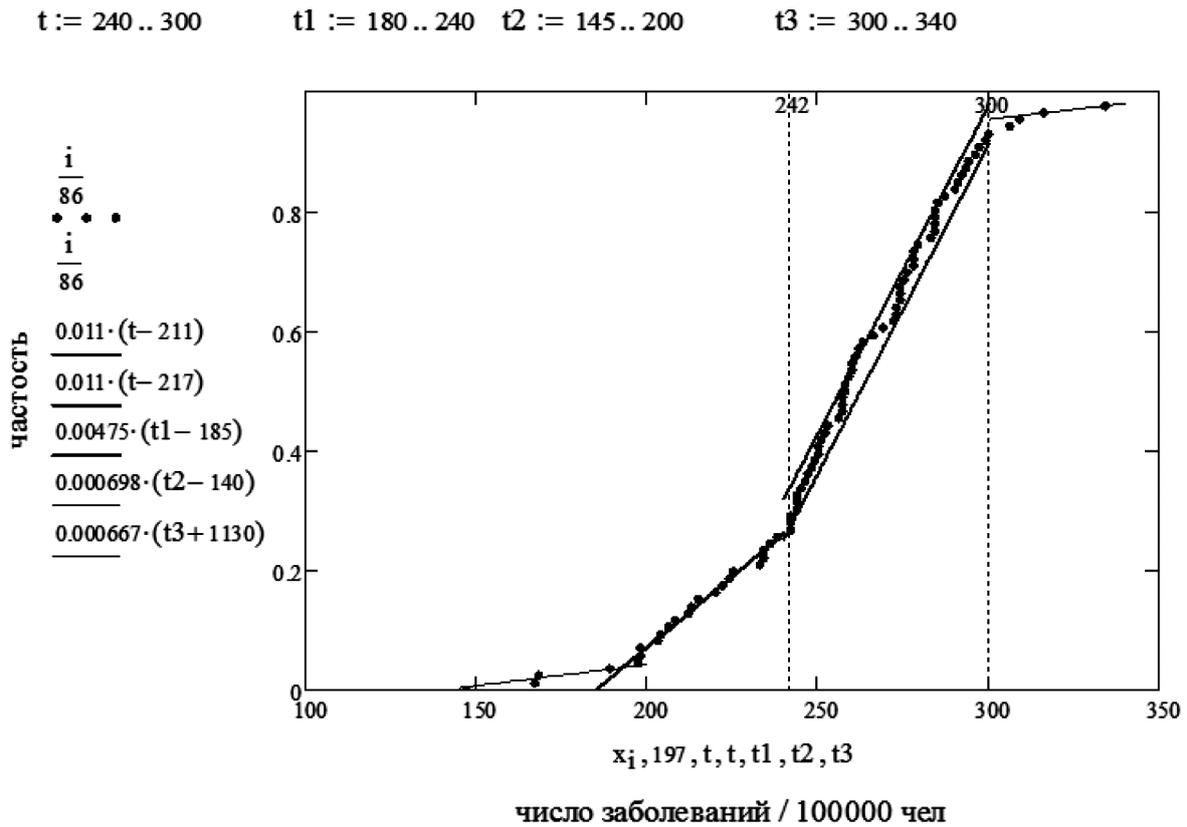


Рис. 4. Интегральный закон распределения заболеваемости в 2019 году

$$f(x) := \begin{cases} 0.0007 & \text{if } 147 \leq x < 197 \\ 0.005 & \text{if } 197 \leq x < 242 \\ 0.011 & \text{if } 242 \leq x < 300 \\ 0.0007 & \text{if } 300 \leq x < 335 \end{cases}$$

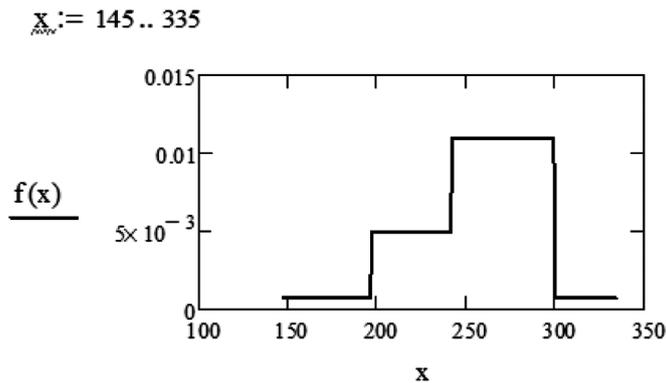


Рис. 5. Плотность равномерных распределений заболеваемости в диапазоне от 147 до 334 на 100 000 заболеваний

Идентификация угловых коэффициентов, аппроксимирующих прямых на Рисунке 4 позволяет определить изменение величин плотностей равномерных распределений с ростом числа заболеваний (Рисунок 5).

График Рисунка 5 имеет кусочно-постоянный, ступенчатый характер. В интервале от 147 до 300 заболеваний

на 100 000 человек, величина плотности возрастает более чем на порядок, а затем резко сокращается. Такой характер изменения плотности распределения согласуется с интегральной функцией в том случае, когда последняя имеет точку перегиба.

Оценка положения точки перегиба на интегральной функции распределения приходится на интервал от 242 до 300 заболеваний на 100 000 человек, с арифметическим средним 271.

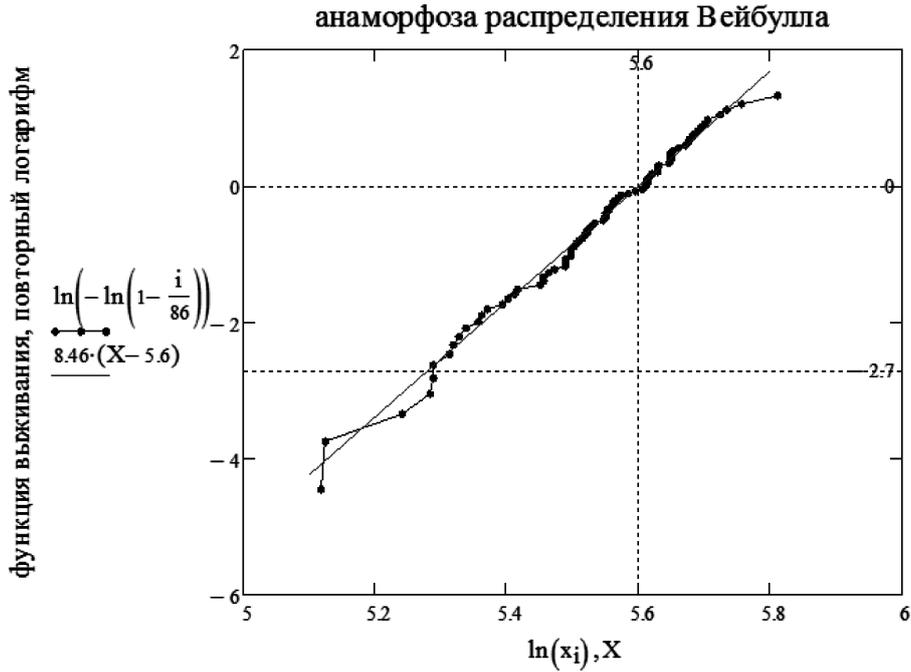
Подбор единой для всего диапазона заболеваемости унимодальной зависимости плотности распределения

позволит также дать единое математическое описание и для функции распределения.

Построим анаморфозы распределения Вейбулла по эмпирическим данным распределения онкологических заболеваний по регионам РФ в 2019 году. Полагая параметр положения $\theta = 0$, будем рассматривать двухпараметрическое распределение.

$$X := 5.1, 5.2 \dots 5.8$$

$$e^{5.6} = 270.426$$



стандартизованный показатель, шкала лог

Рис. 6. Функция выживания в координатах Вейбулла, параметр формы $s \approx 8,46$, характеристическая заболеваемость $x^* \approx 270$ на 100 000 человек
 $y := 140 \dots 400$

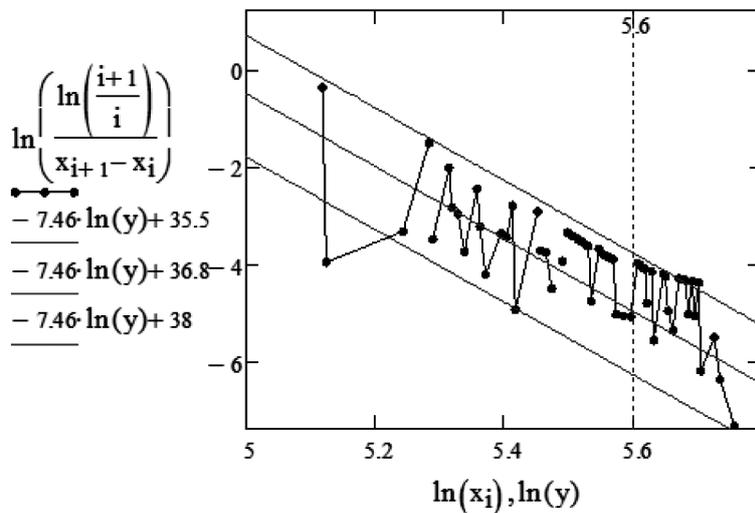


Рис. 7. Функция риска в логарифмической системе координат

На Рисунке 6 изображена функция выживания в координатах Вейбулла. Данный график демонстрирует хорошее спрямление почти во всём диапазоне измерения эмпирических данных, это подтверждает возможность применения распределения Вейбулла в качестве адекватного описания.

Графоаналитическое нахождение параметров распределения даёт значение $c \approx 8,46$ (угловой коэффициент аппроксимирующей прямой), а оценка характеристической заболеваемости $x^* \approx 270$ на 100 000 человек определяется положением точки пересечения аппроксимирующей прямой с осью абсцисс.

Построим график функции риска в логарифмических координатах (Рисунок 7). На нём вертикальной линией показана характеристическая заболеваемость $\ln(x^*) \approx 5,6$.

На Рисунке 7 наблюдается широкий линейный канал. Диапазон изменения заболеваемости укладывается в интервал, что говорит о степени полноты анализируемой эмпирической выборки.

Функция распределения заболеваемости по регионам РФ следует математической зависимости:

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{270,4}\right)^{8,46}}.$$

Математическое ожидание:

$$M_x = \int_0^{\infty} e^{-\left(\frac{x-\theta}{b}\right)^c} dx = b \cdot \left(\frac{1}{c} + 1\right) \approx 255.$$

Дисперсия:

$$D_x = \sigma^2 = b^2 \cdot \left(\Gamma\left(\frac{2}{c} + 1\right) - \Gamma^2\left(\frac{1}{c} + 1\right)\right) \approx 35,9^2.$$

Диапазон изменения заболеваемости укладывается в интервал $[M_x - 3\sigma, M_x + 2\sigma]$, что говорит о степени полноты анализируемой эмпирической выборки. [16]

Оценки математического ожидания и характеристической заболеваемости близки. Они близки также и к положению точки перегиба интегральной кривой, поэтому можно говорить о двух укрупнённых группах регионов — с заболеваемостью ниже и выше характеристической x^* .

Таким образом, приближение эмпирических данных кусочно-линейной зависимостью позволило получить однородные группы данных и построить на этой основе классификацию регионов по заболеваемости, в которой выделено четыре группы регионов. Показано, что единым математическим описанием для полного диапазона данных является закон Вейбулла. В качестве дальнейших исследований по данной теме можно предложить анализ динамики установленных параметров распределения, а также построение факторной модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Журавлев Е. Совершенствование диагностики злокачественных образований визуальных локализаций (на примере Челябинской области). [Текст] / Журавлев Е. — Уфа: ГОУ ВПО «ЧелГМА Росздрава», 2011 — 28 с.
2. Чиссов В. Старинский В. Петрова Г. Состояние онкологической помощи населению в 2009 году. [Текст] / В. Чиссов В. Старинский Г. Петрова М.: ФГУ «МНИОИ им. П.А. Герцена Росмедтехнологий», 2010. 188 с.
3. Каприн А., Старинский В., Петрова Г. Злокачественные новообразования в России в 2018 году (заболеваемость и смертность). [Текст] / А. Каприн, В. Старинский, Г. Петрова М.: Филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2019. — 250 стр.
4. Ростовцев В.С. Искусственные нейронные сети / В.С. Ростовцев [Электронный ресурс] // Вятский Государственный Университет: — URL: http://iweb.vyatsu.ru/document/material/41/_Учебник%20ИНС_2014_Э4743.pdf (дата обращения: 18.10.2022) — 141 с.
5. Правительство России. Брифинг Татьяны Голиковой. [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/news/41486/> (дата обращения: 09.03.2023).
6. WHO. Estimated age-standardized incidence rates (World) in 2020, all cancers, both sexes, all ages. [Электронный ресурс]. URL: <https://gco.iarc.fr/today/online-analysis> (дата обращения: 12.03.2021).
7. ТАСС. Мурашко сообщил, что смертность от новообразований в России снизилась на 4,5 % за три года. [Электронный ресурс]. URL: <https://tass.ru/obschestvo/15305967> (дата обращения: 10.03.2023).
8. Свешников А. Прикладные методы теории вероятностей: Учебник. [Текст] / Под ред. О. Зайца. — СПб. Издательство «Лань», 2022. — 464 с.
9. ГОСТ 50779.27–2017. Статистические методы. Распределение Вейбулла. Анализ данных. [Текст] — М.: Стандартиформ, 2017. — 57 с.
10. MachineLearning.ru. [Электронный ресурс]. URL: http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Функция_выживаемости (дата обращения: 01.04.2023).
11. Николаев Д. Антонов А. Чепурко В. Применение минимизации функции риска с учетом, усеченных слева и цензурированных справа данных для оценки параметров распределения Вейбулла. [Текст] — Надежность. №3, 2022. — 56 с.
12. Kenney J. Keeping E. Mathematics of Statistics, Pt. 1 [Текст] — Princeton N.J.: Van Nostrand, 1962. — p. 241.
13. Bowers N. Gerber H. Hickman J. Jones D. Nesbitt C. Actuarial Mathematics. [Текст] — Itasca, I.L.: Society of Actuaries, 1997 — p. 71.
14. Gompertz B. On the Nature of the Function Expressive of the Law of Human Mortality, and on a New Mode of Determining the Value of Life Contingencies. [Текст] — London: Royal Society, 1832 — p. 585.
15. Каприн А. Старинский В. Шахзадова А. Злокачественные новообразования в России в 2019 году (заболеваемость и смертность). [Текст] — М.: МНИОИ им. П.А. Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2020. — 252 с.
16. Шибинский В. Примеры и контрпримеры в курсе математического анализа. Учебное пособие. [Текст] — М.: Высшая школа, 2007. — 29 с.
17. Random. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.randomservices.org/random/special/Uniform.html> (дата обращения: 12.04.2023).

© Митина Ольга Алексеевна (alogmi@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ РАБОТЫ С ГРАФАМИ. ПРИМЕНИМОСТЬ РАБОТЫ С ГРАФАМИ В БАНКОВСКИХ ПРОЦЕССАХ И ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ БЕЗОПАСНОСТИ БАНКОВ

Носков Алексей Александрович

Аспирант, АНО ВО «Российский новый университет»

alexeynoskov91@gmail.com

MODERN METHODS AND TOOLS FOR WORKING WITH GRAPHS. THE APPLICABILITY OF WORKING WITH GRAPHS IN BANKING PROCESSES AND SECURITY DEPARTMENTS OF BANKS

A. Noskov

Summary. Graph data representation is growing and becoming increasingly important because it helps solve complex problems involving large amounts of information. In this representation, data is structured in a way that reflects the relationships between different elements. This can be useful for social network analysis, web search, route optimization, and many other applications. One of the main reasons graph data is important is its ability to handle uncertainty and incompleteness of information. Unlike traditional relational databases, where data is stored in tables with a rigidly defined structure, graphs can contain information about different types of relationships between objects. This makes them ideal for working with data that is not always fully defined or has a complex structure. In addition, graph data representation also helps solve problems involving the analysis of large amounts of information. For example, when working with social networks, graphs can be used to identify groups of users with similar interests or behavior. Similarly, when searching the web, graphs can help determine the most relevant results based on the relationships between web pages. Thus, graph representation of data plays a key role in solving complex problems related to processing large amounts of information. It provides a flexible tool for data analysis and helps to find new patterns and relationships between different elements. Speaking about the applicability of graphs to bank data, we can say that the existing connections and relationships of bank clients can also be represented as a graph of client relationships. This approach to solving problems allows you to open a new perspective on solving classic problems of security departments in banks.

Keywords: graphs, big data, machine learning, data science, data science, deep learning.

Аннотация. Графовое представление данных развивается, и становится всё более важным, поскольку оно позволяет решать сложные задачи, связанные с большими объёмами информации. В этом представлении данные структурируются таким образом, чтобы отражать связи между различными элементами. Это может быть полезно для анализа социальных сетей, поиска информации в интернете, оптимизации маршрутов и многих других приложений. Одной из главных причин важности графового представления данных является его способность обрабатывать неопределённость и неполноту информации. В отличие от традиционных реляционных баз данных, где данные хранятся в таблицах с жёстко определённой структурой, графы могут содержать информацию о различных типах связей между объектами. Это делает их идеальными для работы с данными, которые не всегда полностью определены или имеют сложную структуру. Кроме того, графовое представление данных также позволяет решать задачи, связанные с анализом больших объёмов информации. Например, при работе с социальными сетями графы могут использоваться для определения групп пользователей со схожими интересами или поведением. Аналогично, при поиске информации в интернете графы могут помочь определить наиболее релевантные результаты на основе связей между веб-страницами. Таким образом, графовое представление данных играет ключевую роль в решении сложных задач, связанных с обработкой больших объёмов информации. Оно предоставляет гибкий инструмент для анализа данных и помогает находить новые закономерности и связи между различными элементами. Говоря о применимости графов к данным банка, можно сказать, что имеющиеся связи и отношения клиентов банка можно также представить в виде графа клиентских связей. Такой подход к решению задач позволяет открыть новый взгляд на решение классических проблематик подразделений безопасности в банках.

Ключевые слова: графы, большие данные, машинное обучение, дата саенс, глубокое обучение.

Помимо сравнительно стандартных по подходу к решению задач в области классического машинного и глубокого обучения — классификация, регрессия (на табличных данных), кластеризация, NLP (natural language processing), CV (computer vision), сейчас также набирают популярность алгоритмы и модели, связанные

с задачами на графах, такие, например, как GNN (Graph neural network).

GNN (Graph neural network) — это класс искусственных нейронных сетей для обработки данных, которые могут быть представлены в виде графов.

Графы использовались для обозначения данных из различных областей, от социальных наук, лингвистики до химии, биологии и физики.

Поскольку данные из реальных прикладных задач имеют очень разнообразные формы, от матриц и тензоров до последовательностей и временных рядов, возникает естественный вопрос: почему мы пытаемся представить данные в виде графов? Есть два основных мотива. Во-первых, графы обеспечивают универсальное представление данных. Данные из многих систем в различных областях могут быть явно обозначены в виде графов, таких как социальные сети, транспортные сети, сети взаимодействия белок-белок, графы знаний и сети мозга. Между тем, многие другие типы данных могут быть преобразованы в форму графов [1]. Во-вторых, значительное количество реальных проблем можно рассматривать как вычислительные задачи на графах и, соответственно, эффективно их решать с помощью графового представления.

Следующие классы задач, имеющих огромное прикладное значение, можно обобщить как проблему классификации узлов [2]:

- Обнаружение аномальных узлов (например, спамеров или террористов).
- Предложение новых связей или контактов людям на основе поиска других людей со схожими интересами, демографией или опытом.
- Разработка систем рекомендаций, предлагающие объекты (музыку, фильмы, занятия) на основе интересов других людей с пересекающимися характеристиками.
- Разработка систем ответов на вопросы, которые направляют вопросы тем, у кого больше всего опыта в ответе на данный вопрос.
- Разработка рекламных систем, которые показывают рекламу тем людям, которые, скорее всего, будут заинтересованы и восприимчивы к рекламе по определенной теме.
- Идентификация генов, соответствующих заболеваниям, а также предложение лекарств пациентам.
- Социологическое исследование сообществ, например, степень, в которой сообщества формируются вокруг определенных интересов или принадлежности.
- Исследование того, как идеи и «мемы» распространяются в сообществах с течением времени.

Рекомендации друзей в социальных сетях можно также решать как задачу прогнозирования связи (link prediction), к такой же проблематике, по существу могут быть отнесены рекомендации, предсказание побочных эффектов полипрагмазии, идентификация взаимодействия лекарственного средства с целью (drug-target

interaction, при этом целью может быть конкретный белок, фермент, рецептор, нуклеиновая кислота или другие биомолекулы, участвующие в болезненных процессах или нормальных физиологических функциях) и заполнение графа знаний [3, 4]. Прогнозирование белкового интерфейса можно рассматривать как задачу классификации графов [5].

Узлы на графах по своей сути связаны, что предполагает, что узлы не являются независимыми. Однако традиционные методы машинного обучения часто предполагают, что данные независимы и одинаково распределены. Таким образом, они не подходят для непосредственного решения вычислительных задач на графах. Существует два основных направления разработки решений. Можно использовать классификацию узлов в качестве наглядного примера для обсуждения этих двух направлений. Одним из направлений является создание нового механизма, специфичного для графов. Задача классификации, разработанная для графов известна как коллективная классификация [6]. В отличие от традиционной классификации для узла, коллективная классификация рассматривает не только сопоставление между его признаками и его меткой, но также и сопоставление его окрестности. Другое направление — сгладить граф, создав набор признаков для обозначения его узлов, где можно применить традиционные методы классификации. Это направление может использовать преимущества традиционных методов машинного обучения; таким образом, он становится все более популярным и доминирующим. Ключом к успеху этого направления является то, как построить набор признаков для узлов (или представлений узлов). Было доказано, что глубокое обучение эффективно в обучении представлениям (representation learning), которое значительно продвинуло различные области, такие как компьютерное зрение, распознавание речи и обработка естественного языка. Таким образом, сочетание глубокого обучения с графами открывает беспрецедентные возможности. Однако глубокое обучение на графах также сталкивается с огромными проблемами. Во-первых, традиционное глубокое обучение было разработано для регулярных структурированных данных, таких как изображения и последовательности, в то время как графы нерегулярны, когда узлы в графе неупорядочены и могут иметь различные окрестности. Во-вторых, структурная информация для обычных данных проста; в то время как для графов это сложно, особенно учитывая, что существуют различные типы сложных графов, а узлы и ребра могут ассоциироваться с богатой дополнительной информацией; таким образом, традиционного глубокого обучения недостаточно для сбора такой богатой информации. Была создана новая область исследований — глубокое обучение на графах, охватывающее беспрецедентные возможности и огромные проблемы.

Чтобы лучше использовать преимущества современных моделей машинного обучения для этих вычислительных задач, эффективное представление графов играет ключевую роль. Существует два основных способа извлечения признаков (features) для представления графов, включая разработку признаков (feature engineering) и обучение представлениям (representation learning). Разработка признаков (feature engineering), как правило, осуществляется специалистом по данным вручную, что отнимает много времени и часто не является оптимальным для определенных последующих задач. В то время как обучение представлениям (representation learning) заключается в автоматическом изучении признаков (features), что требует минимальных человеческих усилий и адаптируется к поставленным нижестоящим задачам. Таким образом, обучение представлениям (representation learning) на графах было широко изучено. Область обучения представлениям (representation learning) на графах было значительно развито за последние десятилетия, и ее можно условно разделить на три поколения, включая традиционные графовые эмбединги, современное графовые эмбединги и глубокое обучение на графах. Как первое поколение обучения представлению графа, традиционные графовые эмбединги были исследованы в контексте классических методов уменьшения размерности на графах, таких как IsoMap, LLE и eigenmap.

Метод Word2vec предназначен для изучения представлений различных объектов, которые встречаются вместе, например, слов из большого корпуса текста, в виде вектора с определенной размерностью. При обучении таких векторов учитывается в контексте каких других ближайших объектов встречается данный. Сгенерированные представления слов расширили многие задачи обработки естественного языка. Успешные расширения word2vec для области графов положили начало второму поколению обучения представлениям на графах, то есть современным графовым эмбедингам.

Учитывая огромный успех методов глубокого обучения в обучении представлениям (representation learning) в областях изображений и текста, были предприняты усилия по их обобщению на графы, которые открыли новую главу обучения представлению графов, то есть глубокое обучение на графах. Все больше и больше свидетельств демонстрируют, что третье поколение обучения представлению графов, особенно графовых нейронных сетей (GNN), значительно облегчило вычислительные задачи на графах, включая задачи, ориентированные как на узлы, так и на графы. Революционные достижения, принесенные GNN, также внесли огромный вклад в глубину и широту внедрения обучения графовому представлению в реальных приложениях. Для классических областей применения обучения представлению графов, таких как рекомендательные системы и анализ социаль-

ных сетей, GNN обеспечивают современную производительность и выводят их на новые рубежи. Тем временем постоянно появляются новые области применения GNN, такие как комбинационная оптимизация, физика и здравоохранение. Такое широкое применение GNN обеспечивает разнообразный вклад и точки зрения из разных дисциплин и делает эту область исследований действительно междисциплинарной.

Поскольку графовые нейронные сети применяются для графовых данных, то, например, в задаче классификации GNN должна классифицировать узлы графа: сами узлы должны представлять собой метку некоторого класса. Поэтому данные, которые представляют собой графовую структуру (как, например, связи в социальных сетях либо любых иных сетях взаимодействия различных объектов), могут быть использованы для обучения GNN.

В более общем плане «геометрического глубокого обучения» некоторые существующие архитектуры нейронных сетей можно интерпретировать как GNN, работающие на соответствующим образом определенных графах. Сверточные нейронные сети в контексте компьютерного зрения можно рассматривать как GNN, применяемую к графам, структурированным как сетки пикселей. Преобразователи в контексте обработки естественного языка можно рассматривать как GNN, применяемые к полным графам, узлами которых являются слова в предложении.

Ключевым элементом дизайна GNN является использование попарной передачи сообщений, так что узлы графа итеративно обновляют свои представления, обмениваясь информацией со своими соседями. С момента их создания было предложено несколько различных архитектур GNN, которые реализуют различные виды передачи сообщений, начиная с рекурсивных или сверточных конструктивных подходов. По состоянию на 2022 год, возможно ли определить архитектуры GNN, «выходящие за рамки» передачи сообщений, или может ли каждая GNN быть построена на передаче сообщений по соответствующим образом определенным графам, является открытым исследовательским вопросом.

Говоря о применимости графов в автоматизации функций банка можно сказать, что имеющиеся связи и отношения клиентов банка можно также представить в виде графа клиентских связей. Так, например, в виде ребра графа можно представить транзакционную связь между клиентами банка — вершинами графа.

В свою работу с окружением клиентов (соседями вершины) — предсказание связи (link prediction), анализ окружения и множество других задач получают новое переосмысление в контексте работы подразделений

безопасности по оценке деловой репутации, расследований мошеннических и иных кейсов и многих других прикладных задач служб безопасности банков. Так, например, с помощью решения задачи предсказания связи (link prediction) можно детектировать потенциальные мошеннические операции — осуществлять мэтчинг предсказанных возможных связей и фактически совершаемой. Также с помощью решения задачи предсказания связи (link prediction) можно устанавливать связь с другими фигурантами расследуемых дел, например, от дропов к фактическим организаторам и бенефициарам преступных схем. С помощью анализа окружения

можно предсказывать возможные мошеннические клиентские профили, или клиентские профили, созданные на несуществующих физических лиц, так называемые мертвые души.

В заключение стоит отметить, что тема работы с графами в современном мире очень актуальна, так как многие классические структуры данных могут быть представлены в виде графа, в том числе данные банков. А с помощью графового представления можно эффективно решать самые распространенные и сложные задачи подразделений безопасности банков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Representing Big Data as Networks: New Methods and Insights / Xu, Jian, 2017, arXiv preprint arXiv:1712.09648.
2. Node classification in social networks / Bhagat, Smriti, Cormode, Graham, and Muthukrishnan, S., 2011, Pages 115–148 of: Social network data analytics. Springer.
3. The link-prediction problem for social networks / Liben-Nowell, David, and Kleinberg, Jon, 2007., Journal of the American society for information science and technology, 58(7), 1019–1031.
4. Novel drug-target interactions via link prediction and network embedding / E. Amiri Souiri, R. Laddach, S.N. Karagiannis, L.G. Papageorgiou & S. Tsoka, 04 April 2022, BMC Bioinformatics (23, Article number: 121).
5. Protein interface prediction using graph convolutional networks / Alex M. Fout, Jonathon Byrd, Basir Shariat, A. Ben-Hur, 13 November 2017, NIPS, 2-2.
6. Collective classification in network data / Sen, Prithviraj, Namata, Galileo, Bilgic, Mustafa, Getoor, Lise, Galligher, Brian, and Eliassi-Rad, Tina, 2008, AI magazine, 29(3), 93–93.

© Носков Алексей Александрович (alexeynoskov91@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЧАТ-БОТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИБЛИОТЕКИ RASA

DESIGNING CHATBOTS USING THE RASA LIBRARY

**A. Pimanov
V. Samokhina**

Summary. Rasa is a popular open-source tool for developing intelligent chatbots. The text describes in detail the steps for installing Rasa on Windows and Ubuntu operating systems, including creating a virtual environment, configuring locales, and installing the necessary libraries. A detailed description of the creation and configuration of the Rasa project is given, including the definition of intents, sequences of interactions (stories) and areas of knowledge (domain) of the bot. The process of training a bot is also considered, including interactive training that allows you to adjust the model in real time based on real dialogues. The material highlights the possibilities of integrating Rasa with other applications through the REST API, which allows the use of chatbots in various platforms and services.

Keywords: Rasa, chatbot, machine learning, natural language analysis, intentions, entities.

Rasa — инструмент с открытым исходным кодом для разработки чат-ботов, основанных на машинном обучении. Rasa состоит из Rasa NLU и Rasa Core. Rasa NLU анализирует естественный язык, затем определяет намерения (intents) и сущности из пользовательского ввода. Rasa Core принимает решения в ходе диалогов, опираясь на подходы, основанные на машинном обучении, при этом учитывая контекст предыдущих сообщений.

Библиотека Rasa не требовательная к ресурсам системы. Библиотека отлично работает на центральном процессоре (CPU) и не требует графического процессора (GPU), что упрощает запуск на обычных машинах без необходимости в дорогом оборудовании.

Rasa можно установить на различных операционных системах и платформах. Основные поддерживаемые системы включают: Windows; Linux; macOS; Docker; об-

Пиманов Андрей Евгеньевич
Технический институт (филиал),
Федеральное Государственное Автономное
Образовательное Учреждение Высшего Образования
«Северо-Восточный федеральный университет
имени М.К. Аммосова», г. Нерюнгри
epimanov15@gmail.com

Самохина Виктория Михайловна
Кандидат педагогических наук, доцент, Технический
институт (филиал), Федеральное Государственное
Автономное Образовательное Учреждение
Высшего Образования «Северо-Восточный федеральный
университет имени М.К. Аммосова», г. Нерюнгри
vsamokhina@bk.ru

Аннотация. Rasa является популярным инструментом с открытым исходным кодом для разработки разговорных чат-ботов. В материале подробно описаны шаги по установке Rasa на операционных системах Windows и Debian, включая создание виртуального окружения, настройку локалей и установку необходимых библиотек.

В статье описаны шаги по созданию и настройке проекта Rasa, включая определение намерений (intents), последовательностей взаимодействий (stories) и областей знаний (domain) бота. Также рассматривается процесс обучения бота, включая интерактивное обучение, позволяющее корректировать модель в реальном времени на основе реальных диалогов. Материал освещает возможности интеграции Rasa с другими приложениями через REST API, что позволяет использовать чат-ботов в различных платформах и сервисах.

Ключевые слова: Rasa, чат-бот, машинное обучение, анализ естественного языка, намерения, сущности.

лачные платформы. Для запуска Rasa рекомендуется использовать версии Python 3.8–3.10.

Установка Rasa отличается от установки большинства Python библиотек. Вариант установки в операционной системе Windows для личного использования, является самым простым из приведённых вариантов. В данном случае рекомендуется создать виртуальное окружение, и выполнить установку Rasa командой — `pip3 install rasa`.

Для установки Rasa на сервере с системой, основанной на Debian, требуется выполнить следующие обязательные шаги. Во-первых, необходимо настроить локали системы. Этот шаг обязателен, если чат-бот должен обрабатывать кириллические символы. Локали определяют язык и региональные настройки, такие как формат даты и времени, валюты и сортировку текста. Для этого в консоли необходимо выполнить команду — `dpkg-reconfigure locales`.

Для обработки кириллицы подойдет локаль — ru_RU.UTF-8. Можно использовать ее на сервере как локаль по умолчанию.

Во-вторых, необходимо установить Miniconda или любой его аналог. Miniconda включает в себя основные компоненты, необходимые для управления пакетами и средами, предоставляя легкий и гибкий способ установки Python библиотек. Установить Miniconda можно последовательно выполнив следующие команды:

Листинг 1

```
wget https://repo.anaconda.com/miniconda/
Miniconda3-latest-Linux-x86_64.sh
sh Miniconda3-latest-Linux-x86_64.sh
```

Третьим шагом является установка менеджера пакетов Pip на сервере. Для этого используется команда — sudo apt-get install python3-pip. Pip облегчает процесс установки, обновления и удаления пакетов Python. Установку Rasa с помощью Pip можно завершить аналогично процессу установки на Windows.

Перед началом обучения необходимо создать проект Rasa, что можно сделать с помощью команды rasa init. После ее ввода потребуется выбрать директорию для размещения начальных файлов проекта. Далее можно запустить процесс обучения начальной модели. После обучения будет предложено протестировать модель, пообщавшись с ней через консольный интерфейс.

На текущем этапе была создана и обучена модель по умолчанию. Для того чтобы научить бота понимать новые намерения, необходимо определить их в файле data/nlu.yml. Намерения состоят из имени и примеров сообщений, которые определяют данное намерение. Ниже приведен файл data/nlu.yml в котором определены намерения приветствия и прощания.

Листинг 2

```
version: «3.1»
nlu:
— intent: greet
examples: |
— hey
— hello
— hi
— intent: goodbye
examples: |
— cu
— good by
— see you later
```

Для каждого намерения необходимо задать минимум 2 примера, описывающих его.

В файле data/stories.yml можно описать последовательности взаимодействий, которые демонстрируют, как бот должен реагировать на пользовательские запросы. Файл состоит из нескольких историй. Каждая история описывает последовательность действий и ответов бота на основе определенных пользовательских намерений. Компонента story имя истории, которое помогает идентифицировать её цель или контекст. Компонента steps внутри каждой истории описываются шаги, которые включают намерения пользователя и действия бота. Компонента intent намерение пользователя, которое распознается моделью NLU. Компонента action действие, которое выполняет бот в ответ на намерение пользователя. Это может быть отправка заранее определенного сообщения или выполнение пользовательского действия (например, запрос к базе данных или вызов API). Пример файла data/stories.yml:

Листинг 3

```
version: «3.1»
stories:
— story: happy path
steps:
— intent: greet
— action: utter_greet
— intent: mood_great
— action: utter_happy
```

Файл domain.yml в Rasa определяет область знаний чат-бота. Он содержит информацию о намерениях, сущностях, слотах, действиях и ответах, которые использует бот. Этот файл является важной частью настройки бота, так как он связывает пользовательские запросы с ответами и действиями бота. Компонента intents определяет намерения, которые бот может распознавать. Компонента entities определяет сущности, которые бот может извлекать из пользовательских запросов. Компонента slots определяет слоты, которые используются для хранения информации в течение диалога. Компонента responses определяет стандартные ответы, которые бот может использовать. Компонента actions определяет пользовательские действия, которые бот может выполнять. Пример файла:

Листинг 4

```
version: «3.1»
intents:
— greet
— goodbye
responses:
utter_greet:
— text: «Hey! How are you?»
```

В файле config.yml параметр language определяет язык, на котором будет обучена модель Rasa, а также язык, на котором она будет обрабатывать пользователь-

ские запросы. Этот параметр указывает, какому языковому окружению соответствует проект, и влияет на выбор токенизаторов и других компонентов, зависящих от языка. Для модели обучаемой ниже, данный параметр был указан, как ru.

Файл domain.yml представленный ниже задает намерения приветствия и прощания.

Листинг 5

```
version: «3.1» intents: — greet — goodbye
```

Файл data/nlu.yml описывает примеры сообщений для ранее определенных намерений на русском языке.

Листинг 6

```
version: «3.1» nlu: — intent: greet examples: | — привет — здравствуй — intent: goodbye examples: | — пока — прощай.
```

Начать обучение с подготовленным набором данных можно командой — `rasa train`, а запустить обученную модель можно с помощью команды — `rasa shell`.

При вводе различных сообщений Rasa вернёт JSON ответ, где будет определено имя намерения (`name`) и точность прогноза (`confidence`). Примеры пользовательского ввода, с намерением и точностью прогноза для выше представленных файлов `domain.yml` и `data/nlu.yml` приведены в таблице.

Таблица 1.

Соответствие пользовательского ввода с определенным Rasa намерением

Текст сообщения	Намерение	Точность
привет	<code>greet</code>	1.0
приветствую	<code>greet</code>	1.0
приве	<code>greet</code>	0.9999997615814209
прив	<code>greet</code>	0.9999837875366211
при	<code>greet</code>	0.9402692914009094

Для всех вводимых сообщений, намерение определено корректно — `greet`. Существует два способа получения ответов со стороны Rasa. В виде заготовленного текста и в формате JSON с выходными параметрами. Итоговый вывод зависит от наполнения файлов `domain.yml` и `data/nlu.yml`.

Rasa также позволяет обучать ботов в интерактивном режиме, непосредственно во время его использования. Интерактивное обучение помогает исправлять ошибки

и улучшать модель на основе реальных диалогов. Для запуска интерактивного обучения используется команда — `rasa interactive`.

Интерактивный сеанс обучения происходит в формате диалога с дополнительными этапами. Пользователь вводит сообщение, после чего Rasa пытается распознать намерение. Далее система запрашивает у пользователя подтверждение, чтобы убедиться в правильности распознанного намерения. На этом этапе возможно два сценария: если намерение распознано корректно, диалог продолжается. Пример такого взаимодействия представлен ниже:

Листинг 7

```
? Your input -> Hello
? Your NLU model classified 'Hello' with intent 'greet' and there are no entities, is this correct? Yes
? The bot wants to run 'utter_greet', correct? Yes
? The bot wants to run 'action_listen', correct? Yes
```

Если намерение было распознано не верно, Rasa предложит список намерений, к которому может отно-

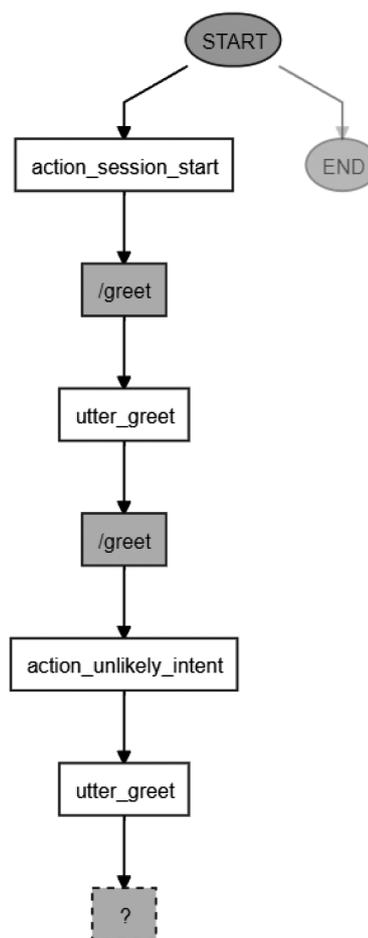


Рис. 1. Блок схема процесса обучения из веб-интерфейса Rasa

ситься сообщение пользователя. Из них можно выбрать существующее или создать новое.

Листинг 8

```
? Your input -> Visit you
? Your NLU model classified 'Visit you' with intent
'goodbye' and there are no entities, is this correct? No
? What intent is it? 0.00 greet
? Please mark the entities using [value](type) notation
Visit you
? The bot wants to run 'action_unlikely_intent' to indicate
that the last user message was unexpected at this point in
the conversation. Check out UnexpectEDIntentPolicy to
learn more. Is that correct? Yes
? The bot wants to run 'action_listen', correct? Yes
```

Завершение каждой развилки сопровождается выводом истории чата. С помощью веб-интерфейса можно ознакомиться с блок схемой процесса обучения. Блок схема текущего обучения приведена на рис. 1.

После завершения обучения Rasa обновит файлы stories.yml, nlu.yml и domain.yml.

Для интеграции с внешними приложениями Rasa предоставляет API. Запуск сервера API осуществляется командой — `rasa run --enable-api`. После ее выполнения Rasa начнет работать в режиме веб-сервера и будет доступна для взаимодействия через REST API. При использовании Rasa API доступны следующие эндпоинты: `POST /webhooks/rest/webhook`, `GET /status`, `POST /model/parse`, `POST /conversations/<conversation_id>/execute`, `POST /model/train`.

Rasa — мощная и гибкая платформа для создания интеллектуальных чат-ботов. Она предоставляет полный набор инструментов для разработки, обучения и развертывания моделей, которые способны понимать и обрабатывать естественный язык. Rasa позволяет создавать сложные диалоги и настраивать логику работы бота, учитывая специфические бизнес-потребности. Используя Rasa, можно создавать ботов, которые поддерживают многошаговые диалоги, учитывают контекст и управляют состоянием сессий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астапов Р.Л. Автоматизация подбора параметров машинного обучения и обучение модели машинного обучения / Р.Л. Астапов, Р.М. Мухаммадеева // Актуальные научные исследования в современном мире. — 2021. — № 5–2(73). — С. 34–37. — EDN GJEUNW.
2. Сивцев Д.А. Использование машинного обучения для совершенствования алгоритма исполнителя «Змейка» / Д.А. Сивцев, А.Н. Гордиенко // Экономика и право: современные интеграционные процессы: сборник научных трудов V Международной молодежной научно-практической конференции, Ставрополь, 18 апреля 2023 года. — Ставрополь: Общество с ограниченной ответственностью «СЕКВОЙЯ», 2023. — С. 117–122. — EDN OXIVJ.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022668932 Российская Федерация. ТЕРН Интеллектуальный анализ текстов: № 2022667562: заявл. 27.09.2022: опублик. 13.10.2022 / Е.А. Лозовая; заявитель АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ТЕРН». — EDN DLFYIV.
4. Хорзов Д.С. Библиотеки machine-learning как инструмент начинающего разработчика / Д.С. Хорзов // Культура информационной безопасности: вызовы времени: Материалы XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Москва, 23–24 ноября 2023 года. — Москва: Московский государственный лингвистический университет, 2024. — С. 210–216. — EDN JQIIY.
5. Корбут К.Э. Электронное обучение или машинное обучение: четвёртая научно-техническая революция — прогресс или вызов человечеству? / К.Э. Корбут // Интеллектуальный потенциал образовательной организации и социально-экономическое развитие региона: Сборник материалов международной научно-практической конференции Академии МУБиНТ, Ярославль, 08–10 апреля 2019 года / Образовательная организация высшего образования (частное учреждение) «Международная академия бизнеса и новых технологий (МУБиНТ)». — Ярославль: Образовательная Организация Высшего Образования (Частное Учреждение) «Международная Академия Бизнеса И Новых Технологий (МУБиНТ)», 2019. — С. 176–178. — EDN IAJVKL.

© Пиманов Андрей Евгеньевич (epimanov15@gmail.com); Самохина Виктория Михайловна (vsamokhina@bk.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИТ-КОМПАНИИ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ФОРМАТЕ РАБОТЫ

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF FUNCTIONING OF AN IT COMPANY IN A REMOTE WORK FORMAT

**S. Popkov
A. Senner**

Summary. This research examines modern methods for evaluating IT specialists' performance. The focus is on practical ways to increase company productivity through the implementation of employee monitoring and analysis systems. The authors propose a methodology for determining strategic development guidelines for IT organizations based on measurable indicators, including a system of key performance metrics and feedback tools.

Keywords: data collection, monitoring labor activity, increasing labor productivity, analyzing labor productivity.

Попков Сергей Сергеевич

Аспирант,
Государственный университет «Дубна», г. Дубна
sspopkov@list.ru

Сеннер Александр Евгеньевич

Доцент,
Государственный университет «Дубна», г. Дубна
senner_a_e@mail.ru

Аннотация. В данном исследовании рассматриваются современные методы оценки эффективности ИТ-специалистов. Основной акцент сделан на практических способах повышения продуктивности компаний через внедрение систем мониторинга и анализа работы сотрудников. Авторами предложена методология определения стратегических ориентиров развития ИТ-организаций на основе измеримых показателей результативности, включая систему ключевых метрик эффективности.

Ключевые слова: сбор данных, контроль трудовой активности, повышение производительности труда, анализ производительности труда.

Введение

В современном мире информационные технологии непрерывно развиваются и проникают во все аспекты жизни. Становятся фундаментом для работы многих предприятий, организаций и целых отраслей экономики. В этом контексте эффективность деятельности ИТ-компаний в значительной степени зависит от производительности и качества работы их ключевых сотрудников — разработчиков ПО. Поэтому, критически важно осуществлять мониторинг их производительности, создавая оптимальные условия для их работы.

Производительность разработчика ПО определяется его способностью качественно выполнять поставленные задачи в соответствии с установленными сроками. Систематический анализ производительности разработчиков ПО является необходимым условием для обеспечения контроля рабочего процесса, выявления потенциальных проблем и оперативного решения возникающих вопросов.

Для оценки производительности применяются различные методы и инструменты, позволяющие анализировать как качество, так и объем выполненной работы, а также уровень профессиональных компетенций специалиста. Успешное применение разнообразных методов контроля за производительностью труда разработчиков ПО является средством повышения общей продуктивности ИТ-компаний.

Ключевым инструментом контроля производительности разработчиков ПО является учет рабочего времени. Современные системы учета времени позволяют не только фиксировать начало и окончание рабочего дня, но и анализировать распределение времени между различными задачами и проектами, что способствует повышению трудовой дисциплины.

Важным аспектом анализа производительности также является оценка качества работы. Это достигается средствами анализа таких показателей, как скорость выполнения задач, количество допущенных ошибок и работоспособность разработанных программных продуктов. Для этого используются разнообразные методы, включая анализ временных затрат, экспертные оценки и интервьюирование.

В статье рассматриваются основные инструменты и методы анализа производительности разработчиков ПО, приводятся примеры их использования на практике в деятельности ИТ-компаний и выявляются наиболее эффективные подходы к повышению производительности.

Актуальность данных проблем возросла в последнее время в связи с все более активно внедряемыми технологиями удаленной работы.

Тайм-трекинг

Тайм-трекинг является одним из ключевых методов анализа производительности разработчиков ПО, пред-

ставляющим собой процесс мониторинга и документирования времени, затраченного на выполнение конкретных задач или проектов. Этот метод находит свое применение в системах управления временем, организации рабочего процесса, контроля производительности труда, а также для нужд бухгалтерского учета и формирования счетов для клиентов.

С развитием персональных компьютеров и специализированного программного обеспечения для учета рабочего времени в 1980-х годах, использование тайм-трекинга получило широкое распространение в деловой среде. В современных условиях множество организаций внедряют системы тайм-трекинга для наблюдения за активностью своих сотрудников и повышения производительности труда [1].

Современные тенденции развития тайм-трекинга характеризуются интеграцией с новейшими технологиями и методиками работы, при этом значительное число компаний переходит на использование облачных сервисов, что обеспечивает доступ к данным в реальном времени.

Принцип работы метода заключается в следующем:

- сотрудник начинает работу над задачей и отмечает это в системе;
- система фиксирует время начала работы;
- сотрудник завершает работу над задачей и сообщает об этом в системе;
- система фиксирует время окончания работы;
- на основе данных о начале и окончании работы система рассчитывает длительность выполнения задачи.

Ниже представлен пример использования тайм-трекинга в IT-организации (см. табл. 1).

Таблица 1.

Тайм-трекинг разработки интернет-сайта

№ п/п	Название задачи	Длительность (часы)	Дата начала	Дата окончания
1	Разработка дизайна сайта	16	11.01.2024	12.01.2024
2	Верстка макета сайта	24	13.01.2024	15.01.2024
3	Тестирование сайта	8	16.01.2024	16.01.2024
4	Оптимизация сайта	16	17.01.2024	18.01.2024

Основные преимущества тайм-трекинга:

- контроль рабочего времени сотрудников;
- определение наиболее продуктивных периодов;
- возможность сравнения эффективности работы различных сотрудников;

- экономия времени на составлении отчетов;

Однако, существуют и недостатки данного подхода:

- необходимость обучения сотрудников использованию данной системы может потребовать дополнительных затрат;
- ошибки при регистрации времени начала и окончания работы;
- риск чрезмерного контроля.

Несмотря на очевидные преимущества, применение тайм-трекинга требует тщательного и продуманного подхода, позволяющего избежать возможных негативных последствий для мотивации и производительности сотрудников. Неправильное или чрезмерно инвазивное использование этого инструмента может вызвать ощущение постоянного контроля со стороны руководства, что, в свою очередь, может привести к снижению уровня доверия в коллективе, ухудшению морального климата и, как следствие, падению производительности [1].

Мониторинг трудовой активности

Мониторинг трудовой активности — это процесс наблюдения за работой сотрудников с целью контроля и оценки их эффективности [2]. Он может осуществляться в разных формах, включая прямое наблюдение, интервьюирование или статистический анализ трудовой деятельности.

Мониторинг трудовой активности позволяет компаниям контролировать использование рабочего времени и ресурсов [2]. Метод выявляет нарушения трудовой дисциплины, такие как использование интернета в личных целях или несанкционированный доступ к конфиденциальной информации.

По типу автоматизации мониторинг подразделяется на ручной, полуавтоматический и автоматический. (см. рис. 1)

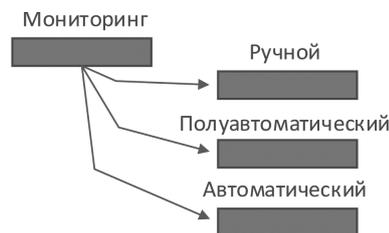


Рис. 1. Виды мониторинга трудовой активности

Ручной мониторинг осуществляется непосредственно человеком без использования технических средств, полуавтоматический — часть операций выполняется автоматически с использованием технических средств, а часть — вручную. Мониторинг трудовой активности в автоматическом режиме — это процесс контроля за работой сотрудников, который осуществляется без

участия человека. Для этого используются специальные программные средства и технологии. Мониторинг трудовой активности в автоматическом режиме устроен следующим образом:

- на компьютеры сотрудников устанавливается специальное программное обеспечение мониторинга;
- когда сотрудник начинает работать, программа автоматически начинает отслеживать его активность;
- программа собирает данные о том, какие программы открыты, какие действия выполняет сотрудник, какие сайты посещает;
- все данные отправляются на сервер, где анализируются и сохраняются.

На основе анализа данных руководство может принять решение о поощрении или наказании сотрудника.

Преимущества автоматического мониторинга трудовой активности заключаются в том, что он обеспечивает более объективную оценку производительности, поскольку он не зависит от личных предпочтений или предубеждений менеджеров или коллег. [2]. Автоматические инструменты мониторинга позволяют быстро собирать и анализировать данные о производительности без необходимости выполнения трудоемких ручных процессов.

Недостатки автоматического мониторинга связаны с необходимостью установки и настройки специального программного обеспечения [2]. Использование автоматического мониторинга может нарушать конфиденциальность сотрудников, поскольку программа может собирать информацию о том, как они работают, без их ведома.

Метод обратной связи

Метод обратной связи между руководством IT-компании и её подчинёнными играет важную роль в анализе производительности труда сотрудников IT-предприятий. Он позволяет получить информацию о сильных и слабых сторонах сотрудника, его возможностях [2].

Один из популярных методов обратной связи — это метод «360 градусов». Суть метода «360 градусов» заключается в анонимном опросе, в котором участвуют все окружающие сотрудника люди: коллеги, подчиненные, руководители, клиенты и т.д. Они оценивают различные аспекты его работы по определенным категориям, таким как профессиональные и коммуникативные навыки, лидерские качества, умение работать в команде, стрессоустойчивость и др. На основе этих оценок составляется сводный отчет, представляющий собой обобщенное

мнение о сотруднике со стороны его коллег и руководства.

Преимущества метода «360 градусов» включают:

- разнообразие источников информации: при использовании данного метода информация собирается от сотрудников разных специальностей, что позволяет получить более полную и разностороннюю картину;
- возможность выявить слабые стороны сотрудника и определить направления для его развития.
- использование метода «360 градусов» способствует созданию атмосферы открытости в организации, так как все сотрудники принимают активное участие в процессе оценки друг друга.

Однако есть и некоторые недостатки у метода «360 градусов»:

- возможность искажения информации: поскольку опрос анонимный, существует вероятность того, что кто-то из участников опроса намеренно исказит личную оценку, чтобы нанести вред другому сотруднику.

Тем не менее, метод «360 градусов» может быть весьма эффективным инструментом для анализа производительности и определения направлений развития сотрудников IT-предприятия [2]. Обратная связь должна способствовать повышению качества работы сотрудников, а не вызывать конфликты и разногласия.

Анализ кода

Анализ кода (Code Review) является неотъемлемой частью процесса разработки ПО, играя ключевую роль в контроле его качества и эффективности. Этот метод предусматривает тщательный осмотр исходного кода программы другими разработчиками, кроме автора, с целью выявления ошибок, уязвимостей и эффективных решений до того, как код будет интегрирован в проект. Code Review способствует не только повышению качества продукта, но и обмену знаниями между членами команды, поскольку участники процесса делятся опытом и лучшими приёмами программирования [3].

Регулярное проведение код-ревью позволяет поддерживать единый стиль кодирования в проекте, что облегчает его последующее сопровождение и развитие. Важным аспектом является использование специализированных инструментов и платформ для Code Review, таких как GitHub, GitLab или Bitbucket, которые предоставляют мощные возможности для комментирования кода, обсуждения изменений и отслеживания исправлений [3]. Эти инструменты значительно упрощают процесс анализа кода и делают его более организованным и эффективным.

Особенности Code Review:

- позволяет обнаружить и исправить ошибки на ранних этапах разработки, что снижает стоимость их исправления в будущем;
- способствует распространению знаний и опыта между членами команды;
- приводит к разработке более эффективного и оптимизированного кода, поскольку разработчики стремятся представить наилучшую версию своей работы;
- поддерживает единообразие стиля кодирования в проекте, что упрощает его последующее сопровождение;
- минимизирует риск появления уязвимостей в безопасности и других критических проблем.

Цель анализа кода заключается не просто в исправлении недочетов, но и в повышении общего уровня качества разработки, что непосредственно влияет на производительность разработчиков ПО. При этом важны не только количественные показатели, такие как количество строк кода или ошибок, но и качественные характеристики: читаемость кода, его соответствие стандартам и лучшим практикам разработки, а также эффективность предложенных решений с точки зрения использования программных ресурсов и производительности программного обеспечения [3].

Таким образом, метод анализа кода является комплексным инструментом для оценки и улучшения работы разработчиков ПО, который фокусируется не только на исправлении текущих проблем, но и на поиске путей для оптимизации всего процесса разработки. Это позволяет достигать высокого качества продукта и повышать эффективность работы команды разработчиков в целом.

Метод SMART-целей

Метод SMART-целей является одним из самых популярных и эффективных подходов к постановке и достижению целей в различных сферах деятельно-

сти — от личного роста до управления проектами в крупных компаниях [4].

Применение этого метода позволяет не только четко определить критерии успеха для каждого сотрудника, но и обеспечить наличие конкретных, измеримых показателей, характеризующих достижение поставленных сотруднику целей [4]. Рассмотрим, как каждый аспект метода SMART может быть использован в контексте анализа производительности разработчиков ПО. Разберем каждый аспект метода SMART подробнее (см. рис. 2).

Конкретность (Specific)

Четко сформулированные цели необходимы для точного понимания того, что от сотрудников ожидается. Например, в IT-сфере это разработка определенного количества функций для программного продукта, устранение конкретного числа ошибок за месяц или ввод системы в эксплуатацию до определенной даты.

Измеримость (Measurable)

Для анализа производительности важно иметь возможность измерять прогресс и результаты работы. В контексте IT, это могут быть метрики, такие как количество выполненных задач, время на разработку функционала, количество найденных и исправленных ошибок или время отклика на запросы пользователей. Измеримость позволяет объективно оценить вклад каждого специалиста и эффективность команды в целом.

Достижимость (Achievable)

Цели должны быть реалистичными. Установление недостижимых стандартов может привести к демотивации сотрудника. Учитывается текущий уровень навыков, доступные ресурсы и временные рамки проекта. Цели должны стимулировать сотрудника на развитие и достижение лучших результатов, но при этом быть выполнимыми.



Рис. 2. Метод SMART-целей

Релевантность (Relevant)

Цели каждого разработчика ПО должны соответствовать общим целям проекта или компании. Это обеспечивает синергию усилий и направленность на достижение наиболее приоритетных задач. Например, если основная цель компании — улучшение пользовательского опыта, то цели разработчиков и тестировщиков должны быть связаны с этим направлением.

Ограниченность временем (Time-bound)

Установление четких временных рамок для достижения целей помогает поддерживать фокус и приоритизацию задач. В IT-проектах часто работают в условиях сжатых сроков, поэтому важно распределить ресурсы таким образом, чтобы цели были достигнуты в установленные сроки.

Примеры применения метода SMART-целей:

- Улучшение качества кода разработчика:
 - *Специфичность*: Выбор стека инструментария.
 - *Измеримость*: Использование отчетов статического анализа кода для отслеживания прогресса.
 - *Достижимость*: Проведение дополнительных тренингов по качеству кодирования.
 - *Релевантность*: Улучшение качества кода напрямую влияет на сокращение времени на регрессионное тестирование и повышение удовлетворенности клиентов.
 - *Ограниченность временем*: Цель должна быть достигнута в течение следующих n месяцев.
- Повышение производительности работы команды поддержки пользователя:
 - *Специфичность*: Сокращение среднего времени реакции на запросы пользователей на $n\%$.
 - *Измеримость*: Мониторинг времени реакции средствами системы управления запросами.
 - *Достижимость*: Внедрение новых инструментов автоматизации для ускорения обработки запросов.
 - *Релевантность*: Быстрая поддержка повышает удовлетворенность пользователей и лояльность к продукту.
 - *Ограниченность временем*: Задача должна быть выполнена в течение квартала.

Применение метода SMART в контексте анализа производительности разработчиков ПО позволяет не только формулировать четкие и достижимые цели, но и создает основу для объективного измерения результатов работы каждого сотрудника. Это способствует повышению мотивации, эффективности и, как следствие, общей производительности команды.

Выбор метрик

Выбор метрик производительности зависит от многих факторов, таких как отрасль, в которой работает компания, тип продукта или услуги, которые она предоставляет, и цели, которую компания ставит перед собой. Например, если компания работает в сфере электронной коммерции, то метрики, такие как количество продаж, средний чек и конверсия, могут быть полезны для оценки производительности. Если компания предоставляет услуги по разработке программного обеспечения, то метрики, связанные с качеством кода и временем разработки, могут быть более важными [5].

Одними из широко используемых метрик являются ключевые показатели эффективности труда (Key Performance Indicators, KPI). Например, для компании, занимающейся производством товаров KPI могут включать объем продаж, рентабельность, качество продукции и удовлетворенность потребителей [6].

Выбор KPI мотивирован различными факторами. KPI позволяют компании определить свои цели и приоритеты, что позволяет более эффективно использовать ресурсы и достигать лучших результатов. KPI служат ориентиром для сотрудников, помогая им сосредоточиться на достижении ключевых результатов [6].

Принцип выбора KPI в компании заключается в следующем:

- определение целей и задач компании. Перед тем, как выбирать KPI, нужно определить цели и задачи компании на определенный период. Это может быть увеличение прибыли, повышение качества продукции или услуг, расширение рынка сбыта и т.д.;
- анализ отрасли и конкурентов. Необходимо изучить рынок, на котором работает компания, и определить основные тенденции и изменения в отрасли.
- определение ключевых факторов успеха. После анализа отрасли и конкурентов определяется ключевые факторы успеха, которые позволят достичь поставленных целей. Среди них можно выделить: снижение затрат, повышение качества продукции, улучшение обслуживания клиентов и т.д.;
- выбор KPI на основе целей и факторов успеха. На основе целей компании, анализа отрасли и ключевых факторов успеха выбирается набор KPI, которые будут использоваться для измерения эффективности работы компании;
- регулярный мониторинг и анализ KPI. После того, как KPI выбраны, необходимо регулярно отслеживать их значения и анализировать полученные результаты. В случае недостижения определенных показателей целесообразно корректировать цели или выбранное множество показателей KPI.



Рис. 3. Пример KPI для IT-компании

Рассмотрим пример выбора показателей KPI для IT-компании (см. рис. 3) [6].

На этой диаграмме KPI 1, KPI 2 и KPI 3 являются сводными показателями эффективности, достигаемых с помощью соответствующих наборов метрик. Например, элемент диаграммы 1.1 является метрикой для сводного показателя «Эффективность работы» [7].

Анализ результатов достижения KPI позволяет менеджерам и сотрудникам компании фокусироваться на ключевых целях. KPI могут использоваться как инструмент повышения мотивации сотрудников с получением бонусов за достижение определенных показателей.

Интеграция методов оценки производительности

Для достижения ключевых показателей эффективности важно использовать различные методы анализа производительности. Такие методы, как тайм-трекинг, анализ кода, мониторинг активности, установление SMART-целей и сбор обратной связи (например, через метод «360 градусов»), помогают оптимизировать рабочие процессы, улучшать планирование, выявлять и исправлять ошибки на ранних стадиях, а также обеспечивать четкое понимание задач и целей.

Для того чтобы использовать различные методы контроля производительности сотрудников для работы с ключевыми показателями эффективности, необходимо

понимать, какие цели стоят перед компанией и какие задачи нужно решить:

- тайм-трекинг может помочь определить, сколько времени сотрудники тратят на выполнение задач и как это влияет на общую производительность;
- мониторинг трудовой деятельности может оценить, насколько эффективно работники используют ресурсы компании и как это сказывается на результатах работы;
- метод «360 градусов» определяет обратную связь от сотрудников, руководителей и коллег, что может определить сильные и слабые стороны каждого работника и понять, как улучшить его работу;
- анализ кода может быть проинтегрирован с методом SMART-целей. Применение этого подхода к анализу кода предполагает формулирование четких и измеримых задач по улучшению качества кода, таких как снижение количества ошибок на тысячу строк кода или увеличение покрытия тестами до определённого процента в установленные сроки.

Заключение

В данной статье рассмотрены и проанализированы различные методы оценки производительности специалистов в IT-сфере.

Среди них выделены пять основных методов:

- тайм-трекинг;
- анализ кода;
- метод SMART-целей;
- мониторинг трудовой деятельности;
- метод обратной связи.

Каждый из этих методов имеет свои слабые и сильные стороны. Однако все эти методы направлены на то, чтобы предоставить возможность компаниям определять эффективность работы своих сотрудников и улучшить их производительность труда.

Для оценки производительности труда разработчиков ПО и IT-компаний в целом в работе предложено

использование инструментария ключевых показателей эффективности (KPI).

Выбор KPI является важным шагом для любой компании, так как позволяет определить ее основные цели и направления развития. Показано, что использование рассмотренных в статье различных методов анализа производительности может помочь компаниям достичь поставленных целей и повысить свою конкурентоспособность на рынке.

Обоснован выбор совокупности таких сводных показателей, как эффективность работы сотрудников, качество обслуживания клиентов и эффективность бизнеса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Performance Measurement and Management Systems: A Perspective from Complexity Theory. — Okwir, Simon, Nudurupati, Sai & Ginieis, Matias & Angelis, Jannis, 2018.
2. Kaplan Robert S., and David P. Norton Strategy Maps: Converting Intangible Assets into Tangible Outcomes. — Boston: Harvard Business School Press, 2014.
3. Кравченко Т.И. Анализ кода в современных информационных системах / Т.И. Кравченко, Е.А. Сидоров. — СПб.: Издательство «Питер», 2021. — 192 с.
4. Дорофеев А.В. Метод SMART-целей в управлении проектами: теория и практика / А.В. Дорофеев, И.С. Петров. — М.: Издательство «Финансы и статистика», 2020. — 156 с.
5. Pan Wang & Wei, He. Research on Key Performance Indicator (KPI) of Business Process. — Boston Consulting Group, 2012.
6. Umikawa Noriko & Uchiyama Yuta. Sustainable Municipal Management: Implementing Logic Model Concepts and Key Performance Indicators (KPIs). — Kobe University, 2020.
7. Brown M.G. Key performance indicators: developing, implementing, and using winning key performance indicators. — John Wiley & Sons Limited, 2017.

© Попков Сергей Сергеевич (sspopkov@list.ru); Сеннер Александр Евгеньевич (senner_a_e@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДАННЫХ И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ В ИНДУСТРИИ 4.0

FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF DATA CLUSTERING METHODS AND THEIR PRACTICAL APPLICATION IN INDUSTRY 4.0

**M. Roza
S. Dementiev**

Summary. The article discusses the features of the development of data clustering methods and their practical application in the context of Industry 4.0. Modern clustering algorithms such as K-means, DBSCAN, as well as their adaptation to the conditions of a dynamic environment of production processes are analyzed. Special attention is paid to the advantages and disadvantages of each method, as well as the criteria for choosing the appropriate algorithm, depending on the specifics of the data being processed. The practical part of the article includes examples of successful clustering applications in various industries: from predictive maintenance in manufacturing to improving the accuracy of marketing in retail. The trends and future directions of research in the field of data clustering are considered, including the use of machine learning and deep learning algorithms, as well as the need to create adaptive methods capable of working with changing data in real time.

Keywords: data analysis, competitiveness, real data, clustering, Internet of things, artificial intelligence, optimization, adaptive data.

Методы автоматической группировки данных, или кластеризации, представляют собой ключевые инструменты в области машинного обучения и анализа данных. Их суть заключается в разделении множества объектов на группы (кластеры) таким образом, чтобы объекты внутри одной группы были максимально схожи друг с другом, а объекты из разных групп — максимально различны. Это позволяет выявлять скрытые структуры в данных и делать выводы, которые могут быть полезны в различных прикладных задачах.

Основные направления развития методов автоматической группировки:

- Методы на основе центроидов (например, K-средних, K-медоида): Эти алгоритмы работают на основе определения центров кластеров и минимизации расстояний между объектами и цен-

Роза Мария Петровна
Аспирант, Сибирский государственный
университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск
mashenka-roza@mail.ru

Дементьев Сергей Юрьевич
Аспирант, Сибирский государственный
университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск
super.wark@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются особенности развития методов кластеризации данных и их практическое применение в контексте Индустрии 4.0. Анализируются современные алгоритмы кластеризации, такие как K-means, DBSCAN, а также их адаптация под условия динамичной среды производственных процессов. Особое внимание уделяется достоинствам и недостаткам каждого метода, а также критериям выбора подходящего алгоритма в зависимости от специфики обрабатываемых данных. Практическая часть статьи включает примеры успешного применения кластеризации в различных отраслях: от предиктивного обслуживания в производстве до повышения точности маркетинга в розничной торговле. Рассматриваются тенденции и будущие направления исследований в области кластеризации данных, включая использование алгоритмов машинного обучения и глубокого обучения, а также необходимость создания адаптивных методов, способных работать с меняющимися данными в реальном времени.

Ключевые слова: анализ данных, конкурентоспособность, реальные данные, кластеризация, интернет вещей, искусственный интеллект, оптимизация, адаптивные данные.

трами. Метод K-средних, созданный в 1957 году, остаётся одним из самых популярных и простых в применении [1ds.hj].

- Методы на основе плотности (например, DBSCAN, OPTICS): Эти алгоритмы выявляют кластеры, основываясь на плотности точек в пространстве. Они полезны для нахождения кластеров произвольной формы и для работы с шумом в данных.
- Иерархические методы: Эти методы строят иерархическую структуру кластеров, что позволяет пользователю выбрать уровень детализации в зависимости от задачи.

Современные алгоритмы оптимизируются для работы на больших данных путем распределения вычислительных нагрузок. Поэтому благодаря параллельным и распределенным вычислениям происходит улучшение производительности и устойчивости методов. А новые

подходы при построении устойчивых к шуму алгоритмов разрабатываются для того, чтобы минимизировать влияние выбросов на результаты кластеризации [2].

Использование нейронных сетей с методами глубокого обучения для извлечения признаков в свою очередь позволяет улучшать качество кластеризации, особенно при работе с неструктурированными данными, такими как текст или изображения. Еще осуществляется интеграция методов кластеризации с подходами активного обучения и самообучения для улучшения точности и адаптивности.

Разработка алгоритмов, способных работать с огромными объемами данных, с использованием таких технологий, как Apache Spark и Hadoop, что значительно увеличивает возможности применения кластеризации в реальном времени.

Что касается интерпретации результатов: очень важно не только группировать данные, но и давать подробные пояснения к полученным результатам. Для этого ведется работа по созданию более понятных и прозрачных методов анализа кластеров.

В настоящее время кластеризация активно применяется в различных областях и её возможности становятся всё более актуальными благодаря развитию технологий и увеличению объёмов данных. Был рассмотрен ряд областей, в которых кластеризация играет ключевую роль:

1. Маркетинговые исследования.

Компании используют кластеризацию для сегментации клиентов на основе их поведения, предпочтений и демографических факторов. Это позволяет осуществлять целевую рекламу и персонализированные предложения, что увеличивает уровень отклика и лояльности клиентов.

2. Анализ социальных сетей.

Кластеризация помогает выявлять сообщества пользователей, основываясь на их взаимодействии, таких как лайки, комментарии и обмен сообщениями. Это может помочь в выявлении влиятельных пользователей или в анализе тем, обсуждаемых внутри этих сообществ.

3. Биомедицина.

В области здравоохранения кластеризация используется для группировки геномных данных, выявления подтипов болезней и нахождения закономерностей, которые могут помочь в разработке новых методов лечения.

4. Обработка изображений.

Кластеризация применяется для сегментации изображений, выделяя важные объекты и структуры. Это может быть использовано в таких сферах, как медицинская диагностика, автономные автомобили и системы видеонаблюдения.

5. Анализ временных рядов.

В задачах, связанных с прогнозированием, кластеризация может быть использована для группировки временных рядов, что позволяет идентифицировать схожести между различными наборами данных, а также выявлять аномалии.

Проблема и вызовы кластеризации заключается в том, что несмотря на обширное применение методов кластеризации, существуют и сложности, с которыми сталкиваются практики и исследователи.

Определение числа кластеров. Во многих алгоритмах, таких как K-средние, предварительно необходимо задать количество кластеров, что может быть нелегко в зависимости от характера данных.

Чувствительность к выбросам. Многие алгоритмы кластеризации подвержены влиянию шумов и выбросов, а это вполне может привести к искажению конечных результатов.

Сложность кластеров может состоять в том, что кластеры могут иметь сложные формы и различные плотности, что будет затруднять их связь с классическими алгоритмами, например, такими как K-средние.

Выбор соответствующих характеристик. Точность кластеризации также напрямую зависит от выбора признаков или характеристик для анализа. Неподходящие признаки могут снизить качество группировки и привести к неправильным выводам.

Но, несмотря на связанные с ней проблемы, существует множество алгоритмов кластеризации, каждый из которых имеет свои особенности и области применения. Рассмотрим более подробно примеры алгоритмов кластеризации.

1. K-средние (K-means):

Является одним из самых популярных алгоритмов, который разбивает данные на K кластеров путем минимизации суммы квадратов расстояний от каждой точки до центра своего кластера. Он хорошо работает с большими наборами данных, но требует предустановленного числа классов. Чтобы более точно понять, как устроен

алгоритм, рассмотрим практическое применение алгоритма K-средних на основе набора данных о клиентах. Задача сегментации клиентов для маркетинговых целей. Пример задачи — сегментация клиентов.

Шаг 1. Подготовка данных.

Предположим, у нас есть следующий набор данных о клиентах, включающий два признака: Возраст клиента (от 18 до 70 лет) и Годовой доход (в тысячах единиц). Данные могут выглядеть так (см таблицу 1):

Таблица 1.

Практический пример набора данных для метода K-средних

Клиент	Возраст	Годовой доход
1	23	30
2	45	70
3	34	50
4	50	100
5	25	40
6	60	85

Источник: составлено автором на основании данных для практической задачи

Шаг 2. Выбор числа кластеров (k).

Перед применением алгоритма необходимо определить количество кластеров k. Это можно сделать с помощью метода локтя. Мы будем постепенно увеличивать k и вычислять сумму квадратов расстояний (SSE) для каждого значения.

Шаг 3. Применение алгоритма K-средних.

Теперь применим алгоритм K-средних. Алгоритм условно можно разделить на следующие шаги:

1. Инициализация: случайным образом выбрать k точек из данных как центры кластеров (центроиды).
2. Присвоение кластера: для каждого клиента вычислить расстояние до каждого центроида и присвоить клиента кластеру, соответствующему ближайшему центроиду.
3. Обновление центроидов: после присвоения всех клиентов кластерам обновить центроиды, вычислив средние значения для каждого кластера.
4. Повторение: повторять шаги 2 и 3 до тех пор, пока центроиды не перестанут изменяться или изменения станут минимальными.

Шаг 4. Визуализация результатов.

После завершения работы алгоритма можно визуализировать результаты, построив график с клиентами. На графике разные кластеры будет удобно обозначить разными цветами.

Ниже представлен пример кода на языке Python с использованием библиотеки scikit-learn:

```
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.cluster import KMeans
# Создание DataFrame
data = {'Возраст': [23, 45, 34, 50, 25, 60, 35, 43, 20, 55],
        'Годовой доход': [30, 70, 50, 100, 40, 85, 60, 90, 35, 75]}
df = pd.DataFrame(data)
# Определение числа кластеров
k_values = range(1, 10)
sse = []
for k in k_values:
    kmeans = KMeans(n_clusters=k, random_state=0)
    kmeans.fit(df)
    sse.append(kmeans.inertia_) # Сумма квадратов
# Метод локтя
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(k_values, sse, marker='o')
plt.title('Метод локтя для выбора k')
plt.xlabel('Число кластеров (k)')
plt.ylabel('Сумма квадратов')
plt.grid()
plt.show()
# Применение K-средних с выбранным k
optimal_k = 3
kmeans = KMeans(n_clusters=optimal_k, random_state=0)
df['Кластер'] = kmeans.fit_predict(df)
# Визуализация кластеров
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.scatter(df['Возраст'], df['Годовой доход'],
            c=df['Кластер'], cmap='viridis')
plt.scatter(kmeans.cluster_centers_[:,0], kmeans.cluster_centers_[:, 1], s=300, c='red', label='Центроиды')
plt.title('Сегментация клиентов на основе K-средних')
plt.xlabel('Возраст')
plt.ylabel('Годовой доход')
plt.legend()
plt.grid()
plt.show()
```

Шаг 5. Интерпретация результатов

После выполнения кода можно увидеть, как клиенты разбиты на три кластера в зависимости от их возраста и годового дохода. Центроиды кластеров обозначены красным, что позволяет понять, какие группы клиентов образовались и где находятся их центры.

Алгоритм К-средних является мощным инструментом для кластеризации и может быть использован во множестве практических приложений, от сегментации клиентов до анализа данных. Важно помнить о правильной интерпретации результатов и выборе числа кластеров для получения оптимальных результатов.

2. Иерархическая кластеризация:

Иерархическая кластеризация — это метод, который позволяет создавать древовидную структуру (дендрограмму) для визуализации отношений между объектами в наборе данных. Этот метод полезен, когда необходимо понять структуру данных или иерархию между разными группами. Рассмотрим практический пример, иллюстрирующий процесс иерархической кластеризации данных.

Пример задачи — Классификация растений.

Предположим, что у нас есть набор данных о растениях, состоящий из нескольких признаков, таких как:

- Длина листа (в см)
- Ширина листа (в см)
- Высота растения (в см)

И имеется небольшой пример набора данных (см. таблицу 2):

Таблица 2.

Набор данных для примера задачи по классификации растений

Растение	Длина листа	Ширина листа	Высота растения
1	5	2	30
2	6	2,5	35
3	7	3	40
4	5	2,2	32
5	10	5	60
6	9	4,8	55

Источник: составлено автором на основании данных для практической задачи

Шаг 1. Выбор метрики расстояния.

Для иерархической кластеризации необходимо выбрать метрику расстояния, которая будет использоваться для вычисления расстояний между объектами. Популярные варианты включают евклидово расстояние, манхэттенское расстояние и многие другие. На данном примере было выбрано евклидово расстояние.

Шаг 2. Выбор метода кластеризации.

Существует два основных подхода к иерархической кластеризации: аггломеративный (bottom-up) и сопря-

жённый (top-down). В примере используем аггломеративный метод, который начинается с каждого объекта как отдельного кластера и постепенно объединяет их.

Шаг 3. Построение дендрограммы.

1. Инициализация: каждое растение начинается как отдельный кластер.
2. Расчет расстояний: сначала вычисляются расстояния между всеми парами кластеров. На первой итерации имеется множество кластеров, состоящих из одного растения.
3. Объединение кластеров: на каждой итерации два ближайших кластера объединяются в один. Расстояние между новообразованным кластером и остальными кластерами пересчитывается с помощью метода связи (например, метод ближайшего соседа, метод дальнего соседа или метод среднemasштабного соседа).
4. Повторение: Эта процедура продолжается до тех пор, пока все объекты не будут объединены в один кластер.
5. Дендрограмма: В итоге строится дендрограмма, на которой по оси X располагаются объекты, а высота объединения показывает степень сходства между кластерами. Построение дендрограммы на языке Python будет выглядеть следующим образом:

```
import numpy as np
import pandas as pd
from scipy.cluster.hierarchy import dendrogram, linkage
import matplotlib.pyplot as plt
# Создание датафрейма
data = {
    'Длина листа': [5, 6, 7, 5, 10, 9],
    'Ширина листа': [2, 2.5, 3, 2.2, 5, 4.8],
    'Высота растения': [30, 35, 40, 32, 60, 55]}
df = pd.DataFrame(data)
# Применение иерархической кластеризации
Z = linkage(df, method='average') # Метод среднего
расстояния
# Визуализация дендрограммы
plt.figure(figsize=(10, 7))
dendrogram(Z, labels=df.index + 1)
plt.title(«Дендрограмма растений»)
plt.xlabel(«Растения»)
plt.ylabel(«Расстояние»)
plt.show()
```

Шаг 4. Интерпретация результатов.

Теперь, когда получена дендрограмма, можно определить, сколько кластеров необходимо. Например, если видно, что некоторые растения имеют очень близкие размеры (что видно по высоте объединения), мы мо-

жем создать два кластера: один для маленьких растений и один для больших.

Иерархическая кластеризация обеспечивает интуитивно понятный способ визуализации структуры данных и может быть особенно полезна, когда заранее неизвестно число кластеров. Этот метод также помогает исследовать данные и выявлять дополнительные закономерности, что может быть полезно при дальнейшей обработке данных или принятии решений.

3. DBSCAN:

DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Application with Noise). Алгоритм, основанный на плотности, который может находить кластеры произвольной формы и игнорировать выбросы. Он группирует точки на основе заданной плотности и имеет два основных параметра: радиус окрестности и минимальное количество точек.

Преимуществом данного алгоритма перед алгоритмом K-средних является то, что он способен выделять кластеры произвольной формы, и к тому же определять число кластеров. И, несмотря на то, что данный метод был впервые предложен в 1996, он применяется на практике и по сей день. Это алгоритмический подход, и он базируется на достаточно разумных эвристиках, которые были предложены самим автором этого алгоритма.

В алгоритме на основе эpsilon-окрестности объекты подразделяются на три типа:

- **корневой:** содержащий не менее m объектов в эpsilon-окрестности;
- **граничный:** не корневой, но находящийся в окрестности корневого;
- **шумовой (выброс):** не граничный, не корневой.

Под типами объектов — понимается одна из эвристика. Так все-таки, каким образом они используются в алгоритме и для чего они вообще нужны.

Допустим, что имеется некоторый набор данных в двумерном признаковом пространстве. Для начала необходимо случайным образом выбрать объект x , из этого набора данных. Если же в эpsilon-окрестности этого объекта менее m других объектов, то он помечается как возможный шумовой. Далее, случайным образом снова выбираем объект, уже исключая ранее рассмотренные, и опять проверяем полноту его эpsilon-окрестности. Если в ней находится не менее m других объектов, то вектор будет помечен как корневой. Следовательно, для всех точек, входящих в эту окрестность, процедура рекуррентно повторяется. Причем, если же объект не содержит достаточного количества соседей в своей окрестности, то он помечается граничным, в противном случае — корневым. Таким образом перебираются все

объекты, которые захватываются заданной эpsilon-окрестностью. И поэтому формируется кластер.

Затем, процесс повторяется с самого начала, исключая уже ранее обработанные точки. Случайным образом отбирается объект и формируется еще один кластер, или же шумовые образы. В итоге, после прохождения по всем объектам выборки, на выходе получено разбиение данных на кластеры и шумовые образы, которые не вошли ни в один из кластеров. Стоит отметить, что число кластеров было определено автоматически, исходя из заданных параметров ϵ и m .

Реализация алгоритма DBSCAN по заданным параметрам (см. рисунок 1):

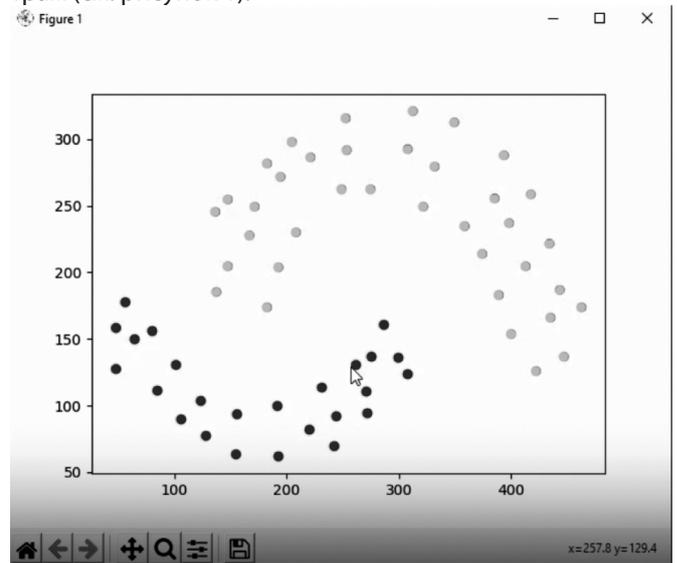


Рис. 1. Результат работы алгоритма DBSCAN

Источник: составлено автором на основании реализации алгоритма

DBSCAN — это мощный алгоритм для кластеризации, особенно в ситуациях с неравномерными плотностями кластеров и признаками шума. Он является предпочтительным выбором, когда не известно количество кластеров, и хорошо подходит для работы с высоко размерными данными.

Технологии развиваются и объёмы данных увеличиваются, поэтому можно с точностью утверждать, что методы автоматической группировки будут продолжать эволюционировать. Но ни в коем случае не стоит забывать, что методы автоматической группировки данных обладают огромным потенциалом и широким спектром применения, и также требуют внимательного подхода к выбору методов и интерпретации получаемых результатов.

Индустрия 4.0 — представляет собой некую концепцию, которая объединяет в себе передовые техно-

логии, такие как Интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (AI), машинное обучение, большие данные и автоматизацию, для создания более умных и гибких производственных систем. Методы кластеризации (автоматической группировки) играют особую роль в этой новой эре благодаря своему вкладу в анализ данных, оптимизацию процессов, а также принятие решений.

Развитие методов автоматической группировки является динамичной областью, в которой продолжают появляться новые алгоритмы и подходы. Они позволяют более эффективно обрабатывать и анализировать данные, играя важную роль в научных исследованиях и практических приложениях. Понимание и применение этих методов является необходимым навыком для современных специалистов в области анализа данных и машинного обучения. Методы кластеризации находят свое применение во множестве сфер. Ниже приведены несколько примеров применения методов кластеризации в контексте Индустрии 4.0 [3].

1. Оптимизация производственных процессов.

Методы кластеризации могут использоваться для анализа больших объемов данных, собираемых с датчиков в производственных системах. Классифицируя данные о работе различных машин и процессов. Предприятия могут выявлять паттерны производительности и определять группы машин с похожими характеристиками, что позволяет проводить более точные прогнозы о возможных поломках и необходимости обслуживания. А также могут оптимизировать загрузку оборудования, перераспределяя задачи между машинами на основе их производительности и состояния.

2. Предиктивное обслуживание.

Кластеризация может использоваться для создания моделей предиктивного обслуживания. Анализируя данные из сенсоров, можно кластеризовать оборудование по состоянию, выявляя группы машин с высокой вероятностью выхода из строя. Это позволяет снижать время простоя за счет планирования обслуживания и предупреждения о неисправностях заранее. А также сокращать затраты за счет повышения эффективности работы оборудования и уменьшения количества внеплановых ремонтов.

3. Анализ потребительского поведения.

В рамках розничной торговли и электронной коммерции методы кластеризации помогают анализировать данные о клиентах и их покупательских привычках. Сегментировать клиентов на основе их покупок, что позволяет создавать целевые предложения и персонализированные рекомендательные системы. Определять

группы товаров, которые часто покупаются вместе, что может помочь в организации маркетинговых кампаний и управлении запасами.

4. Оптимизация цепочек поставок

Кластеризация играет важную роль в анализе данных, связанных с поставками и логистикой [4]. Она помогает определять группы поставщиков на основе надежности, стоимости и времени доставки, что способствует оптимизации выбора партнеров для компании. Также с помощью кластеризации осуществляется анализ путей поставок для оптимизации логистики и уменьшения затрат, выявляя наиболее эффективные маршруты и методы доставки.

5. Умные города и транспорт.

В контексте умных городов процессы кластеризации помогают анализировать данные о движении транспорта и поведении пассажиров, что способствует улучшению транспортной инфраструктуры и предложению более эффективных маршрутов. Процессы кластеризации упрощают управление ресурсами, такими как электроэнергия и вода, путем группировки данных по районам и выявления паттернов потребления.

6. Обучение и адаптация AI-систем.

В области искусственного интеллекта и машинного обучения кластеризация используется для оптимизации моделей обучения. Данные разделяются на группы для повышения качества обучения, когда модели обучаются на более однородных данных. Методы кластеризации применяются для улучшения систем рекомендаций, где пользователи и элементы в свою очередь группируются для предоставления более точных рекомендаций.

7. Интеллектуальные производственные системы.

В рамках концепции «умной фабрики» методы кластеризации способствуют созданию более интеллектуальных производственных систем [5]. Осуществляется классификация различных процессов на основе их эффективности и потребления ресурсов, что позволяет реализовать более устойчивые и экономичные производственные методы. Происходит объединение данных от различных производственных линий для идентификации общих проблем и их устранения.

8. Мониторинг и анализ качества.

Кластеризация может активно использоваться в процессе контроля качества. Группировка данных о дефектах на основе производственных партий для выявления корневых причин проблем. Анализ производственных

данных для выявления закономерностей, указывающих на возможные проблемы в качестве продукции.

9. Разработка новых продуктов.

Используя методы кластеризации, компании могут более эффективно разрабатывать новые продукты, анализируя отзывы и предпочтения клиентов. Определять группы клиентов с похожими интересами, что позволяет сфокусироваться на разработке новых характеристик продукта, которые будут наиболее привлекательны для целевых групп. Исследовать паттерны покупок и предпочтений для создания более целенаправленных маркетинговых стратегий.

Эти примеры показывают, как применение кластеризации может обработку данных сделать более проактивной и ориентированной на результаты, что важно для достижения успеха в эпоху цифровой трансформации.

Кластеризация в Индустрии 4.0 предоставляет мощные инструменты для анализа данных и оптимизации процессов. Благодаря своей способности выявлять скрытые паттерны и группировать данные, методы ав-

томатической группировки помогают компаниям повышать эффективность, снижать затраты и улучшать взаимодействие с клиентами [6]. Важно отметить, что успех применения этих методов зависит от правильной настройки алгоритмов, качественной предобработки данных и интерпретации полученных результатов.

Кластеризация является мощным инструментом для анализа и интерпретации данных. Хотя она сталкивается с определенными вызовами и проблемами, её разнообразие методов и применений делает её неотъемлемой частью современного анализа данных. Разработка новых алгоритмов и улучшение существующих методик продолжается, что позволяет расширять горизонты её применения в новых и захватывающих областях. По мимо всего кластеризация представляет собой мощный инструмент в арсенале аналитиков данных и исследователей для распознавания закономерностей в больших объемах данных. Несмотря на свои ограничения и вызовы, правильное использование методов кластеризации может значительно обогатить понимание данных, привести к более информированным решениям и улучшить множество бизнес-процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jain A.K. Data clustering: 50 years beyond K-means / A.K. Jain // *Pattern Recognition Letters*, — 2010. — 31(8), p.651–666.
2. Hodge V.J., Survey of Outlier Detection Methodologies / V.J. Hodge, J.A. Austin // *Artificial Intelligence Review*, — 2004. — 22(2), p.85–126.
3. Zhao R. Application of Clustering Algorithms in Industry 4.0: A Review / R. Zhao, Y. Liu // *Journal of Manufacturing Systems*, — 2019. — 51, p.67–77.
4. Benitez J.A Framework for the Implementation of Industry 4.0 in Automotive Supply Chains / J. Benitez // *Journal of Business Research*, — 2020. — 118, p. 332–339.
5. Jabbour A.B. L. de S. The Influence of Industry 4.0 Technologies on Supply Chain Resilience: A Classification System. / A.B.L. de S. Jabbour // *International Journal of Production Economics*, — 2020. — 221, 107482.
6. Bessant J. Managing Product Development: The Role of Industry 4.0 in Product Design. / J. Bessant, D. Francis // *International Journal of Production Economics*, — 2019. — 207, p.162–172.

© Роза Мария Петровна (mashenka-roza@mail.ru); Дементьев Сергей Юрьевич (super.wark@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРНОГО ДЕСТРУКТИВИЗМА ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

ALGORITHMIC IMPLEMENTATION OF THE MODEL FOR ASSESSING THE EFFECTS OF INFRASTRUCTURE DESTRUCTIVENESS OF INFORMATION TECHNOLOGY INFRASTRUCTURE

A. Rusakov

Summary. The article presents an algorithmic implementation of the model for assessing the effects of infrastructure destructiveness of the information technology infrastructure. The effect of infrastructure destructiveness can be characterized as a destructive impact on the infrastructure, which results in an unforeseen and/or undesirable event of uncontrolled self-destruction of the infrastructure. The proposed algorithms allow calculating the «health» metric, which can be used in information security monitoring systems to predict the effects of infrastructure destructiveness.

Keywords: infrastructural destructiveness, destructive impacts of infrastructural genesis, anthropomorphic approach, intelligent analysis of event logs, behavioral analysis of processes, service architecture.

Русаков Алексей Михайлович

старший преподаватель,
МИРЭА Российский технологический университет
rusakov_a@mirea.ru

Аннотация. В статье приводится алгоритмическая реализация модели оценки эффектов инфраструктурного деструктивизма информационно-технологической инфраструктуры. Эффект инфраструктурного деструктивизма можно характеризовать как деструктивное воздействие на инфраструктуру, в результате которого проявляется непредвиденное и(или) нежелательное событие неконтролируемого саморазрушения инфраструктуры. Предложенные алгоритмы, которые позволяют рассчитывать метрику «здоровья», которую можно использовать в системах мониторинга информационной безопасности для прогнозирования эффектов инфраструктурного деструктивизма.

Ключевые слова: инфраструктурный деструктивизм, деструктивные воздействия инфраструктурного генеза, антропоморфический подход, интеллектуальный анализ журналов событий, поведенческий анализ процессов, сервисная архитектура.

Введение

Постоянно растущие объёмы информации и необходимость её обработки в режиме реального времени предъявляют всё новые требования к производительности и эффективности информационно-технологических инфраструктур организаций [1–3]. Возрастающая сложность информационно-технологически инфраструктур многократно повышает риски информационной безопасности организации.

В данной работе обозначим понятие информационно-технологическая инфраструктура, (ИТ-инфраструктура) просто термином инфраструктура. Инфраструктура включает в себя широкий спектр элементов: серверы, сети, хранилища данных, облачные сервисы и пользовательские устройства. Уязвимости в этих системах могут привести к серьезным последствиям, включая утрату данных, нарушение конфиденциальности, финансовые убытки и подрыв репутации. В последние годы увеличение числа кибератак, использование сложных вредоносных программ и целевых атак подчеркивают необходимость комплексного подхода к обеспечению безопасности [3]. Информационная безопасность в ин-

фраструктурах обеспечивается как со стороны объектов инфраструктуры, так и со стороны самой инфраструктуры — связей и межобъектными взаимодействиями между элементами инфраструктуры. В настоящий момент на фоне повсеместного импортозамещения особенно важным является обеспечение безопасности самой инфраструктуры как системы межобъектных взаимодействий.

Наиболее востребованными методами обеспечения кибербезопасности инфраструктур являются методы, связанные с обнаружением и реагированием на события безопасности, антивирусная защита конечных точек, различные системы обнаружения вторжений, системы реагирования на сложные угрозы и целевые атаки [2]. Повсеместно применяются интеллектуальные методы анализа поведенческой активности пользователей и сущностей (UEBA). Одним из перспективных направлений поведенческой аналитики и обеспечения кибербезопасности инфраструктур является исследование эффектов инфраструктурного деструктивизма [4].

Однако, недостаточное рассмотрение эффектов инфраструктурного деструктивизма в научных трудах,

а также отсутствие на рынке готовых программных продуктов, делают актуальной разработку моделей и алгоритмов оценки динамики рисков инфраструктурного деструктивизма в качестве средства повышения уровня информационной безопасности инфраструктуры.

1. Антропоморфическая модель оценки деструктивных воздействий инфраструктурного геноза

Рассмотрим случай, когда несколько сервисов взаимодействуют между собой и на каждый сервис отправляются запросы от клиентов, как представлено на рисунке 1.

Пусть $S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$ — множество m взаимодействующих сервисов и z клиентов в инфраструктуре. Внутри каждого сервиса $j, j = \overline{1, m}$ находится комплект из p_j программного обеспечения (КПО): $КПО_j = ПО_1^j, ПО_2^j, \dots, ПО_{p_j}^j$ и комплект из k_j баз данных $КБД_j = БД_1^j, БД_2^j, \dots, БД_{k_j}^j$. Комплекты $КПО_j$ и $КБД_j$ между собой взаимодействуют. Сервисы $S_j, j = \overline{1, m}$ также взаимодействуют между собой и с z клиентами через наборы программных интерфейсов (НПИ):

$НПИ_j = ПИ_1^j, ПИ_2^j, \dots, ПИ_{r_j}^j$, где r_j — количество программных интерфейсов для каждого сервиса j . Об-

щее число программных интерфейсов для каждого сервиса $j, j = \overline{1, m}$ составляет r_1, r_2, \dots, r_m . На каждый программный интерфейс поступает последовательность запросов $Q_i^j = q_1^i, q_2^i, \dots, q_{n_i}^i$, где $j = \overline{1, m}, i = \overline{1, r_j}$.

Каждый запрос в инфраструктуре имеет своё время обработки. Причем для одинаковых запросов время выполнения, может быть разным и зависит от внутреннего состояния и наличия свободных ресурсов инфраструктуре. Обозначим общее количество всех наблюдаемых запросов инфраструктуре как $Q_{all} = q_1, q_2, \dots, q_n$, где n — общее количество запросов инфраструктуре. Каждый из запросов q_i порождает процесс обработки этого запроса $Proc_i$, который обрабатывает сервис инфраструктуре, и по окончании обработки высылается ответ a_i .

Обозначим множество всех исследуемых процессов как $Proc_{all} = \{Proc_1, Proc_2, \dots, Proc_n\}$, где n — общее количество анализируемых процессов.

На рисунке 2 представлена временная диаграмма работы запроса q_i , который выполняет процесс $Proc_i$ с длительностью выполнения Tq_i .

Для каждого процесса $Proc_i$ существуют процессы, которые выполнялись до его начала, во время его работы и после его работы, а также частично до и после на-

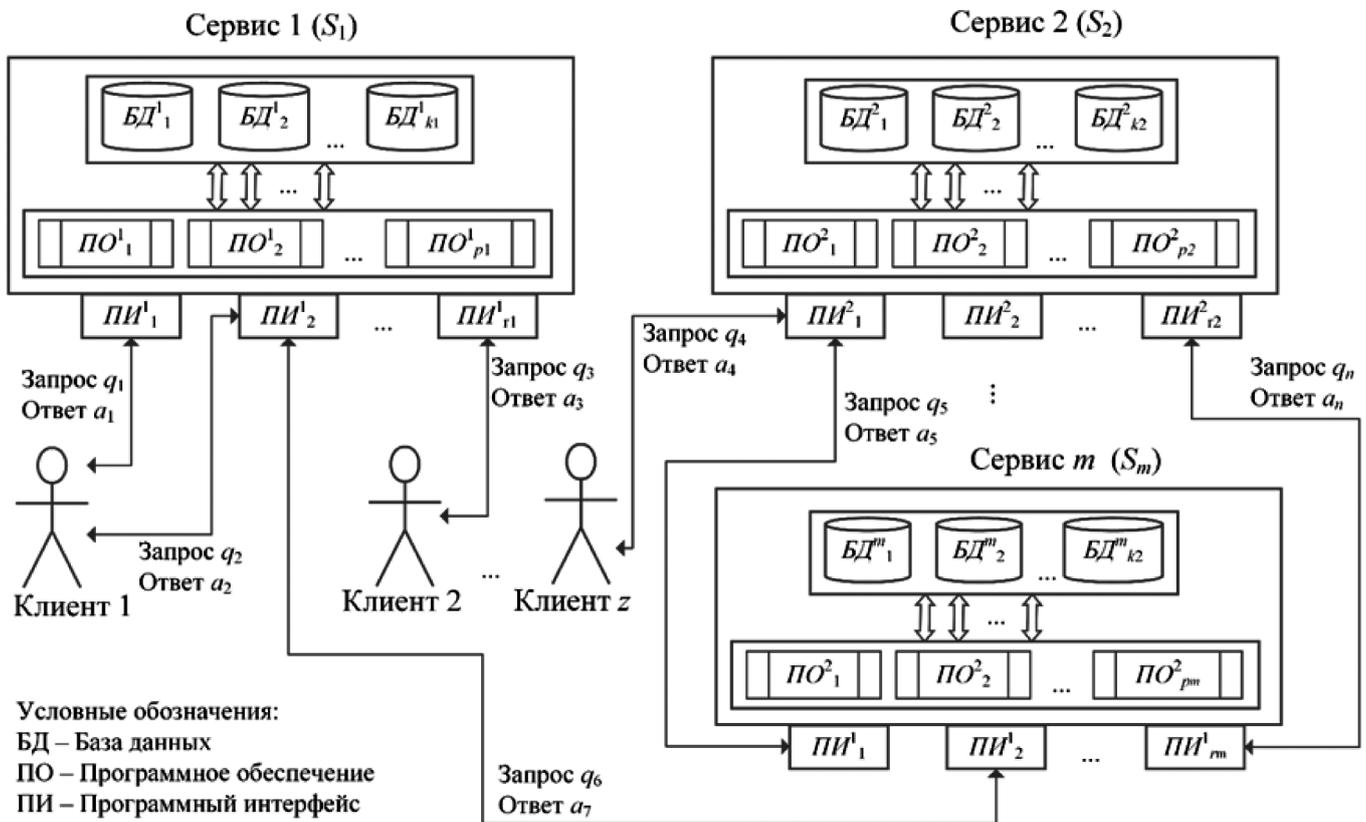


Рис. 1. Пример взаимодействия сервисов в инфраструктуре

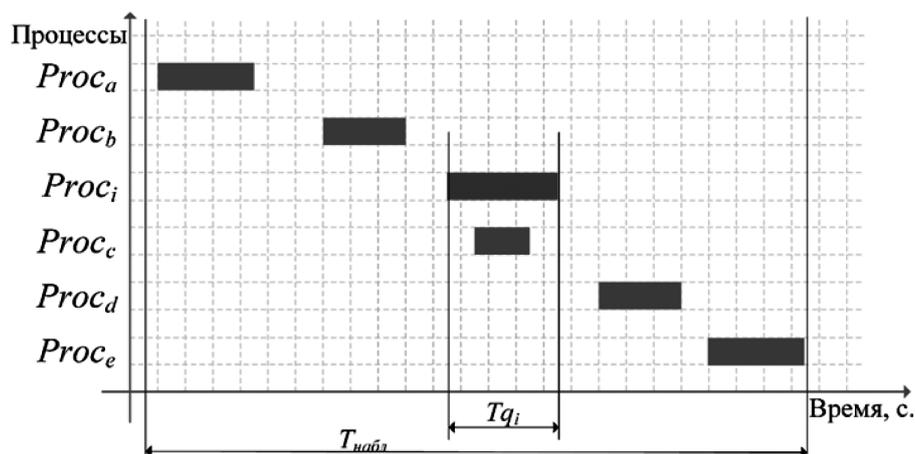


Рис. 2. Временная диаграмма взаимодействующих процессов

чала и окончания процесса $Proc_i$ за некоторый интервал времени $T_{набл}$. Обозначим данные процессы по отношению $Proc_i$ как показано на рисунке 3: $Proc_a$, $Proc_b$, $Proc_c$, $Proc_d$ и $Proc_e$. Указанные процессы $Proc_a$, $Proc_b$, $Proc_c$, $Proc_d$, $Proc_e$ и исследуемый процесс $Proc_i$ могут оказывать взаимное влияние приводящее к эффекту инфраструктурного деструктивизма.

Опишем поведенческие особенности взаимодействий сервисов на основе анализа наблюдаемых процессов. Поведение процессов предлагается оценить с помощью типов взаимодействия организмов живой природы — антропоморфических типов взаимодействия [5, 6]. Согласно широко распространенному в науке делению отношений живых организмов известны следующие типы их взаимодействий: симбиоз (облигатный и факультативный симбиоз, комменсализм, паразитизм, хищничество) — когда хотя бы один из организмов получает выгоду, антибиоз (аменсализм, аллелопатия, конкуренция) — когда один из организмов ограничивает возможности другого, и нейтрализм — сосуществования организмов без взаимного влияния [7, 8].

Каждый тип взаимодействия процессов можно представить следующим образом:

- Тип 1 Облигатный симбиоз (+|+). Данный тип характеризуется необходимостью совместного существования организмов.
- Тип 2 Факультативный симбиоз (+|+) — характеризуется взаимной выгодой от совместного существования организмов, но без необходимости как таковой.
- Тип 3 Комменсализм (+|0). Данный тип характеризуется выгодой от существования одного организма при отсутствии какого-либо эффекта для другого.
- Тип 4 Паразитизм (+|-) — характеризуется извлечением выгоды от сосуществования одним организмом, используя при этом другого как источник

питания, среду обитания и т.п., возлагая на него часть своих отношений с внешней средой.

- Тип 5 Хищничество (+|-). Данный тип характеризуется тем, что один организм питается частями другого при отсутствии каких-либо симбиотических (то есть взаимовыгодных) отношений и зачастую с умерщвлением первым второго.
- Тип 6 Нейтрализм (0|0) — характеризуется отсутствием каких-либо воздействий друг на друга.
- Тип 7 Аменсализм (0|-). Данный тип характеризуется отрицательным влиянием одного организма на другого, не испытывая при этом какого-либо обратного влияния.
- Тип 8 Аллелопатия (-|-) — характеризуется взаимно-вредным влиянием организмов друг на друга.
- Тип 9 Конкуренция (-|-). Данный тип характеризуется косвенным отрицательным влиянием организмов друг на друга по причине борьбы за общие ресурсы.

Таким образом формируется комплекс антропоморфических поведенческих моделей процессов, который позволяет количественно оценить наличие определённых антропоморфических поведенческих типов процессов в инфраструктуре. Данный подход предлагается использовать как метрику «здоровья» инфраструктуры в системе мониторинга информационной безопасности.

Для прогнозирования рисков инфраструктурного деструктивизма исследуется динамика возникновения негативных поведенческих процессов. Для удобства отображения результатов предлагается объединить типы антропоморфического взаимодействия процессов в группы и классифицировать динамику взаимного влияния сервисов:

- «положительное»: тип 1 облигатный симбиоз, тип 2 факультативный симбиоз, тип 3 комменсализм;
- «нейтральное»: тип 4 нейтрализм;
- «отрицательное»: тип 5 паразитизм, тип 6 хищничество, тип 7 аменсализм, тип 8 аллелопатия, тип 9 конкуренция

Таким образом применив данную классификацию, повышается наблюдаемость поведенческой активности процессов сервисов инфраструктуры.

Алгоритмическая реализация модели оценки деструктивных возможностей информационно-технологической инфраструктуры

Представим взаимное влияние процессов, используя временные диаграммы процессов виде таблице параметров (см. таблица 1).

Таблица 1.

Описание взаимного влияния сервисов на основе типов антропоморфических свойств

Тип взаимодействия	Поведенческая особенность процессов
Тип 1 Облигатный симбиоз (+ +) PB_{T1}	Сервисы работают быстрее если их процессы работают параллельно. Без совместного выполнения сервисы работают существенно медленнее (вместе лучше, по отдельности плохо)
Тип 2 Факультативный симбиоз (+ +) PB_{T2}	Сервисы работают быстрее если их процессы работают параллельно. Без совместного выполнения сервисы работают обычно (вместе лучше, по отдельности обычно)
Тип 3 Комменсализм (+ 0) PB_{T3}	Один из сервисов работает быстрее, если их процессы работают параллельно. Другой сервис не имеет выгоды (одному сервису лучше, другому обычно)
Тип 4 Паразитизм (+ -) PB_{T4}	Один из сервисов работает быстрее, если их процессы работают параллельно. Другой сервис работает хуже (одному сервису лучше, другому хуже)
Тип 5 Хищничество (+ -) PB_{T5}	Один из сервисов работает быстрее, если их процессы работают параллельно. Другой сервис работает хуже и может перестать работать (одному сервису лучше, другому хуже или может остановиться)
Тип 6 Нейтрализм (0 0) PB_{T6}	Сервисы не влияют друг на друга (одинаково)
Тип 7 Аменсализм (0 -) PB_{T7}	Один из сервисов работает обычно, если их процессы работают параллельно. Другой сервис работает хуже (одному сервису обычно, другому хуже)
Тип 8 Аллелопатия (- -) PB_{T8}	Сервисы работают хуже если их процессы работают параллельно (вместе плохо)
Тип 9 Конкуренция (- -) PB_{T9}	Сервисы работают хуже если их процессы работают параллельно по причине борьбы за общие ресурсы. Один из процессов может перестать работать (вместе плохо)

Для каждого сервиса формализуются его поведенческие особенности в виде множества значений величин для каждого антропоморфического типа

$$Proc_i^{Beh} = \{PB_{T1}, PB_{T2}, PB_{T3}, PB_{T4}, PB_{T5}, PB_{T6}, PB_{T7}, PB_{T8}, PB_{T9}\},$$

где $PB_{T1}, PB_{T2}, PB_{T3}, PB_{T4}, PB_{T5}, PB_{T6}, PB_{T7}, PB_{T8}, PB_{T9}$ — величина, которая определяет антропоморфический тип поведения исследуемого процесса.

Отметим, что показатель $Proc_i^{Beh}$, может быть, двух видов. Во-первых, это влияние времени работы сервиса на время работы параллельно выполняющихся сервисов (окружение). Во-вторых, влияние времени выполнения параллельно выполняющихся сервисов на время исследуемого сервиса. То есть имеется двусторонняя связь.

Далее, поведенческие особенности сервиса предлагается описать в виде наборов правил для каждого антропоморфического типа, то есть расчет значений влияния сервиса, будет выполнен только в том случае если поведение соответствует антропоморфическим типам. Для этого опишем правила определения антропоморфических типов поведения сервисов в виде продукционной модели представлений знаний.

Для этого рассмотрим множество продукционных правил

$$Alg_{rules} = \{rul_1, rul_2, \dots, rul_{num}\},$$

где rul_i — продукционное правило $i = \overline{1, num}$ (num — количество правил), которое состоит из

$$\langle sh, W, Pr, A \rightarrow B, Ap \rangle,$$

где sh — идентификатор правила, формируется как $S_n \in \mathbb{N}$;

W — сфера применения продукции (для каких сервисов применима данное правило);

Pr — условие применения ядра продукции (предикат);

$A \rightarrow B$ — ядро продукции (Если A то B);

Ap — постусловие продукции.

Опишем правила поведения сервисов для оценки влияния $Proc_i \rightarrow Proc_j$ в словесной форме для последующей алгоритмической реализации в виде таблицы 2. В этой таблице для каждого правила указывается свой уникальный идентификатор (шифр), выполняет оценку взаимного влияния сервисов и в случае наличия влияния возвращает истинное значения.

На основе множества Alg_{rules} построим множество наборов правил для описания поведенческих взаимодействий сервисов

Таблица 2.

Параметрическое описание взаимного влияния сервисов на основе типов антропоморфических свойств

Тип взаимодействия	Влияние процесса на окружение					Влияние окружения на процесс				
	$Proc_a$	$Proc_b$	$Proc_c$	$Proc_d$	$Proc_e$	$Proc_{a'}$	$Proc_{b'}$	$Proc_{c'}$	$Proc_{d'}$	$Proc_{e'}$
Тип 1 Облигатный симбиоз (+ +) PB_{T1}	+1	+1	+1	+1	1+	+1	+1	+1	+1	1+
Тип 2 Факультативный симбиоз (+ +) PB_{T2}	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	0
Тип 3 Комменсализм (+ 0) PB_{T3}	+1	+1	+1	+1	0	0	0	0	0	0
Тип 4 Паразитизм (+ -) PB_{T4}	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0
Тип 5 Хищничество (+ -) PB_{T5}	-1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	0
Тип 6 Нейтрализм (0 0) PB_{T6}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Тип 7 Аменсализм (0 -) PB_{T7}	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0
Тип 8 Аллелопатия (- -) PB_{T8}	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Тип 9 Конкуренция (- -) PB_{T9}	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Таблица 3.

Правила для описания поведения и взаимного влияния сервисов

Идентификатор правила sh	Условие применения ядра продукции Pr	Условие правила	Постусловие продукции Ap
sh_1	$sh_2 \vee sh_3 \vee sh_4 \vee sh_8 \vee sh_{10} \vee sh_{12} \vee sh_{14} \vee sh_{15} \vee sh_{17}$	Процесс $Proc_i$ работает параллельно процессу $Proc_j$	все
sh_2	$sh_2 \vee sh_3 \vee sh_5 \vee sh_9 \vee sh_{11} \vee sh_{13} \vee sh_{14} \vee sh_{16} \vee sh_{17}$	Процесс $Proc_j$ работает параллельно процессу $Proc_i$	все
sh_3	$sh_1 \vee sh_2$	$Proc_i$ работает быстрее. $Proc_j$ работает быстрее	Тип 1 или Тип 2
sh_4	sh_1	$Proc_i$ необходим для работы $Proc_j$. Без параллельного процесса $Proc_i$ процесс $Proc_j$ работает существенно медленнее	Тип 1
sh_5	sh_2	$Proc_i$ необходим для работы $Proc_j$. Без параллельного процесса $Proc_i$ процесс $Proc_j$ работает существенно медленнее	Тип 1
sh_6	sh_1	Без параллельного процесса $Proc_i$ процесс $Proc_j$ работает обычно	Тип 2
sh_7	sh_2	Без параллельного процесса $Proc_i$ процесс $Proc_j$ работает обычно	Тип 2
sh_8	sh_1	$Proc_i$ работает быстрее. $Proc_j$ работает обычно	Тип 3
sh_9	sh_2	$Proc_i$ работает быстрее. $Proc_j$ работает обычно	Тип 3
sh_{10}	sh_1	$Proc_i$ работает быстрее. $Proc_j$ работает медленнее	Тип 4
sh_{11}	sh_2	$Proc_i$ работает быстрее. $Proc_j$ работает медленнее	Тип 4
sh_{12}	sh_1	$Proc_i$ может перестать работать	Тип 5
sh_{13}	sh_2	$Proc_i$ может перестать работать	Тип 5
sh_{14}	$sh_1 \vee sh_2$	$Proc_i$ работает обычно. $Proc_j$ работает обычно	Тип 6
sh_{15}	sh_1	$Proc_i$ работает обычно. $Proc_j$ работает медленнее	Тип 7
sh_{16}	sh_2	$Proc_i$ работает обычно. $Proc_j$ работает медленнее	Тип 7
sh_{17}	$sh_1 \vee sh_2$	$Proc_i$ работает медленнее. $Proc_j$ работает медленнее	Тип 8 или Тип 9

$$Alg_{ant_rules} = \{At_1, At_2, At_3, At_4, At_5, At_6, At_7, At_8, At_9\},$$

где At_i — множество правил для описания i -го антропоморфического типа взаимодействия сервисов, $i = \overline{1,9}$.

Для каждого из процессов $Proc_i$ (данные выгружаются из журналов событий) выполняется пространственно-временная локация данного процесса и всех зависимых процессов от данного процесса. Определяются процессы до начала исследуемого процесса $Proc_i$: $Proc_a, Proc_b$. Параллельно вместе с ним: $Proc_b, Proc_c, Proc_d$ и после: $Proc_e$. Далее для каждого из процессов $Proc_j \in \{Proc_a \vee Proc_b \vee Proc_c \vee Proc_d \vee Proc_e\}$ выполняется причинно-следственный анализ, если взаимосвязь процессов $Proc_i \rightarrow Proc_j$ подтверждается, то выполняется оценка типов взаимного антропоморфического влияния сервисов. Для оценки типов взаимного антропоморфического влияния сервисов используются данные, представленные в таблице 1. В таблице 1 обозначения «+1», «-1» и «0» имеют тот же смысл, что и на рисунке 4. Затем используются система поведенческих парил Alg_{rules} представленная в таблице 2.

Таблица 4

Наборы правил Alg_{ant_rules} для описания поведения антропоморфических типов взаимодействия сервисов

Тип взаимодействия	Множество наборов правил
Тип 1 Облигатный симбиоз (+ +) At_1	$(sh_1 \wedge sh_3 \wedge sh_4) \vee (sh_2 \wedge sh_3 \wedge sh_5)$
Тип 2 Факультативный симбиоз (+ +) At_2	$(sh_1 \wedge sh_6) \vee (sh_2 \wedge sh_7)$
Тип 3 Комменсализм (+ 0) At_3	$(sh_1 \wedge sh_8) \vee (sh_2 \wedge sh_9)$
Тип 4 Паразитизм (+ -) At_4	$(sh_1 \wedge sh_{10}) \vee (sh_2 \wedge sh_{11})$
Тип 5 Хищничество (+ -) At_5	$(sh_1 \wedge sh_{10} \wedge sh_{12}) \vee (sh_2 \wedge sh_{11} \wedge sh_{13})$
Тип 6 Нейтрализм (0 0) At_6	$(sh_1 \wedge sh_{14}) \vee (sh_2 \wedge sh_{14})$
Тип 7 Аменсализм (0 -) At_7	$(sh_1 \wedge sh_{15}) \vee (sh_2 \wedge sh_{16})$
Тип 8 Аллелопатия (- -) At_8	$(sh_1 \wedge sh_{17}) \vee (sh_2 \wedge sh_{17})$
Тип 9 Конкуренция (- -) At_9	$(sh_1 \wedge sh_{17} \wedge sh_{12}) \vee (sh_2 \wedge sh_{17} \wedge sh_{13})$

На основе таблиц 2 и 3 построена таблица 4 содержащая наборы правил Alg_{ant_rules} для описания поведения антропоморфических типов взаимодействия сервисов

На рисунке 3 представлена блок схема алгоритма оценки антропоморфических типов взаимодействия сервисов. В начале работы алгоритма загружается информация о каждом процессе, который работал в ИНИ. Для каждого процесса $Proc_i \in Proc_{all}$ формируем множество анализируемых процессов $Proc_j \in \{Proc_a \vee Proc_b \vee Proc_c \vee Proc_d \vee Proc_e\}$.

Для каждого $Proc_i$ оцениваем причинно-следственную значимость данного процесса относительно процесса $Proc_i \rightarrow Proc_j$. Если имеет место зависимость, то формируется множество $Proc_i^{Beh}$ для описания антропоморфического взаимодействия сервиса $Proc_i$ с процессами $Proc_j$.

На основе таблицы 2 построена таблица 3 содержащая наборы правил Alg_{ant_rules} для описания поведения антропоморфических типов взаимодействия сервисов

Для каждого $Proc_i$ оцениваем причинно-следственную значимость данного процесса относительно процесса $Proc_i \rightarrow Proc_j$. Если имеет место зависимость, то формируется множество $Proc_i^{Beh}$ для описания антропоморфического взаимодействия сервиса $Proc_i$ с процессами $Proc_j$.

Таким образом после работы этого алгоритма формируется множество $Proc^{Beh}$ для описание всех типов взаимодействия сервисов, наблюдаемых в инфраструктуре. Данное множество $Proc^{Beh}$ является индикатором «здоровья» инфраструктуры. На основе динамики $Proc^{Beh}$ строятся прогнозы для обнаружения эффектов инфраструктурного деструктивизма. Данные алгоритмы реализован в программном обеспечении [9,10] и является востребованным на практике.

Заключение

Представленная алгоритмическая реализация модели оценки эффектов инфраструктурного деструктивизма информационно-технологической инфраструктуры позволяет проводить расчеты в режиме реального времени. Предложенная метрика «здоровья» может быть встроена в систему мониторинга информационной безопасности и позволит быстрее реагировать на появление негативных процессов в инфраструктуре приводящих в её саморазрушению.

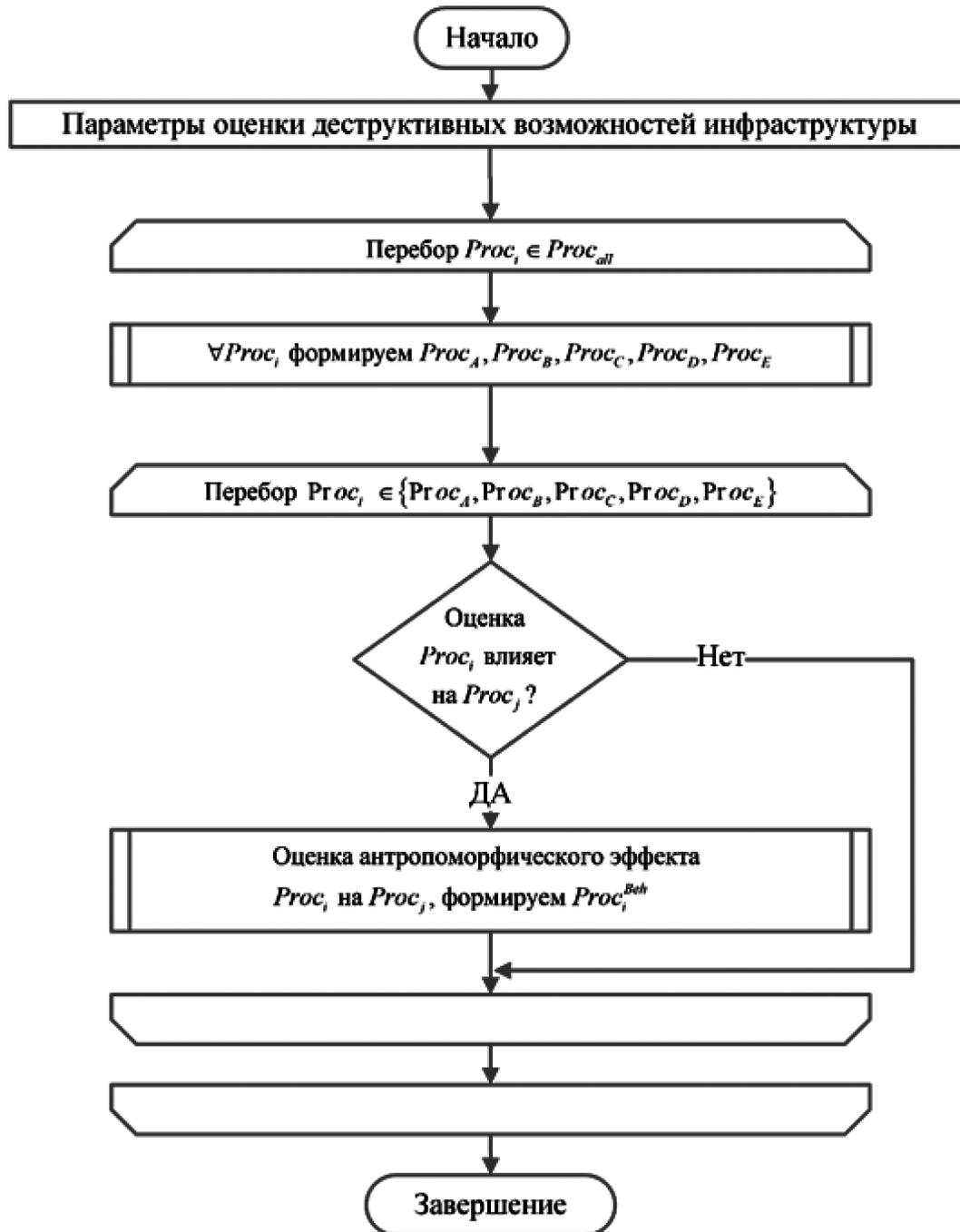


Рис. 3. Блок схема алгоритма оценки антропоморфических типов взаимодействия сервисов

ЛИТЕРАТУРА

1. Головина, Е. Ю. Оценка состояния безопасности ИТ-инфраструктуры в организации / Е. Ю. Головина, А. В. Журавлева, Л. И. Татарникова // Молодежный вестник ИргТУ. — 2022. — Т. 12, № 2. — С. 266–272.
2. Качуров, Е. И. Подход к разработке модели угроз информационной безопасности для ИТ-инфраструктуры / Е. И. Качуров // Научная дискуссия: вопросы технических наук. — 2017. — № 6(46). — С. 74–80.
3. Кошелев, А. С. Защита от кибератак или обеспечение безопасности инфраструктуры информационных ресурсов / А. С. Кошелев // Управление информационными ресурсами : Материалы XX Международной научно-практической конференции, Минск, 29 марта 2024 года. — Минск: Академия управления при Президенте Республики Беларусь, 2024. — С. 281–282. — EDN NZWOET.
4. Максимова, Е. А. Методы выявления и идентификации источников деструктивных воздействий инфраструктурного геноза / Е. А. Максимова // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». — 2022. — № 2. — С. 86–99.

5. Русаков, А. М. Анализ динамики рисков деструктивного воздействия инфраструктурного геноза / А.М. Русаков // Кибербезопасность: технические и правовые аспекты защиты информации: Сборник научных трудов I Национальной научно-практической конференции, Москва, 24–26 мая 2023 года. — Москва: МИРЭА — Российский технологический университет, 2023. — С. 85–87.
6. Anthropomorphic Model of States of Subjects of Critical Information Infrastructure Under Destructive Influences / E.A. Maksimova, A.M. Rusakov, M.A. Lapina, V.G. Lapin // Lecture Notes in Networks and Systems. — 2022. — Vol. 424. — P. 569–580.
7. Буйневич М.В., Израилов К.Е. Антропоморфический подход к описанию взаимодействия уязвимостей в программном коде. Часть 1. Типы взаимодействий // Защита информации. Инсайд. 2019. № 5 (89). С. 78–85.
8. Буйневич М.В., Израилов К.Е. Антропоморфический подход к описанию взаимодействия уязвимостей в программном коде. Часть 2. Метрика уязвимостей // Защита информации. Инсайд. 2019. № 6 (90). С. 61–65.
9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022685869 Российская Федерация. Программное обеспечение системы моделирования межобъектных системных связей инфраструктурного характера в информационных системах: № 2022685248 : заявл. 15.12.2022 : опубл. 28.12.2022 / А.М. Русаков.
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023683118 Российская Федерация. Антропоморфическая система моделирования деструктивных воздействий инфраструктурного геноза на объектах критической информационной инфраструктуры: № 2023682500: заявл. 24.10.2023 : опубл. 03.11.2023 / А.М. Русаков.

© Русаков Алексей Михайлович (rusakov_a@mirea.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ И СХЕМА ОРГАНИЗАЦИИ АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭФФЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРНОГО ДЕСТРУКТИВИЗМА

Русаков Алексей Михайлович

старший преподаватель, МИРЭА Российский
технологический университет
rusakov_a@mirea.ru

CONCEPTUAL MODEL AND ORGANIZATION SCHEME OF THE ARCHITECTURE OF THE SYSTEM FOR FORECASTING THE EFFECTS OF INFRASTRUCTURAL DESTRUCTION

A. Rusakov

Summary. The article considers one of the important issues related to ensuring the security of information infrastructures. Information infrastructure (IT infrastructure) includes a wide range of elements: servers, networks, data storage, cloud services and user devices. Information security in infrastructures is ensured both by infrastructure objects and by the infrastructure itself — connections and inter-object interactions between infrastructure elements. At present, against the background of widespread import substitution, it is especially important to ensure the security of the infrastructure itself as a system of inter-object interactions. The presence of the effects of infrastructure destructiveness, consisting in the self-destruction of infrastructure and the slowdown of its work processes, is ubiquitous and requires the development of new approaches to their forecasting. The article provides the author's conceptual model and organization scheme of the architecture of the system for assessing the effects of infrastructure destructiveness.

Keywords: information infrastructure, IT infrastructure, information security of infrastructure, infrastructure destruction, forecasting of infrastructure destruction.

Аннотация. В статье рассматривается один из важных вопросов связанный с обеспечением безопасности функционирования информационных инфраструктур. Информационная инфраструктура (ИТ-инфраструктура) включает в себя широкий спектр элементов: серверы, сети, хранилища данных, облачные сервисы и пользовательские устройства. Безопасность информации в инфраструктурах обеспечивают как со стороны объектов инфраструктуры, так и со стороны самой инфраструктуры — связей и меж объектными взаимодействиями между элементами инфраструктуры. В настоящий момент на фоне повсеместного импортозамещения особенно важным является обеспечение безопасности самой инфраструктуры как системы меж объектных взаимодействий. Наличие эффектов инфраструктурного деструктивизма, состоящих в саморазрушении инфраструктуры и замедлении процессов её работы, встречается повсеместно и требует развития новых подходов к их прогнозированию. В статье приводится авторская концептуальная модель и схема организации архитектуры системы оценки эффектов инфраструктурного деструктивизма.

Ключевые слова: информационная инфраструктура, ИТ-инфраструктура, информационная безопасность инфраструктуры, инфраструктурный деструктивизм, прогнозирования инфраструктурного деструктивизма.

Введение

Современное общество переживает стремительную цифровую трансформацию, при которой информационные технологии становятся неотъемлемой частью всех сфер деятельности — от бизнеса и здравоохранения до государственного управления и личной жизни. Информационная инфраструктура (ИТ-инфраструктура), представляющая собой совокупность аппаратных, программных и сетевых компонентов, обеспечивает функционирование этих процессов, выступая критически важным звеном в поддержке их надежности и доступности.

Развитие технологий сопровождается ростом угроз информационной безопасности, что делает защиту информационной инфраструктуры одной из приоритетных задач для организаций, независимо от их масштаба

и отрасли. Однако параллельно с развитием технологий растет и количество угроз, связанных с безопасностью информационных инфраструктур. Кибератаки, утечка данных, целенаправленные взломы и ошибки конфигурации систем могут привести к серьезным последствиям, включая финансовые убытки, утрату конфиденциальной информации и нарушение общественной безопасности. В условиях глобальной взаимосвязанности, когда компании и государства становятся все более зависимыми от цифровых систем, обеспечение безопасности информационных инфраструктур приобретает первостепенное значение [1–3].

Информационная инфраструктура включает в себя широкий спектр элементов: серверы, сети, хранилища данных, облачные сервисы и пользовательские устройства. Уязвимости в этих системах могут привести к серьезным последствиям, включая утрату данных, на-

рушение конфиденциальности, финансовые убытки и подрыв репутации. В последние годы увеличение числа кибератак, использование сложных вредоносных программ и целевых атак подчеркивают необходимость комплексного подхода к обеспечению безопасности [4]. Информационная безопасность в инфраструктурах обеспечивается как со стороны объектов инфраструктуры, так и со стороны самой инфраструктуры — связей и межобъектными взаимодействиями между элементами инфраструктуры. В настоящий момент на фоне повсеместного импортозамещения особенно важным является обеспечение безопасности самой инфраструктуры как системы межобъектных взаимодействий. Наличие эффектов инфраструктурного деструктивизма, состоящих в саморазрушении инфраструктуры и замедлении процессов её работы, встречается повсеместно и требует развития новых подходов к их прогнозированию.

Концептуальная модель системы прогнозирования эффектов инфраструктурного деструктивизма

Введем основные понятия для описания феномена инфраструктурного деструктивизма, а также деструктивных воздействий инфраструктурного генеза.

Определение. Инфраструктурный деструктивизм — не способность информационной инфраструктуры реализовывать свой функционал в полном объеме под воздействием процессов внутри инфраструктуры [5,6].

Определение. Информационная инфраструктура — это единый комплекс программных, технических, коммуникационных, информационных и организационно-технологических средств обеспечения функционирования предприятия, а также средств управления ими [2, 6]. В качестве аналога ИНИ можно также рассматривать инфраструктуру информационных технологий.

Определение. Под деструктивным воздействием инфраструктурного генеза будем понимать воздействие, в результате которого проявляется непредвиденное и(или) нежелательное событие, вызванное совокупностью факторов и условий инфраструктурного генеза, создающих опасность нарушения информационной безопасности информационной инфраструктуры [5,6].

С целью описания основных процессов, влияющих на развитие ИНИ, рассмотрим концептуальную модель предметной области. ИНИ можно представить через систему взаимодействующих объектов. Особый интерес представляет межобъектное взаимодействие в ИНИ, реализуемое через сервисы.

Таким образом на каждом из объектов можно выделить множества ошибок и уязвимостей программного

кода, а также множество особенностей межобъектного взаимодействия.

В настоящее время уже рассматриваются проблемы информационной безопасности инфраструктур. В работах [1-4] к ним отнесены проблемы сервисов в контексте:

- координации межобъектного взаимодействия;
- развертывание инфраструктуры;
- сетевое взаимодействие сервисов;
- управление данными;
- отладка и мониторинг процессов;
- безопасность;
- архитектурные особенности.

В качестве источников «конфликтов интересов» в ИНИ обозначены []:

- данные;
- сетевое взаимодействие;
- ресурсы;
- конфигурации.

На практике феномен инфраструктурного деструктивизма может проявляться в виде событий информационной безопасности, приводящих к необратимым последствиям. Например, «совокупность случайных факторов» проявление «непредвиденных событий», «закономерных случайностей» и др. Данные ситуации, возникшие на одном из объектов инфраструктуры в итоге, влияют на её работу в целом.

Данные события, ситуационно, предлагается классифицировать следующим образом.

Ситуация 1. Возникновение инфраструктурного деструктивизма при условии наличия внешних деструктивных воздействий. Это могут быть различные кибератаки, вирусные атаки и другие возможные злонамеренные воздействия на объекты инфраструктуры извне. В данной ситуации генез деструктивных воздействий не конкретизирован.

Ситуация 2. Возникновение инфраструктурного деструктивизма при изменении самой инфраструктуры. Данная ситуация возможна при добавлении, удалении, изменении объектов (узлов) и связей информационной инфраструктуры, а также может быть вызвано необратимыми изменениями и прекращением процесса нормального функционирования информационной инфраструктуры.

Ситуация 3. Возникновение инфраструктурного деструктивизма при отсутствии влияния внешних факторов и изменений в информационной инфраструктуре. Данная ситуация возникает за счет факторов, не зависящих от инфраструктуры и внешних деструктивных воздействий. Это возможно, например, при наличии скрытых особенностей и ошибок программного кода.

Ситуация 3 проявляется не явным образом. При этом сказываются эффекты накопления «деструктивного мусора», который появляется, в том числе, в результате лечения активного заражения и последствий ликвидации кибератак.

Определение@. «Деструктивный мусор» — программный код, внесенный в инфраструктуру после устранения уязвимостей информационной безопасности и ошибок программного кода, реализованный не оптимальным образом.

Накопление «деструктивного мусора» является не контролируемым процессом и приводит к необратимым процессам на объектах инфраструктуры.

Эффект инфраструктурного деструктивизма для ситуации 3 также может возникнуть и при изменении поведения объектов инфраструктуры. Например, один сервис замедляет работу другого сервиса, используя общие ресурсы. Или при добавлении одного из объектов в инфраструктуру повышается её производительность в целом.

Следует отметить, что возможно одновременное проявление нескольких ситуаций. Тем не менее, в ходе исследования будем рассматривать их локально.

На основании вышеизложенного можно утверждать, что появление эффекта инфраструктурного деструк-

тивизма, во многом зависит от внутренних состояний, внутренних целей и сценариев работы объектов инфраструктуры (рисунок 1).

Обозначенное необходимо рассматривать на уровне сервисов, так как в основе современных инфраструктурах заложены сервисные архитектуры. Одним из приоритетных вопросов является вопрос, связанный с обнаружением эффектов инфраструктурного деструктивизма сервисов, что предлагается решить на основе разных подходов.

Схема организации системы оценки эффектов инфраструктурного деструктивизма

На основе антропоморфических моделей, представленных в [5,7], разработана схема организации архитектуры системы оценки деструктивных возможностей для двух взаимодействующих сервисов инфраструктуры, которая представлена на рисунке 2.

Исходной точкой при организации архитектуры схема организации (рис. 2) является «Модуль 1», который также необходим для работы систем более высокого уровня. Для работы «Модуля 1» используются «Модуль 2» и «Модуль 3» с помощью которых выполняется расчет параметров взаимодействия между объектами инфраструктуры. В том числе здесь реализуется информационно аналитическая система анализа антропомор-



Рис. 1. Структурная схема факторов влияющих на инфраструктурный деструктивизм

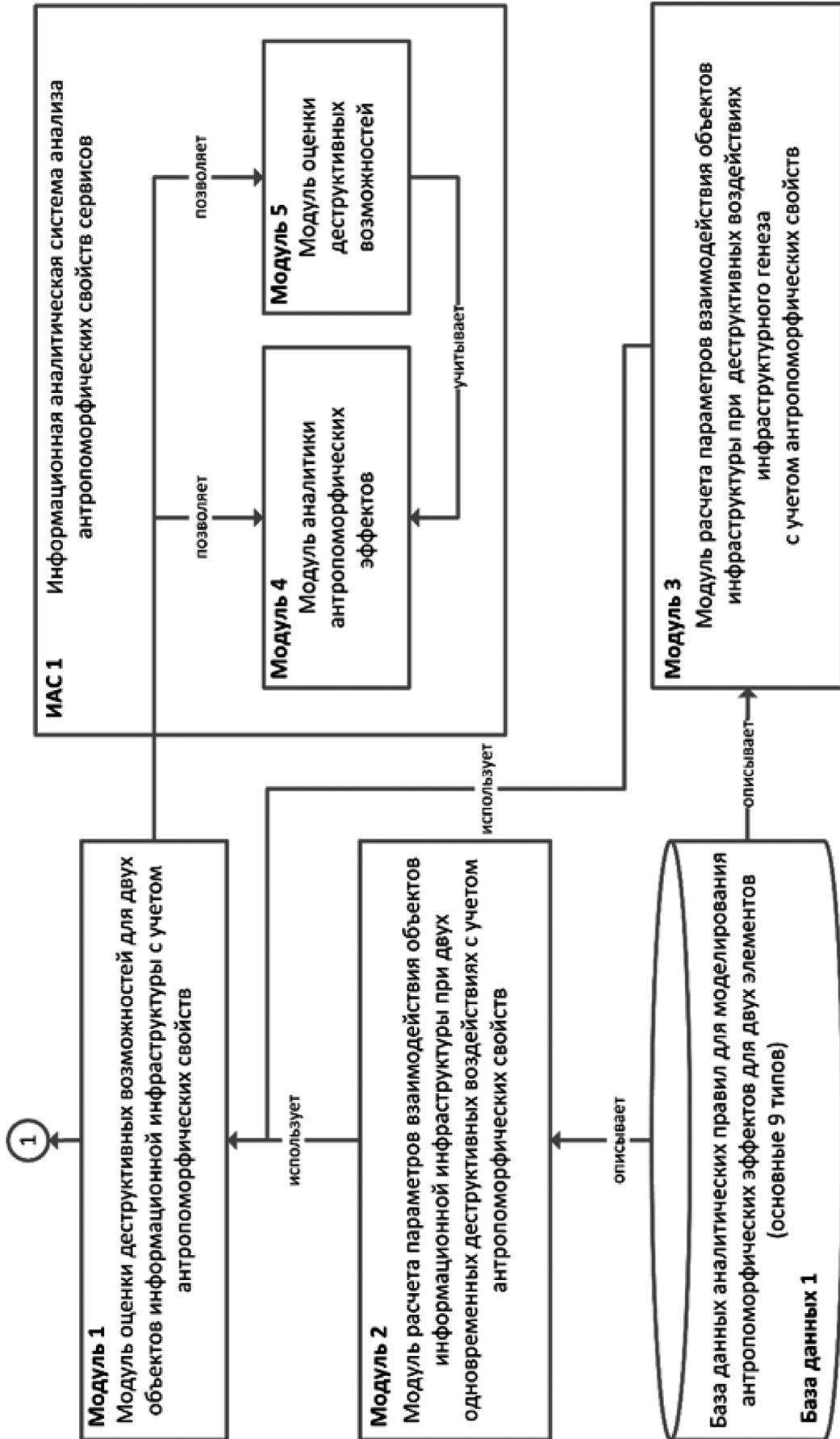


Рис. 2. Схема организации архитектуры системы оценки деструктивных возможностей для двух взаимодействующих сервисов инфраструктуры с учетом антропоморфических свойств

фических свойств — «ИАС 1» состоящая из «Модуля 5» и «Модуля 6». С помощью «ИАС 1» формируется база данных аналитических правил для моделирования антропоморфических эффектов для двух взаимодействующих сервисов инфраструктуры, которая позволяет учитывать антропоморфические свойства сервисного взаимодействия.

Схема организации системы оценки взаимодействия нескольких сервисов инфраструктуры

Представленный инструментарий выше является ограниченным в связи с количеством рассматриваемых объектов инфраструктуры, а именно рассматривается ситуация, когда количество сервисов равно двум. Для универсализации рассматриваемого решения опишем каким образом будет выполняться оценка взаимодействия нескольких сервисов. На рисунке 3 представлена схема организации архитектуры системы оценки взаимодействия нескольких сервисов инфраструктуры.

Исходной точкой схемы организации (рис. 3) является «Модуль 10», который генерирует сценарии взаимодей-

ствия агентов объектов ИНИ для «Системы моделирования 1». «Модуль 10» также необходим для работы систем более высокого уровня. Для работы «Системы моделирования 1» используются «Модуль 7» и «Модуль 8» с помощью которых выполняется агент-ориентированное моделирование меж объектного взаимодействия агентов объектов инфраструктуры. «Модуль 7» и «Модуль 8» обеспечивают моделирование среды и поведения агентов объектов информационной инфраструктуры с помощью «модуля 6», который является инструментарием, описанным в предыдущем пункте. Также для «Модуля 8» возможно использование «Модуля 9», который описывает механизмы взаимодействия агентов на основе эпидемиологических состояний.

Система агент-ориентированного имитационного моделирования меж объектного взаимодействия множества агентов объектов инфраструктуры «Система моделирования 1» состоит из двух модулей для описания среды и агентов объектов информационной инфраструктуры, соответственно «Модуль 7» и «Модуль 8». Данная система позволяет моделировать взаимодействие множества агентов объектов инфраструктуры с учетом различных сценариев их взаимодействия.

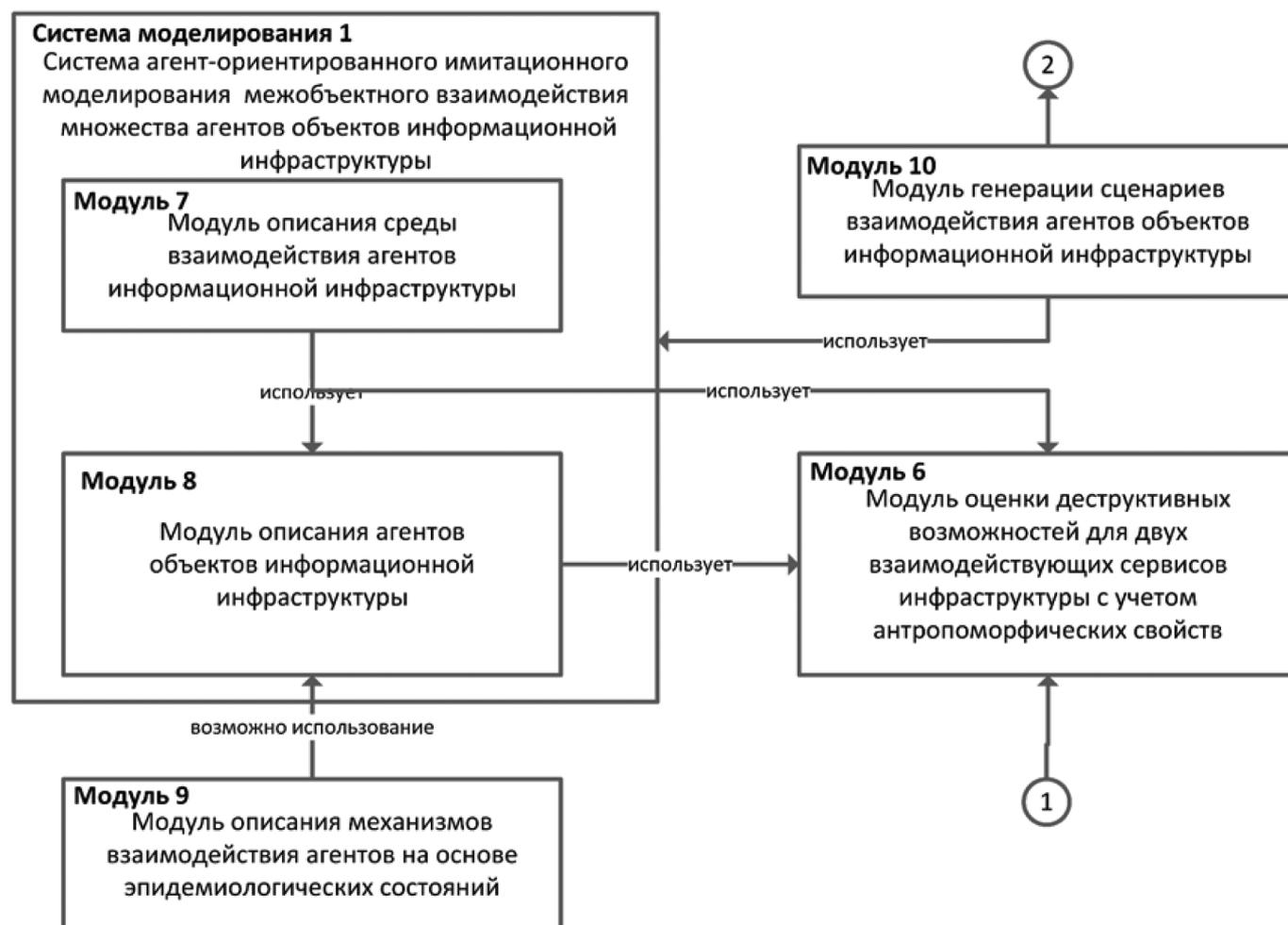


Рис. 3. Схема организации архитектуры системы оценки взаимодействия нескольких сервисов инфраструктуры

Модуль оценки межобъектного взаимодействия двух объектов информационной инфраструктуры с учетом антропоморфических эффектов «Модуль 6». Данный модуль используется в «модуле 8» для описания двух объектов информационной инфраструктуры с учетом антропоморфических эффектов и реализует инструментарий, описанный в предыдущем пункте.

Модуль описания среды взаимодействия агентов информационной инфраструктуры «Модуль 7». Данный модуль описывает процессы взаимодействия в среде агент-ориентированного моделирования, реализует координацию и мониторинг ресурсов среды, отслеживает и фиксирует появление аномального поведения агентов объектов информационной инфраструктуры.

Модуль моделирования агентов объектов информационной инфраструктуры «Модуль 8». Данный модуль описывает параметры агентов объектов информационной инфраструктуры и управляет их поведенческой активностью.

Модуль описания механизмов взаимодействия агентов на основе эпидемиологических состояний «Модуль 9». Данный модуль является дополнительным модулем к «Модулю 8» и позволяет использовать состояния

эпидемиологических моделей распространения вирус для описания поведенческой активности агентов объектов информационной инфраструктуры.

Модуль генерации сценариев взаимодействия агентов объектов информационной инфраструктуры «Модуль 10». Данный модуль необходим для задания сценариев взаимодействия агентов объектов информационной инфраструктуры согласно сценариям их взаимодействия. Модуль позволяет выполнить оценить ресурсоемкость произвольного сценария взаимодействия агентов объектов информационной инфраструктуры и определить: худший, нейтральный и наилучший случай.

Приведем описание алгоритма имитационного моделирования взаимодействия множества объектов информационной инфраструктуры на основе онтологии архитектуры системы, представленной на рисунке 4.

Шаг 1. Начало.

Шаг 2. Ввод параметров для агентов объектов информационной инфраструктуры: наборы параметров агентов объектов информационной инфраструктуры

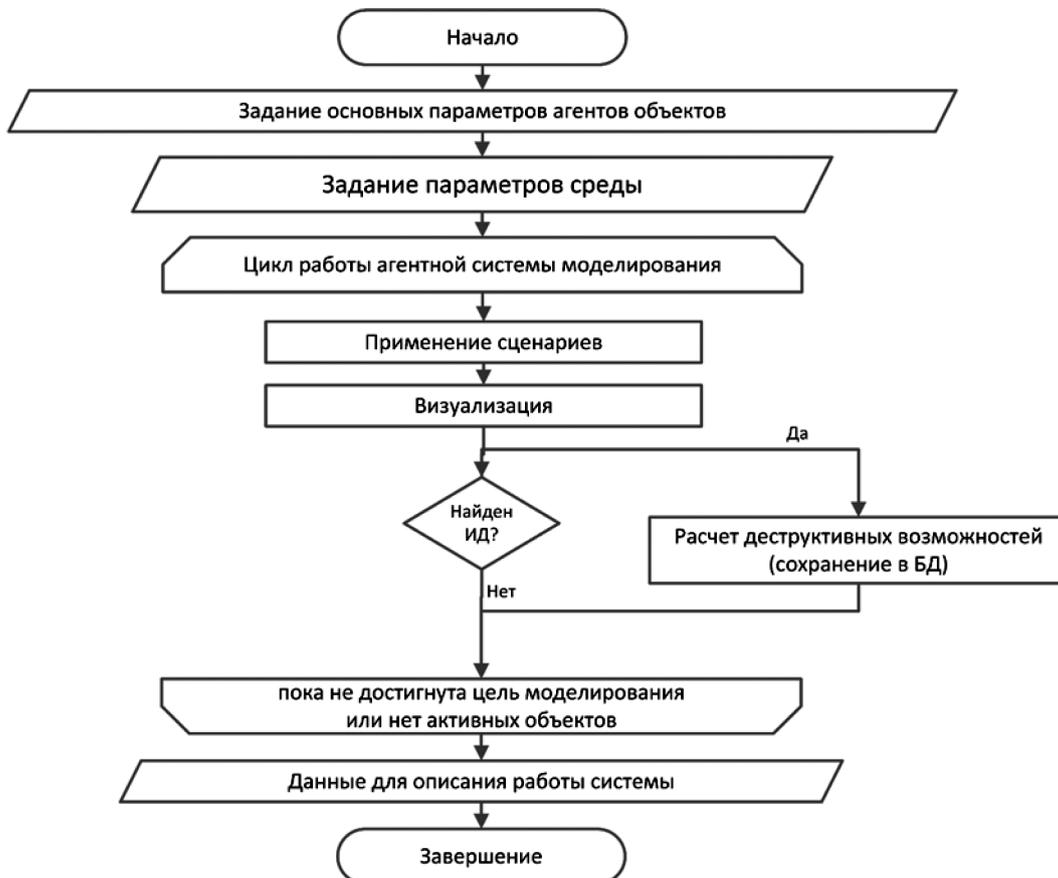


Рис. 4. Обобщенная блок-схема системы имитационного моделирования деструктивных возможностей информационной инфраструктуры

Шаг 3. Генерация сценариев взаимодействия агентов объектов инфраструктуры.

Шаг 4. Имитационное моделирование сценариев взаимодействия агентов объектов информационной инфраструктуры.

Шаг 5. Оценка антропоморфических типов взаимодействия сервисов инфраструктуры

Шаг 6. Прогнозирование динамики рисков инфраструктурного генеза на основе оценки антропоморфических типов.

Предложенные выше схемы организации и алгоритм объединим в систему имитационной системы информационной инфраструктуры сервисов для прогнозирования эффектов инфраструктурного деструктивизма.

Схема организации имитационной системы информационной инфраструктуры сервисов как средство прогнозирования эффектов инфраструктурного деструктивизма

На рисунке 5 представлена Онтология архитектуры системы оценки меж объектного взаимодействия множества объектов информационной инфраструктуры.

Данную онтологию (Рисунок 5) возможно реализовать, используя технологию цифровых двойников, что позволит на основе анализа журналов событий создать комплекс программных средств для прогнозирования эффектов инфраструктурного деструктивизма для существующих систем, как это сделано в [8].

Обобщив онтологию, представленную на рисунке 5, получим онтологию архитектуры системы оценки инфраструктурного деструктивизма сервисной информационной инфраструктуры представленную на рисунке 6.

Онтология, представленная на рисунке 6 некоторые компоненты, данной онтологии уже реализованы в работах автора [9–11]. Реализация представленной онтологии позволит специалистам информационной безопасности прогнозировать и оценивать динамику рисков от эффектов инфраструктурного деструктивизма.

Заключение

Представленные в данной работе подходы и решения позволяют реализовать информационно аналитическую систему для прогнозирования и оценки динамики рисков от эффектов инфраструктурного деструктивизма сервисных архитектур.

Предложенная концептуальная модель оценки эффектов инфраструктурного деструктивизма является авторской разработкой и в отличие от уже имеющихся позволяет оценивать поведенческие особенности процессов, которые выполняются на базе сервисной архитектуры инфраструктуры. Следует отметить, что на данный момент предложенное решение является одним из возможных вариантов по оценке эффектов инфраструктурного деструктивизма и требуется дополнительные исследования в данном направлении.



Рис. 5. Онтология архитектуры системы оценки меж объектного взаимодействия множества объектов информационной инфраструктуры

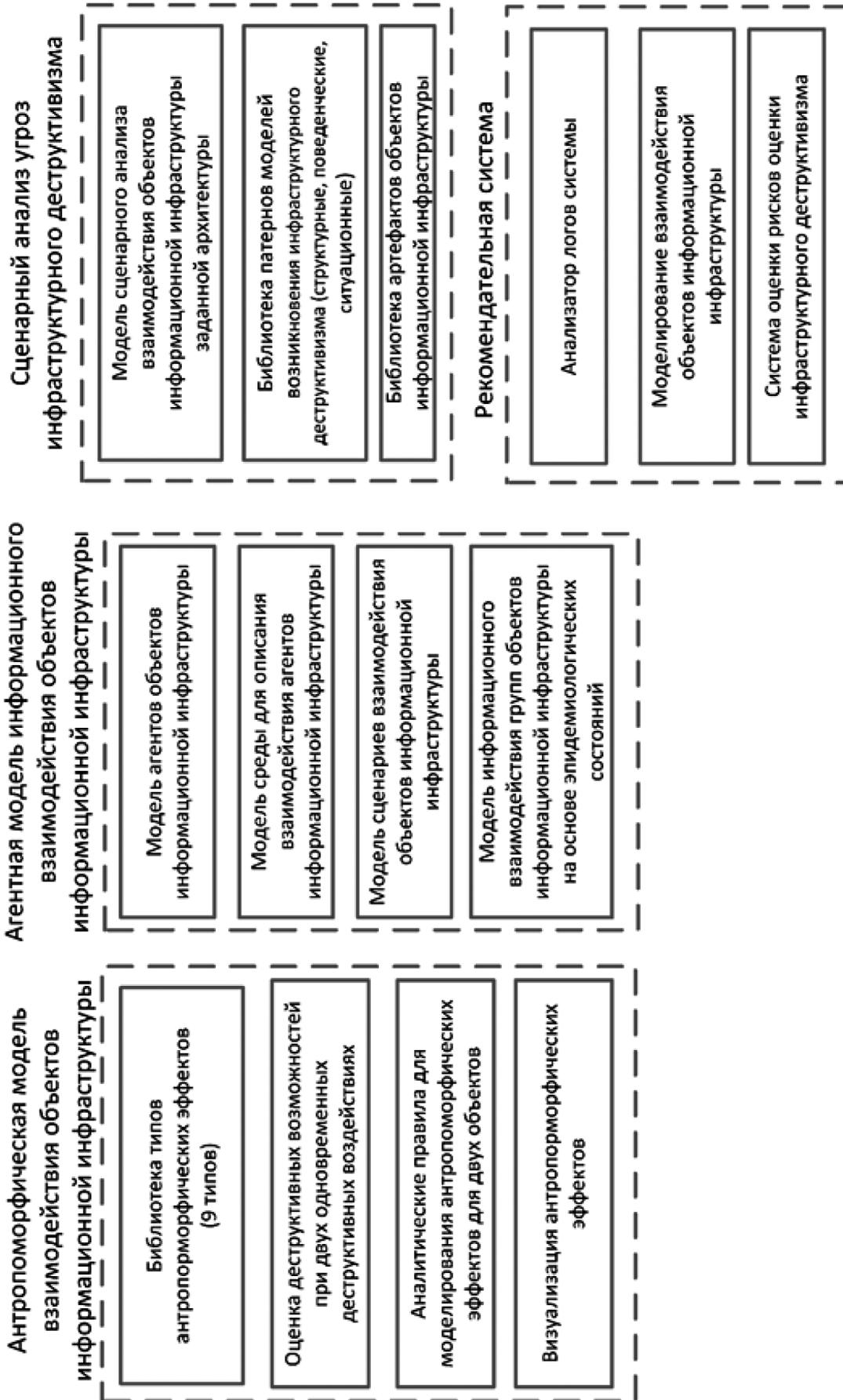


Рис. 6. Онтология архитектуры системы оценки инфраструктурного деструктивизма сервисной информационной инфраструктуры

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисовская О.В. Управление рисками безопасности сетевой инфраструктуры при имитационном моделировании бизнес-процессов финансово-кредитных организаций / О.В. Борисовская, А.А. Борисовская // Информационные технологии и математические методы в экономике и управлении (ИТиММ-2023): Сборник статей XII Международной научно-практической конференции имени А.И. Китова. В 2-х книгах, Москва, 23–24 марта 2023 года. — Москва: Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, 2023. — С. 256–264. — EDN FNMNII.
2. Кошелев А.С. Защита от кибератак или обеспечение безопасности инфраструктуры информационных ресурсов / А. С. Кошелев // Управление информационными ресурсами: Материалы XX Международной научно-практической конференции, Минск, 29 марта 2024 года. — Минск: Академия управления при Президенте Республики Беларусь, 2024. — С. 281–282. — EDN NZWOET.
3. Шапенская А.М. Безопасность критической информационной инфраструктуры как приоритетное направление деятельности современного информационного общества / А.М. Шапенская, О.М. Голембиовская, А.С. Трошин // Новые горизонты: Сборник материалов и докладов XI научно-практической конференции с международным участием, Брянск, 15 апреля 2024 года. — Брянск: Брянский государственный технический университет, 2024. — С. 525–529. — EDN PZGXXQ.
4. Вершинин А.Н. Цифровая трансформация информационной безопасности критической информационной инфраструктуры в условиях импортозамещения / А.Н. Вершинин // Научный аспект. — 2023. — Т. 2, № 5. — С. 209–217. — EDN GFFAME.
5. Anthropomorphic Model of States of Subjects of Critical Information Infrastructure Under Destructive Influences / E.A. Maksimova, A.M. Rusakov, M.A. Lapina, V.G. Lapin // Lecture Notes in Networks and Systems. — 2022. — Vol. 424. — P. 569–580. — DOI 10.1007/978-3-030-97020-8_51. — EDN GGKXDH.
6. Русаков А.М. Анализ динамики рисков деструктивного воздействия инфраструктурного генеза / А.М. Русаков // Кибербезопасность: технические и правовые аспекты защиты информации: Сборник научных трудов I Национальной научно-практической конференции, Москва, 24–26 мая 2023 года. — Москва: МИРЭА — Российский технологический университет, 2023. — С. 85–87. — EDN FWCTSV.
7. Rusakov A., Maksimova E. (2024). Assessment Dynamics Risks Infrastructural Genesis at Critical Information Infrastructure Facilities. In: Lapina M., Raza Z., Tchernykh A., Sajid M., Zolotarev V., Babenko M. (eds) AISMA-2024: International Workshop on Advanced Information Security Management and Applications. AISMA 2024. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 863. Springer, Cham.
8. ИТ-инфраструктура для построения интеллектуальных систем управления развитием и функционированием систем энергетики на основе цифровых двойников и цифровых образов / Н.И. Воропай, Л.В. Массель, И.Н. Колосок, А.Г. Массель // Известия Российской академии наук. Энергетика. — 2021. — № 1. — С. 3–13.
9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022685869 Российская Федерация. Программное обеспечение системы моделирования меж объектных системных связей инфраструктурного характера в информационных системах: № 2022685248: заявл. 15.12.2022: опубл. 28.12.2022 / А.М. Русаков.
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023683118 Российская Федерация. Антропоморфическая система моделирования деструктивных воздействий инфраструктурного генеза на объектах критической информационной инфраструктуры: № 2023682500: заявл. 24.10.2023: опубл. 03.11.2023 / А.М. Русаков.
11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023683299 Российская Федерация. Средство реализации рекомендательной системы для профилактики и предотвращения инфраструктурного деструктивизма на субъекте критической информационной инфраструктуры: № 2023682485: заявл. 24.10.2023: опубл. 07.11.2023 / А.М. Русаков.

© Русаков Алексей Михайлович (rusakov_a@mirea.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИИ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ФОТОГРАММЕТРИИ

Тимаков Кирилл Александрович

МИРЭА — Российский технологический университет

Tim1997.10@yandex.ru

APPLICATION OF AI METHODS IN SOLVING PHOTOGRAMMETRY PROBLEMS

K. Timakov

Summary. This article discusses the application of various AI methods to improve the accuracy and automation of the photogrammetry process to create 3D models. The focus is on using advanced deep learning techniques such as image segmentation, depth mapping, and Image Enhancement (Super-Resolution) to improve key steps of photogrammetric processing. This article analyzes the role of neural networks in automating tasks such as identifying key points and creating accurate bit masks, which allows you to speed up the segmentation process and eliminate errors that occur during manual processing.

The article pays special attention to the two most promising possible integrations of neural network models.

The segmentation method helps to accurately highlight targets in images, separating them from the background and unwanted elements. To demonstrate the application of the approach, the CVAT service is used, based on the pre-trained Mask R-CNN model. The result of the service operation is demonstrated in the form of an image with annotated data in automatic mode, as well as high-quality bit masks created.

Finally, the Super-Resolution method is considered, which allows to increase the resolution of the source images, thereby improving the detail and quality of 3D models. The pre-trained neural network VGG19 is used as a possible tool, and its basic principle of operation is considered. As a result, a model created using improved data is demonstrated. According to the results of the Super-Resolution method, it was possible to achieve a 2.5-fold improvement in the quality of the 3D model.

In conclusion, it is emphasized that the integration of neural networks in photogrammetry opens the prospect of significantly accelerating and automating processes when it is necessary to prepare many images necessary to create 3D models. The disadvantages are a large amount of training data, and significant time spent on training, as well as very high requirements for computing resources.

Keywords: neural network, Super-Resolution, photogrammetry, image segmentation, bitmask, Depth map.

Аннотация. В данной статье рассматривается применение различных методов ИИ для повышения точности и автоматизации процесса фотограмметрии для создания 3D-моделей. Основное внимание уделяется использованию передовых методов глубокого обучения, таких как сегментация изображений, создание карт глубины и улучшение изображений (Super-Resolution), чтобы улучшить ключевые этапы фотограмметрической обработки. В данной статье анализируется роль нейронных сетей в автоматизации таких задач, как выявление ключевых точек и создание точных битовых масок, что позволяет ускорить процесс сегментации и исключить ошибки, возникающие при ручной обработке.

В статье отдельное внимание уделяется двум наиболее перспективным возможным интеграциям моделей нейронных сетей.

Метод сегментации помогает точно выделять целевые объекты на изображениях, отделяя их от фона и нежелательных элементов. Для демонстрации применения подхода используется сервис CVAT, на базе предобученной модели Mask R-CNN. Продемонстрирован результат работы сервиса в виде изображения с аннотированными данными в автоматическом режиме, а также созданные битовые маски высокого качества.

В конце рассматривается метод Super-Resolution, позволяющий повысить разрешение исходных изображений, тем самым улучшая детализацию и качество 3D-моделей. В качестве возможного инструмента используется предобученная нейронная сеть VGG19, рассматривается ее базовый принцип работы. В качестве результатов продемонстрирована модель, созданная при помощи улучшенных данных. По результатам работы метода Super-Resolution получилось достичь улучшения качества 3D модели в 2,5 раза.

В заключении подчеркивается, что интеграция нейронных сетей в фотограмметрию открывает перспективу значительного ускорения и автоматизации процессов, когда необходимо подготовить большое количество изображений, необходимых для создания 3D-моделей. В качестве недостатков выделяется большое количество обучающих данных, и значительные затраты времени на обучение, а также весьма высокие требования к вычислительным ресурсам.

Ключевые слова: нейронная сеть, Super-Resolution, фотограмметрия, сегментация изображений, битовая маска, Depth map.

Введение

Традиционные методы фотограмметрии, основанные на обработке изображений с целью создания 3D-моделей, позволяют достаточно точно воссоздавать объекты и сцены, но нередко сталкиваются с рядом трудностей. Когда речь идет о больших объемах данных, работа с исходными данными требует значительных временных и вычислительных ресурсов, т.к.

возникает необходимость их обрабатывать, сегментировать и объединять в единые модели в ручном режиме. Качество исходных данных также играет важную роль. Периодически необходимые для распознавания объекты на изображениях сложно различимы, или разрешение самих изображений слишком низкое, что отрицательно сказывается на точности конечных результатов фотограмметрической обработки [1,2].

В качестве активно развивающегося примера использования нейронных сетей в фотограмметрии можно выделить целый раздел семантической фотограмметрии. Это подход, который объединяет традиционную фотограмметрию с методами нейронных сетей для добавления семантической информации (например, распознавания типов объектов) в процесс создания 3D-моделей [3]. Основной принцип заключается в сочетании методов 3D-моделирования на основе изображений с алгоритмами глубокого обучения, которые могут распознавать, классифицировать и помечать различные объекты или особенности в сцене. Такой подход позволяет не только реконструировать пространство объектов, но и расширить объем данных о модели дополнительной информацией о содержании каждого объекта в сцене. Например, система с использованием семантической фотограмметрии, автоматически распознает и классифицирует здания, дороги, зеленые насаждения, тротуары, инженерные сети и другие объекты на основе их визуальных и структурных характеристик, и с учетом полученной информации создает соответствующие цифровые двойники.

Анализ текущих исследований в данной вопросе показал, что нейронные сети могут быть использованы как инструмент для улучшения или автоматизации отдельных этапов фотограмметрии, например:

- устранение шума в полигональных сетках. Использование полно связных многослойных нейронных сетей упрощает процесс шумоподавления за счет того, что обученная нейронная сеть самостоятельно отбирает признаки, полученные с помощью билатеральных фильтров с разными параметрами, что позволяет не задавать их вручную. Также такой подход не требует знания характеристик шума, который появился в результате сканирования [4];
- генерация глубинных карт. Возможность нейронной сети восстанавливать глубину объектов на основе одной или нескольких фотографий [5]. Данный подход может дополнять или заменять этапы выравнивания изображений и создания облаков точек в традиционной фотограмметрии;
- сегментация изображений. Автоматизация данного процесса, улучшение идентификации ключевых точек на изображениях, улучшая точность построения 3D-моделей [6];
- улучшение качества изображений. Нейросетевые модели могут улучшить качество исходных изображений, используемых в фотограмметрии, за счет повышения разрешения исходных изображений [7].

Упомянутые выше исследования применяются для решения задач в общем виде. Работ, посвященных применению рассмотренных ИИ решений в фотограмме-

трии весьма мало. Однако использование нейронных сетей в фотограмметрии может позволить автоматизировать ключевые этапы, такие как сегментация изображений, идентификация объектов и реконструкция 3D-моделей, что не только ускорит процесс, но и снизит вероятность ошибок, возникающих при ручной обработке. Далее рассмотрим наиболее перспективные методы ИИ, которые можно применить в фотограмметрии.

Материалы и методы

Сегментация изображений:

Сегментация изображений в фотограмметрии необходима для точного выделения границ и классификации различных объектов на изображениях. Этот процесс помогает отделить целевые элементы сцены, т.е. прикладные объекты, от фона и других ненужных объектов, что значительно облегчает дальнейший анализ и обработку данных.

В предметной фотограмметрии, где фокус смещён на реконструкцию 3D-моделей отдельных объектов, сегментация изображений также играет важную роль, но с акцентом на точное выделение контуров и структурных деталей самого объекта. В этой области сегментация помогает отделить объект от фона, что особенно важно, если требуется высокая точность при создании модели, например, технических деталей, объектов интерьера и др. Чёткое разделение объекта и фона позволяет избежать нежелательных «шумов» и артефактов, которые могут появиться при построении 3D-модели, если не выделить объект должным образом. Также благодаря сегментации фотограмметрическое программное обеспечение может более эффективно определять ключевые точки и линии, что повышает точность привязки изображений и создания текстурных карт для модели [8].

Сегментация в ручном режиме может быть достаточно медленным и трудоемким процессом, в особенности при работе с большими объемами данных, так как каждый объект или область должны быть выделены вручную. Ручная сегментация плохо поддается масштабированию: для качественной фотограмметрии для одного объекта используется несколько сотен изображений. Обработка такого объема данных требует значительных ресурсов и времени, что делает ее менее эффективной, также увеличивается шанс ошибки. С целью избежания вышеописанных проблем, можно использовать инструменты автоматизации, основанные на поддержке полуавтоматической сегментации

Одним из ключевых достоинств CVAT является его интеграция с нейронными сетями, которые могут автоматически создавать маски для сегментации [9]. С помощью предобученных моделей, таких как Mask R-CNN или

U-Net, доступных для использования внутри CVAT, можно ускорить процесс аннотирования, так как сеть способна автоматически определять и сегментировать целевые объекты на изображении. Применяя нейронные сети, пользователи могут легко создавать точные маски для объектов, а затем при необходимости корректировать их вручную, что позволяет добиться высокой точности сегментации с минимальными усилиями.

Кроме того, CVAT поддерживает возможность автоматизации с помощью создания скриптов и интеграции с API, что позволяет настраивать процессы аннотации под конкретные задачи. Например, можно автоматизировать процесс загрузки изображений, использования нейронной сети для автоматической сегментации и экспорта готовых аннотаций. Это делает CVAT особенно подходящим для проектов, где требуются регулярные обновления данных или где необходимо быстро масштабировать процесс сегментирования.

В итоге использование CVAT для сегментации изображений не только ускоряет и упрощает создание битовых масок для фотограмметрии, но и обеспечивает гибкость и масштабируемость, которые становятся возможны благодаря интеграции с нейронными сетями и возможностями автоматизации.

В качестве примера рассмотрим фотографию, на которой имеется три объекта для сегментации под задачи фотограмметрии (рис. 1)

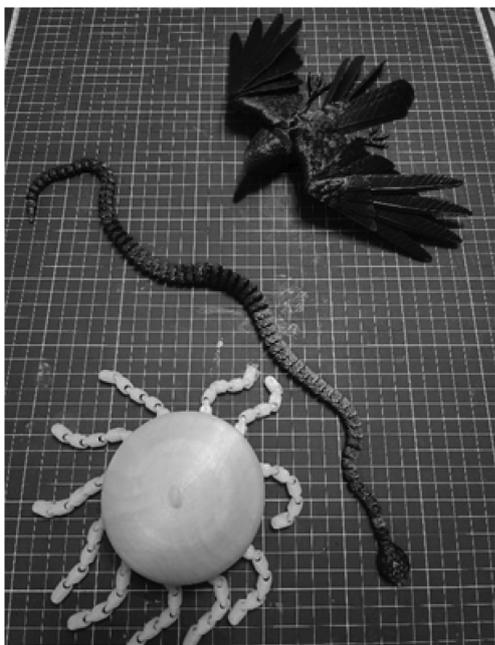


Рис. 1. Фотография, содержащая объекты для сегментации

На рисунке 2 представлен результат сегментации, где каждый из трех объектов имеет уникальный цветовой код: зеленый, желтый и розовый, обозначающие принадлежность к разным классам, атрибуты которых были

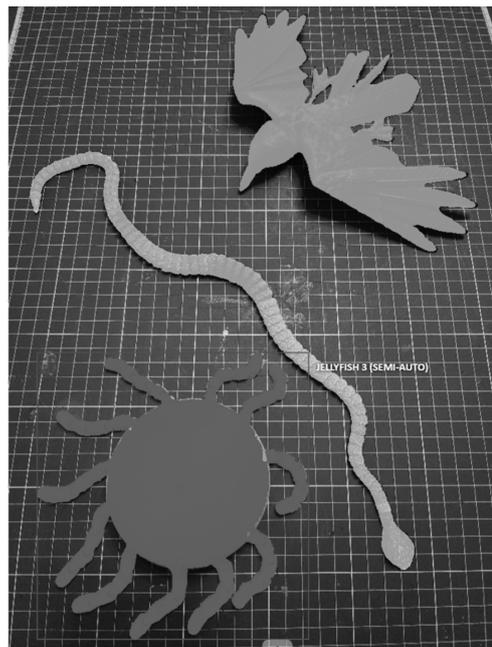


Рис. 2. Отображение аннотированных данных на фотографии

созданы заранее, перед загрузкой изображения. Для сегментации использован метод полуавтоматической аннотации (Semi-Auto). Также система в автоматическом режиме определила класс объектов, к которому он принадлежит. На рисунке видно, что объект розового цвета, принадлежит классу «jellyfish». Сегментация выполнена на высоком уровне, т.к. видно, что контуры объектов четко выделены, с учетом сложной геометрии.

Важно отметить, что CVAT позволяет в автоматическом режиме создавать битовые маски. Битовая маска при сегментации в фотограмметрии используется для точного представления и хранения информации о том, какие пиксели на изображении принадлежат целевым объектам, а какие — фону. Такая маска представляет собой двоичное изображение, где каждый пиксель принимает одно из двух значений, обозначающих, принадлежит ли он целевому объекту («1») или фону («0»). Использование битовых масок упрощает дальнейшую обработку данных, так как они дают четкие границы и минимизируют ошибки при создании облаков точек и реконструкции текстур. Этот подход позволяет эффективно выделить нужные области, игнорируя все ненужные детали и объекты, что особенно важно в задачах 3D-моделирования [10].

CVAT позволяет отобразить полученные битовые маски (рис. 3) полученные данные после процесса сегментации и в дальнейшем экспортировать, с целью загрузки их в ПО фотограмметрии.

ПО для фотограмметрии использует данные сегментации и битовые маски, чтобы выделить целевые объекты на изображениях и улучшить точность их реконструк-

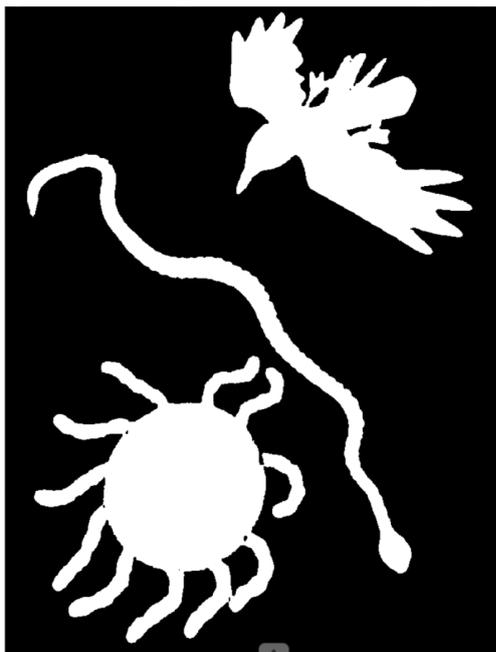


Рис. 3. Отображение битовых масок для задач фотограмметрии

ции. На этапе предварительной обработки программа загружает изображения и битовые маски, которые указывают, какие части изображений относятся к целевому объекту, а какие к фону. Сначала софт применяет маски, чтобы исключить фон и нежелательные объекты из анализа, таким образом ограничивая область работы алгоритмов, строящие плотные облака точек, только на целевой объект. Это позволяет исключить ненужные данные,

ускоряя обработку, и уменьшить «шум» на изображениях, особенно когда объект находится на сложном фоне.

Далее, при выполнении таких задач, как построение облаков точек, привязка ключевых точек и текстурирование, программа опирается на выделенные масками области, чтобы точнее определить характерные точки и линии объекта. Это значительно улучшает точность 3D-реконструкции, так как система работает только с полезной информацией. Кроме того, при создании текстурных карт для 3D-моделей программа использует маски для наложения текстуры исключительно на целевые области, что делает финальные модели фотореалистичными и чистыми от ненужных фрагментов фона.

Некоторые продвинутые фотограмметрические программы также используют маски для автоматического создания моделей в пакетном режиме, минимизируя необходимость ручного вмешательства. В итоге сегментация и битовые маски не только ускоряют процесс обработки данных и улучшают качество финальных моделей, но и делают рабочий процесс более автоматизированным, особенно при массовом создании 3D-моделей.

Стоит отметить, что все выделенные преимущества CVAT, применимы на любую разработку, которая позволяет произвести автоматическую сегментацию изображений.

Улучшение качества изображений (Super-Resolution)

Технология улучшения качества изображений (Super-Resolution) направлена на увеличение разрешения изо-

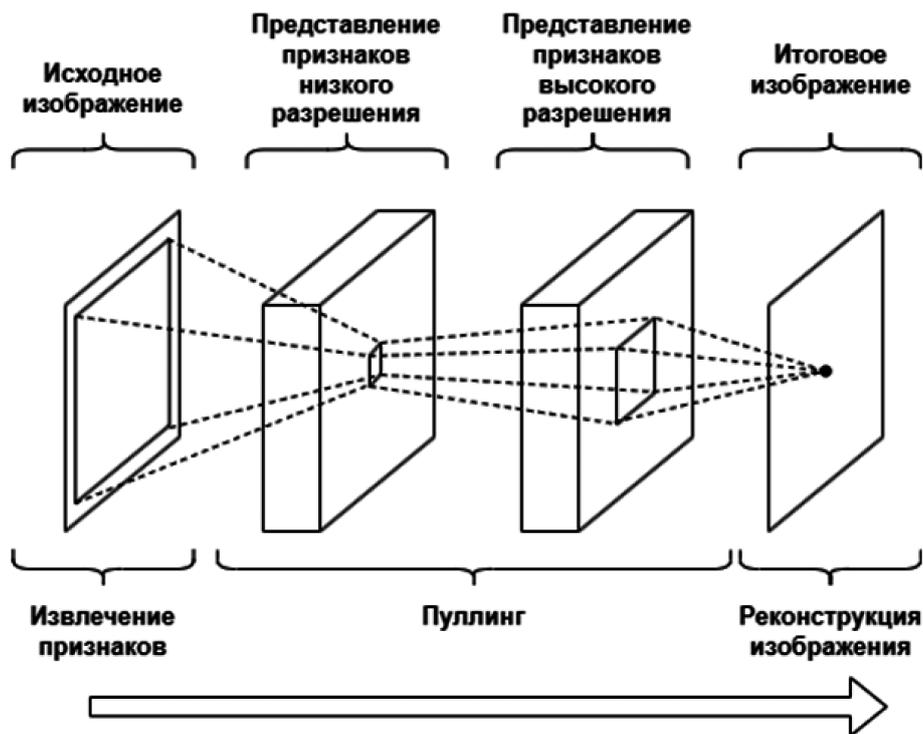


Рис. 4. Принцип работы нейронной модели Super-Resolution

бражений с целью повышения их детализации и четкости. Основной задачей метода является восстановления мелких деталей, проработки границ объектов, потерянных при сжатии или уменьшении разрешения, что достигается за счет алгоритмов машинного обучения и нейронных сетей. Особенность метода заключается в использовании свёрточных нейронных сетей (CNN) и генеративно-сопоставительных сетей (GAN), которые обучаются на парах изображений низкого и высокого разрешения, позволяя алгоритму «восполнять» недостающую информацию и устранять артефакты при увеличении масштаба. Принцип работы такого подхода изображен на рисунке 4, где на вход первого сверточного слоя поступает исходное изображение X с низким разрешением и далее данный слой извлекает набор признаков присущих данному расположению объектов. Второй слой уменьшает каждый из полученных наборов чтобы искусственно создать низкое разрешение. Третий слой нелинейно преобразует эти признаки объектов в представления высокого разрешения. Последний слой объединяет предсказания в пределах пространственной окрестности для получения реконструированного изображения $F(X)$ с высоким разрешением. [11,12].

Используя Super-Resolution, появляется возможность работать с изображениями низкого качества, улучшая их для последующего анализа и точного распознавания деталей.

При работе стоит учитывать, что алгоритмы повышения разрешения изображений не способны восстанавливать информацию, которая была потеряна из-за низкого разрешения камеры. Зачастую нейронная сеть

может исказить исходное изображение, особенно при отображении символов, первоначально стараясь сделать изображение приятным человеческому глазу [13]. В качестве примера такого искажения используется изображение 5, [14]. Можно увидеть, что окнам были «дорисованы» дополнительные детали, что может внести дополнительные помехи при фотограмметрической обработке

Результаты

Для демонстрации применимости Super-Resolution в фотограмметрии, принято решение сделать две 3D модели одного объекта при помощи ПО Agysoft Photoscan. Для контрольной модели без обработки было сделано 102 фотографий объекта, при помощи цифровой фотокамеры, с заниженными настройками разрешения, а именно 640 x 480 пикселей.

В Agysoft Photoscan следует использовать только оригинальные изображения в том виде, в котором они получены на цифровую фотокамеру. Использование фотографий, для которых были произведены геометрические трансформации или кадрирование, скорее всего приведет к отрицательному или крайне неточному результату. Фотометрические модификации не влияют на результаты реконструкции, т.е. обработка с использованием Super-Resolution не мешает созданию облака точек.

В подготовке второго набора фотографий использовался проект с открытым исходным кодом Neural Enhance построенный на основе Python и набора библиотек numpy и scipy, а также предварительно обученная



Рис. 5. Пример искажения изображения при работе метода Super-Resolution



а



б

Рис. 6. Сравнение результатов обработки.

а — исходное разрешение фотографий. б — результат улучшения разрешения фотографии

нейронная сеть VGG19. VGG19 — это модель компьютерного зрения, основанная на сверточной нейронной сети (CNN), и обучена на миллионах изображений, способная классифицировать более 1000 объектов. [14,15] В ходе обработки исходного набора фотографий, получилось добиться кратного улучшения разрешения, вплоть до 1920×1080 пикселей. Сравнение результатов обработки представлен на рисунке 6. Так на рисунке 6(б) можно увидеть более резкие контуры объекта, технические сочленения, а также четкую границу между фоном и сами объектом

При создании 3D модели с использованием исходного набора фотографий было определено 2342 точек, за счет чего облако точек получалось разряженным и не плотным. В ходе обработки получена модель, представленная на рисунке 7. Количество полигонов модели 67199.

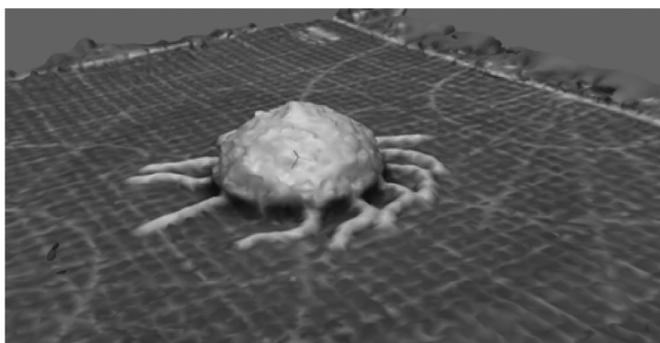


Рис. 7. Результат построения 3D модели из оригиналов фотографий объекта

Как видно на рисунке 8 при использовании набора фотографий с увеличенным разрешением, програм-

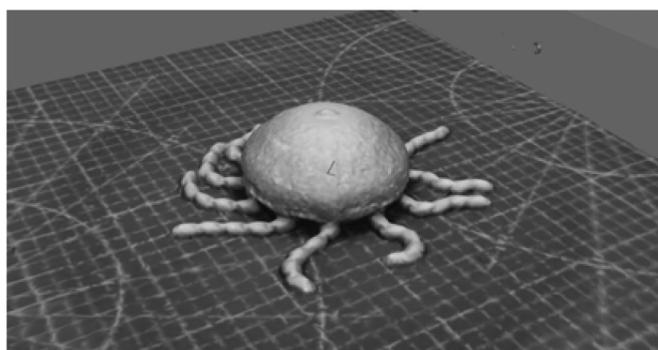


Рис. 8. Результат построения 3D модели из улучшенных фотографий объекта

ма смогла выделить большее количество точек (с 2342 до 38217), за счет чегократно улучшилось качество самой модели. Также увеличено количество полигонов в 2,5 раза до 158923, что позволяет более гибко проводить работы по постобработке модели.

Обсуждение

Результаты, полученные в ходе данного исследования, о внедрении методов ИИ в фотограмметрию показали способность повысить уровни качества и автоматизации при обработке большого объема данных, особенно на этапах сегментации, а также увеличить разрешение исходных изображений. Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы о теоретической и практической значимости примененных технологий в фотограмметрии и их соответствии в современных научных работах, посвященных 3D-реконструкции.

Метод сегментации, рассмотренный в статье, основанный на сверточной нейронной сети Mask R-CNN,

продемонстрировал высокую точность в определении и сегментации объектов на тестовом изображении. Полученный результат может способствовать минимизации ошибок и сокращению времени обработки, что делает возможным автоматизацию процессов в фотограмметрии и уменьшение затрачиваемого времени, за счет сокращения ручной работы. Существенным преимуществом данного подхода является возможность создания битовых масок, обрабатываемых изображений, обеспечивающих создание более точных 3D-моделей и улучшенную привязку ключевых точек. Рассмотренный метод вписывается в современные научные представления об автоматизированной фотограмметрии, расширяя традиционные подходы в интеграции нейронных сетей для идентификации и сегментации объектов на изображениях.

В ходе работы метод Super-Resolution показал значительный прирост в улучшении качества моделей, что подтверждается количественным результатом, таким как: повышение разрешения исходных изображений, приведшее к созданию более детализированной модели с увеличенным количеством полигонов. В контексте современной науки это соответствует применению сверточных нейронных сетей для восстановления недостающих данных в изображениях низкого качества. Использование технологии Super-Resolution в процессе создания 3D-моделей позволяет восполнить отсутствующие детали и повысить детализацию, что особенно важно для объектов со сложной структурой.

Теоретическая значимость полученных результатов заключается в расширении научных исследований в вопросах применения различных нейронных сетей в фотограмметрии, создавая основу для дальнейших работ в области автоматизации и упрощения 3D-реконструкции. Практическая значимость состоит в рассмотрении применимости ИИ алгоритмов обработки изображений для фотограмметрии, что может быть полезно в прикладных сферах, требующих создания точных 3D-моделей.

Исходя из полученных результатов, можно предложить несколько направлений для будущих исследований. Во-первых, более детальное изучение и подбор оптимальных архитектур сверточных нейронных сетей пригодных для сегментации изображений необходимых в создании 3D-реконструкции. Во-вторых, интеграция методов сегментации и Super-Resolution в единый автоматизированный комплекс обработки изображений может существенно упростить подготовку данных для фотограмметрии, а также привнести оптимизацию в эти процессы.

Таким образом, полученные результаты демонстрируют возможные перспективы использования методов ИИ в фотограмметрии, подтверждая их зна-

чимость как с теоретической, так и с практической точек зрения.

Заключение

Применение решений на основе нейросетей в фотограмметрии могут принести значительные преимущества. Использование подобных систем состоит в их способности автоматизировать сложные процессы анализа изображений и 3D-реконструкции, значительно сокращая время и трудозатраты. К примеру, проект CVAT, основанный на нейронной сети Convolutional Neural Networks (CNNs), отлично справляются с задачами сегментации, детекции объектов и создании битовых масок, позволяя более четко определять объекты, по которым будут создаваться 3D модели, а использование API позволяеткратно ускорить обработку большого набора данных

Также перспективна область улучшения качества исходных данных. Нейронные сети лежащие в основе технологии Super-Resolution, обученные на больших наборах данных, способны воссоздать утерянные детали на фотографиях, реконструировать границы, повысить четкость и разрешение в несколько раз. Это способствует созданию более детализированных и реалистичных 3D-моделей сокращая работы по постобработке.

Однако внедрение нейронных сетей в фотограмметрию связано с некоторыми проблемами. Одна из главных — это необходимость в больших объемах размеченных данных для обучения. Для достижения высокой точности нейронные сети требуют огромного количества изображений с точными аннотациями, что может быть дорого и трудоемко. Кроме того, обучение и настройка нейронных сетей требуют значительных вычислительных ресурсов, включая мощное оборудование и доступ к большим объемам памяти.

Ещё одной потенциальной проблемой является возможность ошибок при переносе модели на новые наборы данных. Нейронные сети могут показывать отличные результаты на обучающих данных, но снижать точность на новых изображениях, если условия съемки, освещение или структура объектов изменяются. Это особенно критично в фотограмметрии, где данные могут сильно различаться по качеству и характеристикам.

Таким образом, нейронные сети значительно повышают эффективность фотограмметрии, предлагая автоматизацию и улучшение качества 3D-реконструкции. Однако для их успешного использования требуется учесть проблемы, связанные с затратами на обучение, потребностью в мощных вычислительных ресурсах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Li Q., Yu W., Jiang S. Optimized Views Photogrammetry: Precision Analysis and A Large-scale Case Study in Qingdao // 2022.
2. Xu N. и др. Multi-tiling Neural Radiance Field (NeRF) — Geometric Assessment on Large-scale Aerial Datasets // 2023.
3. Stathopoulou E.K., Remondino F. Semantic photogrammetry — boosting image-based 3d reconstruction with semantic labeling // Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci. 2019. Т. XLII-2/W9. С. 685–690.
4. Ротова О.М., Пивоварова Н.В. Neural network denoising in polygon meshes // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2022. Т. 10. № 1(36). С. 13–14.
5. Bittner K., Körner M., Reinartz P. Late or Earlier Information Fusion from Depth and Spectral Data? Large-Scale Digital Surface Model Refinement by Hybrid-cGAN // 2019.
6. Годунов Анатолий Иванович, Баламян Сергей Товмасович, Егоров Павел Сергеевич, Сегментация изображений и распознавание объектов на основе технологии сверточных нейронных сетей // НикСС. 2021. №3 (35). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/segmentatsiya-izobrazheniy-i-raspoznvanie-obektov-na-osnove-tehnologii-svertochnyh-neyronnyh-setey> (дата обращения: 14.11.2024).
7. Сирота А.А., & Бережнов Н.И. (2022). Универсальный алгоритм улучшения изображений с использованием глубоких нейронных сетей. Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии, (2), 81–92. <https://doi.org/10.17308/sait/1995-5499/2022/2/81-92>
8. Erfani S.M.H. и др. ATLANTIS: A Benchmark for Semantic Segmentation of Waterbody Images // Environmental Modelling & Software. 2022. Т. 149. С. 105333.
9. CVAT. ai Corporation. Computer Vision Annotation Tool (CVAT) // 2024.
10. Ledig C. и др. Photo-Realistic Single Image Super-Resolution Using a Generative Adversarial Network // 2016.
11. Dong C. и др. Image Super-Resolution Using Deep Convolutional Networks // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 2016. Т. 38. № 2. С. 295–307.
12. Strokova A.V. Experiments with several Convolutional Neural Networks for Evaluating the Super-Resolution Technique // Proceedings of the 33rd International Conference on Computer Graphics and Vision.: Keldysh Institute of Applied Mathematics, 2023. С. 88–96.
13. Ledig C. и др. Photo-Realistic Single Image Super-Resolution Using a Generative Adversarial Network // 2016.
14. Увеличь это! Современное увеличение разрешения в 2023 [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/articles/716706/> (дата обращения: 14.11.2024).
15. Арзамазов Н. Обзор методов супер-разрешения изображений для начинающих [Электронный ресурс]. URL: <https://neurohive.io/ru/osnovy-data-science/obzor-metodov-super-razresheniya-izobrazhenij-dlya-nachinajushhih/> (дата обращения: 18.10.2024).
16. Punch N. Neural Style Transfer VGG19 [Электронный ресурс]. URL: <https://medium.com/software-dev-explore/neural-style-transfer-vgg19-dab643ec6160> (дата обращения: 23.10.2024).

© Тимаков Кирилл Александрович (Tim1997.10@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АЗИМУТАЛЬНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИОННАЯ СФЕРА И АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТА

AZIMUTHAL IDENTIFICATION SPHERE AND ALGORITHMIC OBJECT'S IDENTIFICATION

**A. Chochaev
T. Tolgurov
F. Uzenova**

Summary. The article is devoted to the issues of information representation in modern AI systems. However, as the authors of the work believe, the combination «Artificial Intelligence» is not correct and is only imitation of intelligence. Other features of the article follow from this basic conceptual position. The authors propose a special information «packaging» architecture — «Azimuthal Identification Sphere» (AIS), which, in their opinion, is devoid of a series of shortcomings inherent in traditional methods. It is assumed that the proposed structure will allow mutual integration of reflection's different levels' information — rational-conceptual, emotional, sensitive — into a single model of the recognizable object, creating its virtual likeness, close to the results of the human brain's natural reflection. According to the article's authors, the «Azimuthal Identification Sphere» eliminates the problem of incorrect translation when transmitting identical nominations of natural language messages and has no limitations in attributing objects of the external world.

Keywords: information, representation model, imitation of intelligence, information architecture, sensitive, emotional, interpretation, identification, frame, apperceptive model, associative connection, sphere, azimuth.

Чочаев Алим Хусеевич

Доктор экономических наук, профессор,
Государственный научный центр
«Почвенный институт им. В.В. Докучаева»
doctoragro@mail.ru

Толгуров Тахир Зейтунович

доктор филологических наук,
Кабардино-Балкарский научный центр РАН
kangaur64@yandex.ru

Узденова Фатима Таулановна

доктор филологических наук, Кабардино-Балкарский
государственный университет им. Х.М.Бербекова
uzdenova_kbigi@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена вопросам представления информации в современных системах ИИ. Впрочем, как считают авторы работы, сочетание «Искусственный интеллект» не является корректным и разговор может идти лишь об имитации интеллекта. Из этого базового концептуального положения вытекают и другие особенности статьи. Авторы предлагают особую архитектуру «упаковки» информации — «Азимутальную идентификационную сферу» (АИС), лишённую, по их мнению, целого ряда недостатков, свойственных традиционным методам представления таковой в системах ИИ. Предполагается, что предложенная структура позволит взаимно интегрировать сведения разных уровней отражения — рационально-понятийного, эмоционального, сенситивного, в единую модель опознаваемого объекта, создавая его виртуальное подобие, приближенное к результатам естественной рефлексии человеческого мозга. «Азимутальная идентификационная сфера», по мнению авторов статьи, снимает проблему некорректности перевода при трансляции идентичных номинаций естественно-языковых сообщений и не имеет ограничений ватрибутации объектов внешнего мира.

Ключевые слова: информация, модель представления, имитация интеллекта, информационная архитектура, сенситивный, интерпретация, идентификация, фрейм, ассоциативная связь, сфера, азимут.

В основе процессов принятия решения системами ИИ (= реакции на информацию) лежит, как известно, бинарная альтернатива, достаточно полно описанная, например, в модели Мак-Каллока-Питца [1]. И даже появление вероятностных решений в границах операций с кубитами, принципиально ситуацию в этом плане не изменило — ведя речь о квантовых технологиях, мы всего лишь перестаём учитывать дискретность элементарных базовых логических операций, но ни в коем случае не уходим от таковой [2].

Современные модели представления информации со всей очевидностью так или иначе сводятся к табличным (матричным) базам данных, то есть к дискретным информационным локациям [3]. В силу этого, а также суще-

ствования «селективного порога» учёта интерпретируемых воздействий, частично игнорируется информация, поступающая от внешнего мира напрямую. Во-вторых, и главное, могут не учитываться воздействия косвенные, образованные наложением данных, поступающих по разным каналам. Ситуации взаимодействия информационных потоков могут иметь разный статус — от «интуитивного» действия, например прицеливания верхового лучника на полном скаку, до принятия нерациональных решений типа перехода через скудные территории в неизвестность, в итоге обеспечивающих благоприятный итог ошибочной сурвивал-стратегии популяции. И то и другое является способностью интеллекта, и, как мы понимаем, во многом обеспечило современный статус человеческой цивилизации и наличие таковой в целом.

Положение тупиковое, заданное целеустановкой современного исследовательского процесса, или, по крайней мере, декларируемое базовой формулировкой последнего — «искусственный интеллект». «Искусственный интеллект» — иначе говоря, неизвестный объект, создаваемый с целью повторения объекта, природа и особенности функционирования которого нам, де-факто, неизвестны. По крайней мере это следует из многочисленных попыток дать удовлетворительное определение интеллекта. Так, в хрестоматийных формулировках Н. Бострома даже отсутствует типологически единообразное деление различных видов интеллекта. Нельзя отрицать того, что выражения типа «...понятие сверхразума. Это любой интеллект, значительно превосходящий когнитивные возможности человека фактически в любых областях» [4] научным в истинном смысле слова не является. Поэтому в нашем понимании говорить можно лишь о системах имитации интеллекта.

И это единственный существующий видимый выход из сложившегося положения — имитация, что, в принципе, является отдельной проблемой [5]. Но в рамках гипотетической системы имитации интеллекта необходимо сделать одно сущностное допущение, а именно — предположить, что неопределенность естественного интеллекта, возможность ошибки, возможность альтернативных линий рассуждения и логического умозаключения вытекает из перегруженной, учитывающей множество обстоятельств и факторов, конструкции первичного и промежуточных результатов мыслительного процесса. Отказываясь от недоступной человеческому пониманию онтологии целенаправленного действия, мы должны будем, в своих системах имитации интеллекта, учитывать в высшей степени многофакторный базис логического анализа. Коль скоро мы не можем воспроизвести онтологию интеллектуального действия, мы в состоянии более-менее подробно и детально учесть сумму воздействующих и учитываемых внешних факторов принятия решения.

Чем более детальным и скрупулезным будет подсчет всех слагаемых этой суммы факторов, тем ближе мы окажемся к имитации неопределенности мышления живого разума. Естественно, для полноценной имитации последнего необходима соответствующая архитектура представления информации. В нашем случае предлагается так называемая азимутальная идентификационная сфера (АИС).

Неполноценность абстрактных представлений систем имитации интеллекта была понятна с самого начала работы над проблемой компьютерного сознания. Собственно говоря, именно попытками обогатить рациональные способы номинативной и абстрактной кодировки информацией альтернативного характера и объясняется появление новых концептуальных подходов

к видению рефлексивной картины человеческих представлений и, закономерно, информационного отражения окружающего [6]. В данном секторе научного поиска можно выделить несколько типологически разных подходов, сводящихся, однако, в апперцептивном плане, к попыткам обогащения номинируемого и кодируемого понятия сенситивными и эмоциональными смыслами.

Они воплощены в непосредственной картине, наблюдаемой внешним свидетелем, картине, в которой сканируемый объект окружен некой средой, состоящий из вспомогательных объектов, связанных стабильным в координатах нашего повседневного опыта комплексом ассоциаций. Собственно говоря, в подобных информационных архитектурах интерпретируемый объект выступает в качестве расширенного паттерна, каждая смысловая деталь которого уточняется его взаимосвязью с соседствующим вспомогательным объектом. Это тот класс архитектур представления информации, который наиболее полным образом был сформулирован в теории фреймов [7].

Однако при ближайшем рассмотрении фреймы Марвина Минского оказываются информационными структурами, основанными на внешних ассоциативных связях представленных объектов; на традиции обыденного восприятия в некоем достаточно стабильном наборе соседствующих объектов [8], совокупность которых и является маркером смысла интерпретируемого понятия, обозначающего интересующий нас предмет. Путь вполне продуктивный и, несомненно, подлежащий формализации с точки зрения возможностей программирования, но насколько он исчерпывающий? Элементарный анализ актов восприятия и трактовки, свойственных человеческому разуму, показывает неполноту этого подхода. Например:

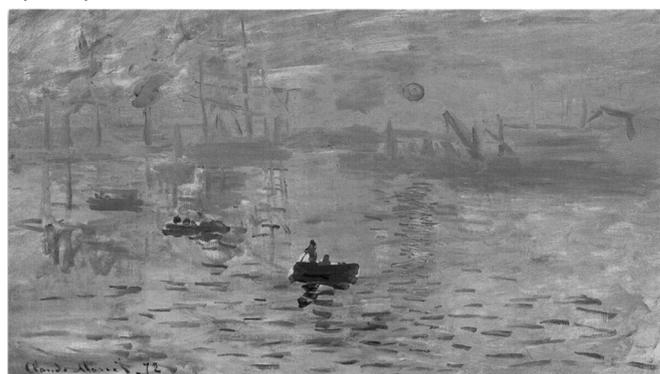


Рис. 1

Клод Моне. «Впечатление. Восходящее солнце» — образец французского импрессионизма. Многие объекты, изображённые на картине, лишь угадываются. Можно утверждать, что идентификация большинства предметов на полотне проходит в координатах фреймового восприятия, что вполне убедительно подтверждает

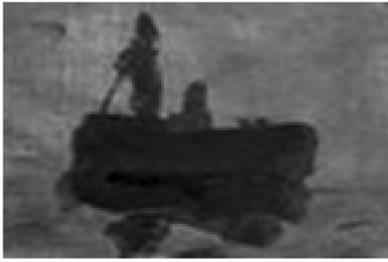


Рис. 2

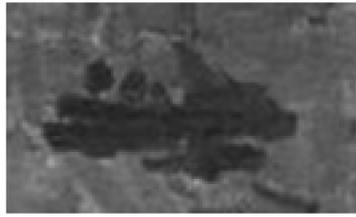


Рис. 3

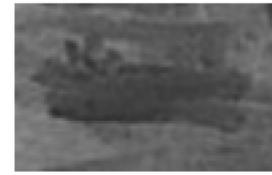


Рис. 4

функциональность апперцептивной модели, созданной М. Минским.

И все же рассмотрим три фрагмента картины. Ближний к зрителю силуэт лодки с двумя человеческими фигурами (Рис. 2)

Даже невооружённым глазом видно, что второй (Рис. 3) и третий (Рис. 4) фрагменты поддаются идентификации только в границах фрейма. И, казалось бы, окружающий антураж вполне однозначно позволяет атрибутировать предмет. Однако понятно, что второй и третий фрагменты, несмотря на соответствующее окружение, чётко определены быть не могут. Фактически, на всем пространстве полотна возможно выделить всего два объекта, атрибуция которых однозначна и бесспорна — это солнце и ближайшая к зрителю лодка. При этом основным маркером смысла всей картины, рассматриваемой нами как фрейм, является лодка — панорама порта слишком расплывчата и неопределённа. Первая лодка, таким образом, не только имеет четкую семантику, но и представляется тем ориентиром, который позволяет дешифровать содержание всего наблюдаемого.

Очевидно, первый рассматриваемый фрагмент картины имеет собственное содержание, не связанное с окружающим; он обладает смыслом, локализованным вне фрейма и никак с последним не связанным. Насколько подобные наблюдения можно увязать с содержанием текстуальных описаний — это отдельный вопрос, но невозможно оспорить тот факт, что формирование представления в мозгу человека базируется не только на модели представления фрейма, но и на собственной информации объекта — в том числе, в его вербальной кодировке [9]. Просто-напросто, в образцах изобразительного искусства процесс созидания мысленного образа выступает в своей самой очевидной форме.

Примеров, подтверждающих эту мысль, множество, особенно в современных направлениях изобразительного искусства, но, в принципе, в этой сфере начало фрагментарного опознания было положено достаточно давно, на закате Ренессанса. В этом можно убедиться, просто ознакомившись с частью полотна Тициана «Кающаяся Мария Магдалина»:



Рис. 5

Всего лишь несколько пастозных мазков на тёмном фоне — далёких от передачи реального объёма хрустального или стеклянного сосуда — тем не менее дают зрителю полноценное ощущение и весь комплекс впечатлений от такового. «...Наши воспоминания хранятся в виде последовательности образов...». И далее (по образам): «...мы можем распознать рисунок, даже если воспринимаем... лишь его часть и даже если он в некоторой степени изменён. Наша способность к распознаванию образов, по-видимому, опирается на инвариантные фрагменты рисунка — характеристики, которые не изменяются в условиях реальных вариаций» [10] Данный тезис Курцвейла сочетается с его предположениями о структурированном характере упаковки информации: «...Если вы смотрите на настоящее яблоко, модули низшего уровня находят округлые формы и образы цвета кожицы... в результате чего происходит возбуждение соответствующего аксона... помним об избыточности модулей — мы имеем не по одному распознающему модулю для каждого вида яблок... Скорее всего, происходит возбуждение сотен таких модулей, если не больше. Избыточность не только повышает вероятность успешного распознавания всех форм яблока, но и помогает распознавать варианты настоящих яблок. Существуют распознающие модули для узнавания самых разных видов яблок — всех сортов, цветов и форм» [11].



Рис. 6

Итак, существует идентификация объекта по внешним ассоциативным связям, во-первых, во-вторых — идентификация объекта по присущим ему неотъемлемым признакам, независимым от окружения. И, как утверждает Курцвейл, возможна атрибуция опознаваемого по той совокупности признаков, которую он назвал модулем. Понятно, что модуль — не механический фрагмент объекта (не обязательно таковым является). Это системно значимая часть, дающая нам возможности адресации сознания к тем элементам и компонентам обозреваемого, которые находятся с ним в функциональной связи, образуя некое единство разнотипных параметров, позволяющих опознать объект.

Центральная часть известной картины Винсента Ван Гога «Пейзаж в Овере после дождя» (Рис. 6) как нельзя лучше выявляет составляющую идентификационной информации, используемой человеческим мозгом и могущей быть использованной системами имитации интеллекта.

В целом этот фрагмент представляет собой фрейм. Схематически изображенная повозка достаточно уверенно адресует наше сознание к образу лошади. В соседстве с небрежно прорисованными, но узнаваемыми колесами и кузовом брички, мы, также, уверенно опознаем лошадь. Но стоит разделить фрагмент по центральной вертикальной линии, отсечь повозку от животного, и ситуация кардинально меняется. Что мы имеем в исполнении Ван Гога? Это неясный абрис, при ближайшем рассмотрении лишенный одной ноги, головы и в основной части, состоящий из пяти коричневых мазков, сквозь которые просвечивает поле и посадки за дорогой. Тем не менее лошадь вполне узнаваема; можно определенно сказать Винсента Ван Гога «Пейзаж в Овере после дождя» — перед нами «модуль» в понимании Курцвейла.

Существует ли целокупная архитектура представления информации, которая сочетала бы в себе три

иерархических канала презентации данных (понятийно-абстрактную, эмоциональную, чувствительную), и учитывающая ассоциативный ореол опознаваемого объекта? Какими качествами должна обладать подобная структура? Ответ очевиден. Это может быть конструкция, позволяющая соединить в единое целое данные различных уровней — отражение, как минимум, рационально-понятийного, эмоционального, чувствительного — во-первых. Во-вторых, рассматриваемая архитектура должна обладать достаточным потенциалом вариативности описания и быть способна описать любой объект, оставаясь в границах своей конструкции — в свою очередь, пригодной к формализации в машинной среде.

В-третьих, подобная архитектура должна обладать большим запасом емкости по отношению к информации совершенно различного плана и допускать фиксацию количественных характеристик информационных потоков в процессе интеграции их в единое целое, обозначаемое понятием (словом, рациональной номинацией). Кроме всего прочего, подобная структура представления и упаковки информации должна обладать достаточной степенью потенциала интеграции в ассоциативные поля для создания эффекта аккумуляции релевантной информации на актуальный момент.

Итак, азимутальная идентификационная сфера (АИС):

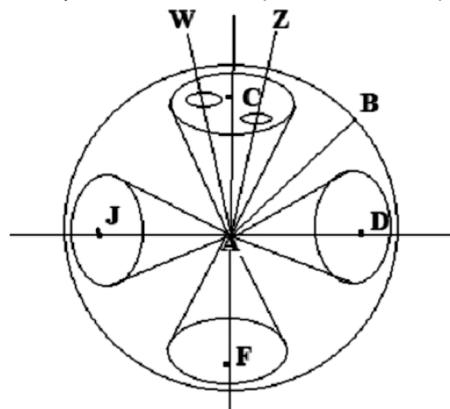


Рис. 7

Собственно говоря, АИС не является сферой в привычном смысле слова. Это конвенциональная, умозрительная архитектура, состоящая из центра (А) — номинации того или иного объекта, реализованной на рационально-понятийном уровне, т.е., кодировка, изначально не имеющая реального физического смысла. Поверхность условной АВ сферы разделена на Нлокаций, соответствующих тем или определенным группам типологически сходных параметров. В рассматриваемом (упрощенном) случае мы рассматриваем четыре основных параметра: форма (реальная, т.е. — имеющая линейный размер и объем), цвет, звук, запах. И речь не идет об опознавании объектов, имеющих различные названия, — вопрос вчерне рассмотрен в другой работе [12].

Четыре телесных угла «С», «D», «F» и «J», заданных соответствующими азимутами «АС», «AD», «AF» и «AJ», пересекая поверхность гипотетической сферы, образуют на ней зоны описываемых параметров. В каждой из таких зон находятся более узкие зоны уточнения свойства объекта; например, если мы принимаем зону «С» за сектор окраски идентифицируемого объекта, то азимуты «AZ» и «AW» могут задавать локации конкретных цветов. Ресурс детализации признака в АИС намного больше, но об этом — чуть ниже.

Нас интересует проблема атрибуции объектов с совпадающими понятийными номинациями, достаточно значимая в процессах машинного перевода и известная как проблема «жирного льва». Не уходя от наиболее известного примера некорректности трансляции, рассмотрим возможные варианты. Их всего пять: Лев Толстой, африканский лев, морской лев, светский лев, муравьиный лев. Идентификация по исключению тех или иных типологически групп параметров невозможна — все объекты имеют и форму, и цвет, и звук, и запах.

Однако указанные признаки каждого из объектов играют неодинаковые по значимости роли в самом процессе идентификации. Лев Толстой в норме опознаётся, в основном, по сектору формы — фигура, рост, лицо, специфические признаки (борода, к слову). Пусть это будет сектор «D». Понятно, что на сегодняшний день на планете нет людей, помнящих живого Толстого, все представляют его по портретам, но, с другой стороны, имея в виду компьютерную имитацию интеллекта, мы должны будем полагать, что машина не будет выстраивать двухмерный образ писателя по его плоскостным изображениям.

Следующим по значимости являются колористические характеристики объекта «Лев Толстой» — благодаря многочисленным портретам и фотографиям прозаика, пусть даже в чёрно-белом варианте. Сектор «С» нашей азимутально-идентификационной сферы.

За ним следует звуковое наполнение номинатива — «J», и последним в описании находится запах — «F». Результат — идентификационный алгоритм в пределах предложенной сферы — «DCJF».

Следующий номинатив — «африканский лев»: форма, звук, цвет, запах — «DJCF». «Морской лев»: «DJFC» — прежде всего, потому что форма, звук и запах этого животного очевидны. Цвет же не определён, как ввиду его переменчивости при взгляде сквозь толщу воды, так и ввиду изменчивости в зависимости от условий наблюдения; даже в бассейнах мех одного и того же морского льва может быть разным — сухим и мокрым, как минимум.

«Светский лев»: форма с учётом стиля одежды, запах (парфюм), цвет, звук. Конечно, если воспринимать «свет-

ского льва» в границах соответствующего фрейма («бал», например), параметр «звук» поменяет своё место, но в изолированном рассмотрении порядок именно таков — «DFCJ».

И последнее — «муравьиный лев». Цвет, запах, звук, форма (или форма/звук) — напомним, что в обыденном восприятии это личинка насекомого семейства *Murmeleontidae*, практически не производящая звуков, находящихся в диапазоне человеческого восприятия, пахнущее муравьями и слишком маленькое, чтобы с высоты человеческого роста быть опознанным по форме. Как итог — «CFJD» и получение совершенно разных алгоритмов идентификации, никак не зависящих от понятийной номинации объекта, но учитывающее его реальные физические качества.

Идентификация одинаковых номинативов затруднена при применении статистических методов и может привести к двусмысленным и неоднозначным итогам акта опознания. Идентификация по алгоритму восприятия объекта подобных опасностей лишена, более того — под первичным алгоритмом опознания, учитывающим высший (классификационный) ряд параметров описания, располагаются более дробные и низкие уровни имманентных свойств объекта. К слову: зона цветности на поверхности АИС разбивается на сектора конкретных цветов, последние дробятся на оттенки, также получающие дополнительные признаки, имеющие, помимо колористических характеристик, собственную яркость/интенсивность и так далее — наглядная иллюстрация функциональности «модулей» Курцвейла. Подобное ветвление качеств применяется и ко всем остальным параметральным зонам АИС опознаваемого объекта.

Это тот же самый — по форме и сути — процесс различения/опознания объектов с несовпадающими названиями, исключительно по свойствам, присущим идентифицируемому, применённый на первичном классификационном уровне к объектам, упоминаемым в тексте «Евгения Онегина» [12]. Однако речь, естественно, не идёт о листинге типологических параметров. Развитие процесса опознания подразумевает составление порядка опознания по типам параметров, затем — составление порядка опознания в пределах типологических зон, после этого возможно составление алгоритма фиксации ещё более дробных и мелких качеств объекта и так — до бесконечности.

Радиальная структуризация АИС предлагает бесконечные возможности описания/опознания объектов в их диахроническом рассмотрении. В то же время уровневая (от ядра-номинатива) структура данной архитектуры позволяет точно фиксировать состояние описываемого объекта в синхронии, одномоментно и, в ряде случаев — в непосредственном сопоставлении с человеческими ощущениями от него.

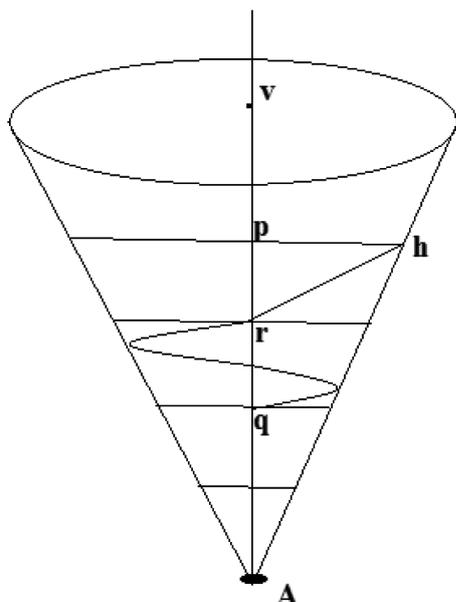


Рис. 8

Если центральный азимут телесного угла разбивается на определённый фиксированный, либо изменяющийся регулярно шаг (Рис. 8), то в развёртке конуса (Av) рассматриваемого телесного угла мы получим ряд прямоугольных треугольников и проекцию, близкую к прямоугольному треугольнику, где малые треугольники (prh) образуются как стационарные производные, находящиеся в прямой линейной зависимости от длины (v шагах)

азимута Av , а гипотенуза qr — в нелинейной зависимости от номера шага, задающего длину отрезка азимута Av в данной точке. Мы, таким образом, имеем возможность рассматривать все величины конуса (Av) как производные от длины азимута в шагах — при известном телесном угле, разумеется.

Иначе говоря, АИС можно, во-первых, представить как информационную архитектуру, допускающую неограниченное количество идентификационных комбинаций по группам сходных типологических параметров, а во-вторых — как конструкцию с их взаимной интеграцией и корреляцией. Так, если образующий азимут будет означать удаление от наблюдаемого и опознаваемого объекта, функцией от этого расстояния может быть интенсивность и насыщенность цвета, угловые размеры, форма, запах, издаваемый звук и так далее.

Несомненно, что при атрибуции даже простейших объектов будет необходимо выстраивать достаточно сложные архитектуры АИС, но, по всей видимости, это возможный и вполне продуктивный путь приближения к достоверной имитации интеллекта. Тем более что даже без предварительных подсчётов понятно, что при представлении/опознании объектов в границах разных баз данных для каких-то из таковых АИС будут эргономически (с точки зрения экономии и эффективности использования ресурсов компьютера) более выгодны, нежели традиционные матричные формы представления и хранения информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хайкин С. Нейронные сети. 2-е изд. М.: Вильямс. 2006. С. 45.
2. Толгуров Т.З., Бозиев А.Т., Край К.Ф. К проблеме имитации апперцептивных процессов системами искусственного интеллекта // Известия КБНЦ РАН. 2022. № 5. С. 81–93.
3. Дрейфус Х. Чего не могут вычислительные машины. Критика искусственного разума. М.: Прогресс, 1978. С. 116.
4. См.: Бостром Н. Искусственный интеллект. Этапы. Угрозы. Стратегии. СПб.: Манн, Иванов и Фербер, 2016. С. 50.
5. Эндрю А. Искусственный интеллект. М.: Мир, 1985. С. 225.
6. Дискуссии об искусственном интеллекте. Сборник выступлений учёных / сост. А.В. Шилейко // Дискуссия по докладу д-ра Дж. Р. Пирса. М.: Знание, 1970. С. 20.
7. См.: Минский М. Фреймы для представления знаний. М.: Энергия, 1979. С. 7–8.
8. Минский М. Фреймы для представления знаний. М.: Энергия, 1979. С. 37.
9. Арнаудов М.П. Психология литературного творчества. София: Наука и искусство. С. 596.
10. Курцвейл Р. Эволюция разума или бесконечные возможности человеческого мозга, основанные на распознавании образов. М.: Эксмо. 2012. С. 26–27.
11. Курцвейл Р. Эволюция разума или бесконечные возможности человеческого мозга, основанные на распознавании образов. М.: Эксмо. 2012. С. 43–44.
12. Чочаев А.Х., Толгуров Т.З. Азимутальная идентификационная сфера // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. 2024. № 10. Т. 2. С. 116–120.

© Чочаев Алим Хусеевич (doctoragro@mail.ru); Толгуров Тахир Зейтунович (kangaur64@yandex.ru); Узденова Фатима Таулановна (uzdenova_kbigi@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ БЛОКЧЕЙН В ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

USING BLOCKCHAIN-BASED NEURAL NETWORKS IN INFORMATION SECURITY

S. Shipulin

Summary. This article examines the integration of neural networks and blockchain technologies in the context of information security. Statistics show a growing number of cyberattacks, making the need for data protection more significant than ever. Neural networks play a key role in analyzing large volumes of information and identifying anomalies, while blockchain ensures reliable and transparent data storage, enhancing trust levels.

The article presents successful case studies of the use of these technologies, including examples of blockchain transaction analysis, the creation of decentralized markets, and authentication systems. Lessons learned from these examples are discussed, along with future research prospects in the field of cybersecurity, such as resilience to attacks, model interpretability, and adaptive threat detection systems.

Potential challenges to implementation, legal and ethical aspects, and future development opportunities are also addressed. The article emphasizes that the combination of neural networks and blockchain technologies is a promising area of research capable of shaping a more secure digital world and improving data protection.

Keywords: neural networks, blockchain, information security, cyberattacks, anomalies, data analysis, decentralized systems, authentication, its ethics, development prospects.

Шипулин Святослав Станиславович

Аспирант, Отдел аспирантуры и докторантуры, (ГУАП)
«Санкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения»
prof.s.social@gmail.com

Аннотация. Данная статья посвящена обзору нейронных сетей и блокчейн-технологий в контексте информационной безопасности. Число киберугроз растет с каждым годом, как и объемы данных, которые нуждаются в защите. Нейронные сети играют ключевую роль в анализе больших объемов информации, в то время как блокчейн обеспечивает надежное и прозрачное хранение данных.

В статье представлены успешные примеры использования этих технологий, включая случаи анализа блокчейн-транзакций, создание децентрализованных рынков и системы аутентификации. Формулируются выводы на основе этих примеров, и выделяются перспективы для будущих исследований в области кибербезопасности, такие как устойчивость к атакам, интерпретируемость моделей и адаптивные системы обнаружения угроз.

Также затрагиваются потенциальные трудности на пути внедрения, правовые и этические аспекты и возможности для будущего развития. Статья подчеркивает, что комбинация нейронных сетей и блокчейн-технологий является перспективной областью исследований, способной сформировать более безопасный цифровой мир и улучшить уровень защиты данных.

Ключевые слова: нейронные сети, блокчейн, информационная безопасность, кибератаки, аномалии, анализ данных, децентрализованные системы, аутентификация, этика в ИТ, перспективы развития.

Введение

В связи с цифровизацией все большего числа процессов, информационная безопасность становится одним из приоритетов для частных организаций, отдельных людей и даже стран. По мере роста объемов данных и киберугроз, традиционные методы информационной безопасности уже не справляются. В связи с вышеупомянутым, существует потребность в разработке более совершенных методов защиты.

Технологии поколения интернета Web3[4], например, блокчейн и нейросети, благодаря децентрализации и машинному обучению, открывают новые горизонты в сфере информационной безопасности. Нейронные сети, благодаря машинному обучению способны обнаруживать новые, ранее не задокументированные угрозы, и обрабатывать огромные массивы данных. Блокчейн, в свою очередь, благодаря своей децентрализованной системе, позволяет минимизировать риски от локальных уязвимостей.

Целью данной статьи является анализ и обзор использования технологий нейросетей, на основе блокчейн, в контексте информационной безопасности. Мы рассмотрим, как сочетание этих двух технологий может повысить защиту информационных систем и эффективность обнаружения киберугроз, а также обсудим возможные трудности, с которыми могут столкнуться специалисты информационной безопасности. В заключение статья предложит перспективы будущих исследований и разработки на стыке нейронных сетей и блокчейн.

Обзор технологий

Обзор нейросетей

Нейронная сеть представляет собой математическую модель, а также её программную или аппаратную реализацию, основанную на принципах работы биологических нейронных сетей — систем нервных клеток живых организмов [1]. Они состоят из взаимосвязанных «нейронов», сгруппированных в слои. Каждый нейрон полу-

чает входные данные, обрабатывает их и передает сигнал следующему уровню сети. Этот процесс позволяет нейросетям выявлять сложные закономерности и принимать решения на основе полученной информации.

Нейросети разделяют по типам: полносвязные, сверточные и рекуррентные [8]. Полносвязные сети хорошо подходят для задач классификации, тогда как сверточные применяются в работе с изображениями, а рекуррентные наиболее результативны в анализе последовательностей данных, например, текстовых массивах.

Введение в блокчейн

Блокчейн представляет собой децентрализованную технологию хранения и передачи данных, основанную на принципе распределенного реестра [7]. Каждая транзакция записывается в блок, который затем добавляется к цепочке блоков, что делает данные неизменяемыми и защищенными от фальсификаций. Блокчейн обеспечивает прозрачность, безопасность и невозможность несанкционированного изменения записей [9].

Основные компоненты технологии блокчейн включают сетевые узлы, которые обрабатывают и хранят данные, а также механизмы консенсуса, которые обеспечивают единство данных среди всех участников сети. Наиболее известными примерами блокчейн-технологий являются биткойн и эфир, однако их применение распространяется далеко за пределы криптовалют, включая финансовые услуги, управления цепочками поставок и, что особенно актуально, информационную безопасность.

Связь между технологиями блокчейн и нейросетей

Сочетание нейронных сетей и блокчейн-технологий открывает новые возможности для повышения уровня безопасности информационных систем. Нейросети способны обрабатывать большие массивы информации, хранящихся в блокчейне, и выявлять новые, ранее неизвестные угрозы. Одновременно, блокчейн может служить надежным хранилищем для основы нейросетей, гарантируя их целостность и доступность.

Нейросети в сфере информационной безопасности

Обнаружение угроз

Нейросети способны обрабатывать большие массивы информации за короткие временные промежутки, что делает их ценным инструментом в сфере информационной безопасности. Используя алгоритмы машинного обучения, эти сети могут выявлять паттерны, характерные для атак, такие как DDoS-атаки, фишинг

или вирусные инфекции. Применяя обученные модели на исторических данных о киберугрозах, нейросети могут идентифицировать новые и неизвестные атаки с высокой степенью точности.

Успешные примеры технологий на основе нейросетей

В современных реалиях, в сфере информационной безопасности, разработано большое количество успешных решений, использующих нейросети. Одним из ярких примеров можно считать системы обнаружения вторжений (IDS), которые могут анализировать сетевой трафик, основывая свои принципы работы на эксплуатации сверточных нейросетей.

Другим примером является использование рекуррентных нейронных сетей (RNN) для анализа логов систем, где модель обучается выявлять аномалии, указывающие на возможные атаки или внутренние угрозы. Такие подходы помогают не только повышать уровень защиты, но и ускорить время принятия санкций на инциденты.

Трудности при использовании нейросетей

Учитывая все преимущества нейросетей, существует и ряд проблем.

Во-первых, модели требуют больших объемов обучающих данных, которые не всегда доступны и могут включать в себя чувствительную информацию. Во-вторых, нейронные сети подвержены проблеме «черного ящика», когда сложно интерпретировать, как они принимают решения. Это может затруднять анализ и проверку моделей на предмет их надежности. Наконец, атаки на саму модель, такие как атаки с использованием подмены данных, могут приводить к сбоям в работе систем безопасности.

Таким образом, идентификация угроз с помощью нейросетей, предоставляет многообещающие результаты, но вместе с этим требует тщательного подхода к обучению и тестированию моделей, а также разработки методов их защиты.

Интеграция блокчейн-технологий

Как блокчейн может улучшить безопасность нейросетей

Интеграция блокчейна с нейросетями открывает новые горизонты в области информационной безопасности благодаря повышению надежности и прозрачности обработки данных. Один из ключевых аспектов блокчейна — его децентрализованная архитектура. Это позволяет повышать уровень защитной информации

от несанкционированных манипуляций. Каталоги данных, используемых нейросетями для обучения, могут храниться в блокчейне, что гарантирует их целостность и защищенность от изменений [4].

Кроме того, благодаря прозрачности блокчейна можно отслеживать процесс обучения нейросетей и формирование их модели. Это облегчает проверку и аудирование, что крайне необходимо в условиях регуляторных требований и стандартов безопасности.

Примеры реализации проектов с использованием комбинации технологий

Существуют уже множество проектов, которые успешно комбинируют нейронные сети и блокчейн. Например, в системах управления идентификацией и доступа можно использовать блокчейн для устойчивого хранения идентификационных данных пользователей, когда нейросетям можно поручить обнаружение аномалий в поведении пользователей для раннего выявления возможных уязвимостей.

Другой пример — системы обнаружения угроз, где блокчейн применяется в аутентификации и подтверждения источников данных, поступающих для обработки в нейросети. Это помогает избежать манипуляций с переменными и гарантирует высокую степень доверия к результатам анализа.

Плюсы и минусы применения блокчейн для нейронных сетей

Преимущества применения блокчейн-технологий в нейросетях очевидны: значительное повышение уровня безопасности, прозрачность и возможность децентрализации данных. Однако существуют и определенные недостатки. Например, блокчейн может быть медленнее по сравнению с традиционными централизованными базами данных, что может негативно сказаться на темпах обучения нейросетей. Кроме того, сложность интеграции различных технологий и высокий уровень энергопотребления блокчейн-сетей могут послужить значительными препятствиями для их широкого использования.

Положительные примеры

Обзор удачных решений

В последние годы наблюдается рост интереса к интеграции нейросетей и блокчейн-технологий в различных отраслях. Рассмотрим несколько успешных кейсов, где такие решения были реализованы для повышения уровня информационной безопасности.

- Кейс 1: Анализ блокчейн-транзакций с помощью технологий нейросетей

Платформы Chainalysis [11] или Elliptic [12] в области финансовых технологий применяли нейросети для выявления мошеннических транзакций на базе данных блокчейна. Модель, прошедшая обучение на реальных примерах о транзакциях, способна выявлять аномалии, указывающие на потенциальные мошеннические схемы с высокой точностью. Это позволяет значительно снизить уровень фродовых операций, обеспечив безопасность как для своих клиентов, так и для платформы.

- Кейс 2: Децентрализованный рынок продажи и эксплуатации нейросетевых моделей

— OpenSea [13]: Крупнейшая платформа для торговли не взаимозаменяемыми токенами (NFT) определяет цены на NFT, с помощью применения нейросетевых алгоритмов. Эти алгоритмы анализируют данные с рынка и помогают пользователям оценить стоимость токенов, учитывая спрос и предложения.

— Augur [14]: это децентрализованная платформа для прогнозирования, которая использует блокчейн для подтверждения итогов ставок. Нейросети могут применяться для анализа тенденций и предсказания результатов событий, делая платформу более эффективной и полезной для пользователей.

— Origin Protocol [15]: Платформа, которая позволяет пользователям создавать децентрализованные приложения для торговли. Нейросети анализируют пользовательские данные и предпочтения, помогая находить наиболее подходящие предложения или партнеров для сделок.

Эти примеры показывают, как технологии нейронных сетей и блокчейна могут работать вместе для создания более прозрачных и эффективных рынков.

- Кейс 3: Системы аутентификации и управления доступом

Еще один интересный пример связан с применением нейросетей и блокчейна в системах аутентификации. Команда разработчиков создала решение, которое использует блокчейн для хранения учетных данных пользователей, а нейронные сети анализируют поведение пользователей для выявления подозрительных действий. Это позволяет не только повысить защищенность, но и улучшить пользовательский опыт, минимизируя количество ложных срабатываний.

— Civic [16]: Эта платформа предоставляет решения для управления идентификацией на основе блок-

чейна. Civic использует биометрическую аутентификацию, позволяя пользователям подтверждать свою личность с помощью отпечатков пальцев или распознавания лиц. Нейронные сети применяются для улучшения точности распознавания, а блокчейн обеспечивает безопасное хранение и управление данными пользователя.

- Selfkey [17]: Платформа Selfkey позволяет пользователям управлять своей идентификацией и личными данными, используя технологии блокчейн и биометрическую аутентификацию. Нейросети применяются в анализе и последующей обработке биометрических данных, что повышает уровень безопасности и упрощает процесс верификации идентичности.
- Zug: Город Zug в Швейцарии, известный как «Криптодолина», экспериментирует с системами цифровой идентификации, которые включают биометрические технологии. Как уже упоминалось ранее, биометрическая аутентификация с применением нейросетевых технологий повышает уровень безопасности, а данные, в свою очередь, безопасно хранятся и управляются через блокчейн.

Выводы, извлеченные из кейсов

Эти примеры демонстрируют, как интеграция нейронных сетей и блокчейн-технологий может значительно повысить уровень информационной безопасности в различных сферах. Основные выводы, полученные из анализа этих кейсов, включают необходимость в комплексном подходе к разработке решений, сочетая технологии для достижения максимальной эффективности, а также важность обеспечения прозрачности и надежности данных для повышения доверия пользователей.

Перспективы исследований и будущие направления

Области будущих исследований

С учетом стремительного развития технологий, интеграция нейронных сетей и блокчейн-технологий открывает множество возможностей для дальнейших исследований. Ниже перечислены некоторые ключевые направления, которые могут быть интересными для исследователей и профессионалов в области кибербезопасности.

1. Устойчивость к атакам

Одним из важных направлений является изучение методов повышения устойчивости нейронных сетей к атакам, таким как атаки на подсчет градиентов или управление данными. Исследования могут сосредоточиться на разработке алгоритмов, которые способствуют улуч-

шению защитных механизмов нейронных сетей и блокчейна, определяя уязвимости и методы их минимизации.

2. Улучшение интерпретируемости моделей

Как упоминалось ранее, нейронные сети часто рассматриваются как «черные ящики». Исследования в области объяснимого ИИ могут помочь разработать методы, которые позволят понять, каким образом модели принимают решения, а также обеспечивать максимальную прозрачность в процессе анализа данных. Это особенно важно в контексте блокчейн-технологий, где доверие и прозрачность являются основополагающими.

3. Адаптивные системы обнаружения угроз

Адаптивные системы, применяемые в нейросетях, в комбинации с блокчейном, способны к постоянному обучению и адаптации к новейшим уязвимостям. Исследования в этой области могут помочь выявить эффективные методики для разработки систем, которые автоматически обновляют свои модели на основе новых данных об атаках в реальном времени.

4. Интеграция с IoT и мобильными устройствами

С учетом растущего числа устройств интернета вещей (IoT) и мобильных приложений исследование взаимодействия нейросетей и блокчейн-технологий с целью повышения уровня защищенности этих устройств станет важной областью исследований. Здесь имеются огромные возможности для разработки устойчивых архитектур, которые могут минимизировать риски и повысить уровень безопасности.

Перспективы внедрения технологий

Со временем, когда технологии будут становиться все более интегрированными, можно ожидать появления новых стандартов и протоколов, обеспечивающих взаимодействие между нейронными сетями и блокчейном. Это может привести к созданию готовых решений, проверенных временем и зарекомендовавших себя безопасных систем, которые могут быть легко внедрены в различные сферы бизнеса.

Заключение

В заключение, интеграция нейронных сетей и блокчейн-технологий предлагает многообещающие возможности для улучшения информационной безопасности. Эти технологии можно комбинировать для создания более защищенных и эффективных систем, способных противостоять киберугрозам. Будущее исследований в этой области выглядит ярким, и в нем есть большое количество возможностей для внедрения инновационных решений, которые помогут защищать данные и системы от разнообразных атак.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нейронные сети : [арх. 25 октября 2022] / Галушкин А.И. // Большая российская энциклопедия : [в 35 т.] / гл. ред. Ю.С. Осипов. — М.: Большая российская энциклопедия, 2004–2017.
2. Ричард Саттон, Эндрю Барто — Обучение с подкреплением, 2017 г.
3. Александр Табернакулов, Ян Койфманн — Блокчейн на практике, 2019 г.
4. “Как связаны блокчейн и искусственный интеллект — две главные технологии Web3?” (Электронный ресурс. URL: <https://rb.ru/story/ai-blockchain-bond/>) (дата обращения: 07.12.2023)
5. И. Белоусов, Владимир Попов, Э. Крон, А. Пискунов, С. Симановский — WEB 3.0. Часть I. Настоящее вчерашнего завтра, 2020 г.
6. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. — Глубокое обучение, 2017 г.
7. Sherman Alan T., Javani Farid, Zhang Haibin, Golaszewski Enis (January 2019). «On the Origins and Variations of Blockchain Technologies». IEEE Security Privacy. 17 (1): 72–77. arXiv:1810.06130. doi:10.1109/MSEC.2019.2893730. ISSN 1558-4046.
8. Как работают нейросети простое объяснение в картинках URL: <https://digitalocean.ru/n/shkola-mysli> электронный ресурс. (Дата обращения: 12.01.2024)
9. Nida Khan. FAST: A MapReduce Consensus for High Performance Blockchains // Proceedings of the 1st Workshop on Blockchain-enabled Networked Sensor Systems. — New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2018-11-04. — С. 1–6. — ISBN 978-1-4503-6050-0.
10. Michał Pawlak, Jakub Guziur, Aneta Ponsiszewska-Marańda. Voting Process with Blockchain Technology: Auditable Blockchain Voting System (англ.) // Advances in Intelligent Networking and Collaborative Systems. — Cham: Springer International Publishing, 2018-08-26. — P. 233–244.
11. Как финансовые учреждения могут уверенно предлагать крипто валютные продукты. Электронный ресурс, URL: <https://www.chainalysis.com/> (Дата обращения: 19.06.2024)
12. Точно знайте, что происходит в любом блокчейне. Электронный ресурс, URL: <https://www.elliptic.co/> (Дата обращения: 19.06.2024)
13. Площадка NFT Электронный ресурс, URL: <https://opensea.io/> (Дата обращения: 17.08.2024)
14. «Augur Bets on Blockchain-Powered Prediction Markets». CoinDesk (англ.). 2015-03-01. Архивировано 8 сентября 2018. (Дата обращения: 9 сентября 2018)
15. Origin Protocol (OGN) Электронный ресурс, URL: <https://www.binance.com/en/research/projects/origin> (Дата обращения: 19.06.2024)
16. Seamless user management Электронный ресурс, URL: <https://www.civic.com/> (Дата обращения: 12.07.2024)
17. Self-Key, Singularity DAO and Cogito Finance Announce Strategic Merger to Form Singularity Finance (SFI) Электронный ресурс, URL: <https://selfkey.org/> (Дата обращения: 15.06.2024)

© Шипулин Святослав Станиславович (prof.social@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СВЯЗЬ АПОЛИПОПРОТЕИНА(А) С РАЗВИТИЕМ КОРОНАРНОГО АТЕРОСКЛЕРОЗА

Абделвахед Ахмед Али

Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет имени Н.И. Лобачевского
AhmedAli0112546@gmail.com

THE ASSOCIATION OF APOLIPOPROTEIN(A) WITH THE DEVELOPMENT OF CORONARY ATHEROSCLEROSIS

Abdelwahed Ahmed Aly

Summary. Lipoprotein a which is symbolised by Lp(a), Lipoprotein Structure looks like the structure of low-density lipoprotein (LDL), LDL is made up of cholesterol, cholesteryl ester (CE) molecules, along with small amounts of triglycerides (TG) and fat, and a specific protein called apolipoprotein A, Lipoprotein(a) plays an important role in the progression of coronary artery disease. Coronary artery disease is one of the leading causes of morbidity and mortality worldwide, characterised by narrowing or blockage of the coronary arteries due to atherosclerosis. Atherosclerosis is a complex process characterised by the accumulation of low-density lipids, inflammatory cells, and fibrous elements in the arterial walls, resulting in plaques that can restrict and block blood flow pathways which is causing ischemic heart disease and heart failure. As numerous case-control studies dating back to the 1970s identified elevated Lp(a) (>30 mg/dl; >75 nmol/L) in coronary heart disease (CHD) patients, the contribution of Lp(a) to cardiovascular disease (CVD) risk remained unclear until many decades later. In three landmark studies published in 2009, Lp(a) was shown to be an independent and casual risk factor for atherosclerotic cardiovascular disease (ASCVD) [1,2]. Lipoprotein(a) levels vary greatly among individuals and among ethnicities. Levels vary from less than 0.1 mg/dL and up to more than 300 mg/dL in Europeans, and the distribution has a long tail towards high levels. In Africans, plasma lipoprotein(a) levels are as much as threefold higher than in Europeans and Asians, and even up to four times higher than in Chinese [3].

Keywords: atherosclerotic disease, lipoprotein (a), lipid metabolism, calcific aortic valvular disease, cardiovascular disease.

Липопротеин(а) (Lp(a)) впервые был обнаружен в 1963 году как антигенный вариант липопротеина низкой плотности (LDL) и обнаруживался в плазме крови примерно одной трети населения Северной Европы [4].

Состав и распределение липопротеина(а)

Липопротеин(а) представляет собой сложную частицу, состоящую из липопротеина низкой плотности (LDL), подобного частице с «хвостом» аполипопротеина(а), связанным с ней дисульфидной связью. Часть аполипопротеина(а) состоит из так называемых крин-

Аннотация. Липопротеин(а), который обозначается символом Lp(a), имеет структуру, схожую со структурой липопротеина низкой плотности (LDL). LDL состоит из молекул холестерина, холестерилового эфира, небольшого количества триглицеридов и специфического белка под названием аполипопротеин А. Липопротеин(а) играет важную роль в прогрессировании ишемической болезни сердца. Ишемическая болезнь сердца — одна из основных причин заболеваемости и смертности во всем мире, характеризующаяся сужением или закупоркой коронарных артерий вследствие атеросклероза. Атеросклероз — это сложный процесс, который проявляется накоплением липидов низкой плотности, воспалительных клеток и фиброзных элементов в стенках артерий. В результате образуются бляшки, которые могут ограничивать и блокировать пути кровотока, что приводит к ишемической болезни сердца и сердечной недостаточности. В ходе многочисленных исследований методом случай-контроль, проведенных еще в 1970-х годах, было выявлено повышенное содержание Lp(a) (>30 мг/дл; >75 нмоль/л) у пациентов с ишемической болезнью сердца. Однако вклад Lp(a) в риск сердечно-сосудистых заболеваний оставался неясным на протяжении многих десятилетий. В трех знаковых исследованиях, опубликованных в 2009 году, было показано, что Lp(a) является независимым и случайным фактором риска развития атеросклеротических сердечно-сосудистых заболеваний [1,2]. Уровень липопротеина(а) значительно варьирует у разных людей и этнических групп. У европейцев он колеблется от менее 0,1 мг/дл до более 300 мг/дл, причем распределение имеет длинный хвост в сторону высоких уровней. У африканцев уровень липопротеина(а) в плазме крови в три раза выше, чем у европейцев и азиатов, и даже в четыре раза выше, чем у китайцев [3].

Ключевые слова: атеросклеротическая болезнь, липопротеин(а), липидный обмен, кальцифицированная аорто-вазкулярная болезнь, сердечно-сосудистые заболевания.

глов (название обусловлено сходством с датской выпечкой) и включает крингл IV (KIV) и крингл V. KIV, в свою очередь, подразделяется на типы 1-10. Тип KIV 2 (KIV-2) существует в различном количестве экземпляров — от 2 до более чем 40, определяется геном LP(a) и напоминает плазминоген. Количество повторов KIV-2 в липопротеине(а) обратно пропорционально коррелирует с уровнем липопротеина(а) в плазме крови [5] (см. рисунок 1).

Факторы, влияющие на уровень липопротеина(а)

Липопротеин(а) производится в печени, и считается, что частота его производства является основным факто-

Lipoprotein(a) Structure

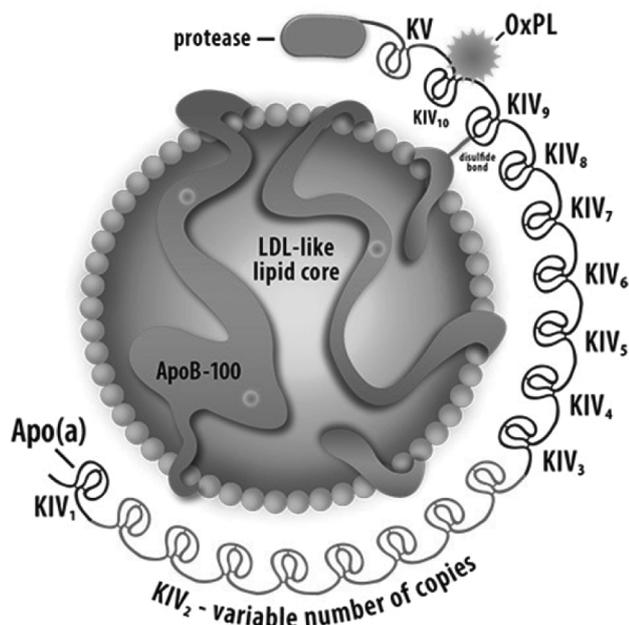


Рис. 1. Lipoprotein(a) Structure

Источник: Составлено автором на основании [http://smart.servier.com]

ром, определяющим уровень липопротеина(a) в плазме крови. У людей с хроническими заболеваниями печени, такими как цирроз, гепатит С и гепатоцеллюлярная карцинома, уровень липопротеина(a) заметно ниже, чем у здоровых [6,7]. Факторы образа жизни, такие как питание, потребление алкоголя и физическая активность, могут влиять на уровень липопротеинов. Хотя изменение образа жизни может не оказывать существенного влияния на уровень Lp(a), важно контролировать другие факторы сердечно-сосудистого риска, такие как гипертония, диабет и курение. Современные методы лечения, направленные на снижение Lp(a), ограничены, однако новые подходы, такие как антисмысловые олигонуклеотиды, обещают снизить уровень Lp(a) и, таким образом, уменьшить риск развития ишемической болезни сердца.

Физиологические факторы, такие как дисфункция почек, являются одним из немногих ненаследственных факторов, влияющих на уровень липопротеина(a) в плазме крови. При нефротическом синдроме происходит потеря липопротеина(a) с мочой из-за избыточного его синтеза, и этот показатель может значительно варьировать на протяжении жизни. Возраст также является фактором, способствующим повышению уровня липопротеина(a), причем этот риск увеличивается у мужчин, в то время как у женщин в постменопаузе он снижается. Наследственные факторы также влияют на уровень липопротеинов в крови, поэтому люди с семейной историей высокого уровня LDL(a) более предрасположены к ишемической болезни сердца. Наследственные вариации,

влияющие на уровень LDL(a), могут способствовать предрасположенности человека к этому заболеванию.

Роль Lp(a) в сердечно-сосудистых заболеваниях

В 1980-х годах открытие полиморфизма размера аполипопротеина(a) и его связи с уровнем липопротеина(a) в плазме стало первым доказательством, связывающим генетически высокий уровень липопротеина(a) с риском развития атеросклероза [8,9]. Кроме того, в популяционном исследовании с использованием менделевской рандомизации было обнаружено, что генетически высокие уровни липопротеина(a) ассоциируются с повышенным риском инфаркта миокарда. В этом исследовании, основанном на анализе инструментальных переменных, удвоение уровня липопротеина(a) привело к коэффициенту опасности инфаркта миокарда 1,22 (95 % ДИ: 1,09–1,37) по KIV-2, rs10455872 и rs3798220 вместе взятым, в то время как соответствующий коэффициент опасности в обсервационном анализе составил 1,08 (1,03–1,12) [10].

Клинические последствия высокого уровня Lp(a) в контексте сердечно-сосудистых заболеваний признаны значительными, так как Lp(a) является независимым фактором риска. Повышенный уровень Lp(a) ассоциируется с более высокой частотой развития ишемической болезни сердца, и люди с высоким уровнем Lp(a) подвержены большему риску атеросклероза, что может привести к закупорке коронарных артерий.

Некоторые исследования показали, что повышенный уровень Lp(a) может независимо предсказывать риск инфаркта миокарда даже у людей с нормальным уровнем холестерина LDL. Например, исследование, проведенное в Великобритании с участием почти 300 000 человек, показало, что как уровень липопротеина(a) в плазме крови, так и генетический показатель риска липопротеина(a) связаны с риском атеросклеротического сердечно-сосудистого заболевания. При этом выяснили, что генетические факторы, способствующие повышению уровня липопротеина(a), не дают дополнительной информации о риске по сравнению с показателями липопротеина(a) в плазме [10].

Менделевские рандомизационные исследования не подтвердили причинную роль повышенного уровня Lp(a) в развитии венозной тромбоэмболии [2]. Хотя ряд исследований предоставил доказательства того, что Lp(a) играет определенную роль в активации и агрегации тромбоцитов, особенно в ответ на определенные агонисты, его связь с неатеросклеротическими тромбоцитическими нарушениями, такими как венозная тромбоэмболия, менее выражена, что позволяет предположить наличие различных патофизиологических механизмов, лежащих в основе этих состояний. Таким образом, не-

смотря на свою роль в развитии атеросклероза и артериальных тромбозов, Lp(a) не является фактором риска для некоторых неатеросклеротических тромботических заболеваний, таких как венозная тромбоэмболия, тромбоз глубоких вен и тромбоз легочной артерии [11].

Кроме того, генетическое исследование, проведенное в Биобанке Великобритании, объединило четыре варианта Lp(a) в генетическую шкалу риска и показало, что на одно стандартное отклонение более низкого уровня липопротеина(a) приходится 0,71 (0,69–0,73) шансовое отношение для риска ишемической болезни сердца. Это исследование также продемонстрировало соответствующее снижение риска заболеваний периферических сосудов, инсульта, сердечной недостаточности и аортального стеноза [12].

Повышение уровня липопротеина(a) коррелировало с увеличением риска стеноза аортального клапана. Изначально стеноз аортального клапана рассматривался как дегенеративное заболевание, однако в последнее время было установлено, что на его развитие влияют генетические факторы, липиды и воспаление, которые, вероятно, инициируются повреждением в результате гемодинамического стресса и прогрессируют при наличии таких факторов риска, как гиперлипидемия, гипертония, курение и диабет [13].

Существуют также исследования, показывающие связь между риском развития диабета и риском сердечно-сосудистых заболеваний, инициированных повышением уровня липидов низкой плотности. В менделевском рандомизированном исследовании Copenhagen General Population Study результаты наблюдений показали шансовое отношение для риска возникновения диабета 2 типа равное 1,26 (1,09–1,45) для первого квинтиля липопротеина(a) по сравнению с пятым [14]. Кроме

того, риск развития диабета 2 типа был связан с высоким числом повторов KIV-2 [ассоциированным с низким уровнем липопротеина(a) в плазме], и шансовое отношение составило 1,16 (1,05–1,28) для пятого квинтиля по сравнению с первым квинтилем KIV-2. Однако носители rs10455872 не были связаны с более низким риском развития диабета [14].

Заключение

Понимание взаимосвязи между липопротеином(a) и ишемической болезнью сердца имеет большое значение, поскольку высокий уровень липопротеина(a) способствует развитию и прогрессированию атеросклероза. Липопротеин(a) низкой плотности представляет собой независимый фактор риска ишемической болезни сердца благодаря таким механизмам, как содействие образованию бляшек, усиление воспаления и ингибирование фибринолиза.

Признавая липопротеин(a) как фактор сердечно-сосудистого риска, раннее выявление которого может помочь предотвратить развитие сердечно-сосудистых заболеваний, необходимо также проводить лечение других модифицируемых факторов риска. К ним относятся снижение уровня холестерина липопротеинов низкой плотности, контроль артериального давления, отказ от курения и ведение здорового образа жизни. В настоящее время следует сосредоточить усилия на снижении риска сердечно-сосудистых заболеваний у людей с высоким уровнем липопротеина(a).

С учетом развития исследований повышение осведомленности и целенаправленные методы лечения Lp(a) могут улучшить профилактику и лечение сердечно-сосудистых заболеваний, что в конечном итоге приведет к улучшению состояния пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Clarke R., Peden J.F., Hopewell J.C., Kyriakou T., Goel A., Heath S.C. и др. Генетические варианты, связанные с уровнем липопротеина(a) и коронарной болезнью / R. Clarke, J.F. Peden, J.C. Hopewell и др. // *N. Engl. J. Med.* — 2009. — Т. 361.
2. Kamstrup P.R., Tybjaerg-Hansen A., Steffensen R., Nordestgaard B.G. Генетически повышенный уровень липопротеина(a) и увеличенный риск инфаркта миокарда / P.R. Kamstrup, A. Tybjaerg-Hansen, R. Steffensen, B.G. Nordestgaard // *JAMA.* — 2009. — Т. 301, № 22. — С. 2331–2339.
3. Pare G., Caku A., McQueen M., Anand S.S., Enas E., Clarke R. и др. Уровни липопротеина(a) и риск инфаркта миокарда среди 7 этнических групп / G. Pare, A. Caku, M. McQueen и др. // *Circulation.* — 2019. — Т. 139, № 12. — С. 1472–1482.
4. Berg K. Новый серотипический вариант у человека — система Lp / K. Berg // *Acta Pathol. Microbiol. Scand.* — 1963. — Т. 59. — С. 369–382.
5. Kraft H.G., Sandholzer C., Menzel H.J., Utermann G. Аллели аполипопротеина (a) определяют плотность и концентрацию частиц липопротеина (a) в плазме / H.G. Kraft, C. Sandholzer, H.J. Menzel, G. Utermann // *Arterioscler Thromb.* — 1992. — Т. 12, № 3. — С. 302–306.
6. Motta M., Giugno I., Ruello P., Pistone G., Di Fazio I., Malaguarnera M. Поведение липопротеина (a) у пациентов с гепатоцеллюлярной карциномой / M. Motta, I. Giugno, P. Ruello и др. // *Minerva Med.* — 2001. — Т. 92, № 5. — С. 301–305.
7. Jiang J., Zhang X., Wu C., Qin X., Luo G., Deng H. и др. Повышенные уровни апоМ в плазме у пациентов с гепатоцеллюлярной карциномой и другими хроническими заболеваниями печени / J. Jiang, X. Zhang, C. Wu и др. // *Lipids Health Dis.* — 2008. — Т. 7. — С. 25.
8. Boerwinkle E., Menzel H.J., Kraft H.G., Utermann G. Генетика количественного признака липопротеина(a). III. Вклад фенотипов гликопротеина ЛП(a) в нормальную вариацию липидов / E. Boerwinkle, H.J. Menzel, H.G. Kraft, G. Utermann // *Hum Genet.* — 1989. — Т. 82, № 1. — С. 73–78.
9. Utermann G. Загадки липопротеина(a) / G. Utermann // *Science.* — 1989. — Т. 246, № 4932. — С. 904–910.

10. Trinder M., Uddin M.M., Finneran P., Aragam K. G., Natarajan P. Клиническая полезность липопротеина(а) и генетического риска LPA в прогнозировании возникновения атеросклеротических сердечно-сосудистых заболеваний / M. Trinder, M.M. Uddin, P. Finneran и др. // JAMA Cardiol. — 2020.
11. Boffa M.B. За пределами фибринолиза: сбивающая с толку роль ЛП(а) в тромбообразовании / M. Boffa // Atherosclerosis. — 2022. — Т. 349. — С. 72–81.
12. Emdin C.A., Khera A.V., Natarajan P., Klarin D., Won H.H., Peloso G.M. и др. Фенотипическая характеристика генетически сниженных уровней липопротеина(а) у человека / C.A. Emdin, A.V. Khera, P. Natarajan и др. // J Am Coll Cardiol. — 2016. — Т. 68, № 25. — С. 2761–2772.
13. Otto C.M., Prendergast B. Стеноз аортального клапана — от пациентов с риском до тяжелой обструкции клапана / C.M. Otto, B. Prendergast // N Engl J Med. — 2014. — Т. 371, № 8. — С. 744–756.
14. Kamstrup P.R., Nordestgaard B.G. Концентрации липопротеина(а), размер изоформ и риск диабета 2 типа: исследование менделевской рандомизации / P.R. Kamstrup, B.G. Nordestgaard // Lancet Diab Endocrinol. — 2013. — Т. 1, № 3. — С. 220–227.

© Абделвахед Ахмед Али (AhmedAli0112546@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

БЕСПЛОДИЕ, АССОЦИИРОВАННОЕ С ЭНДОМЕТРИОЗОМ: ЭТИОПАТОГЕНЕЗ И ПОДХОДЫ К ЛЕЧЕНИЮ

INFERTILITY ASSOCIATED WITH ENDOMETRIOSIS: ETIOPATHOGENESIS AND TREATMENT APPROACHES

**S. Ahmedova
T. Hashaeva
N. Omarov
N. Stefanyan
Z. Abakarova**

Summary. The article reviews etiopathogenetic mechanisms of infertility associated with endometriosis, including the role of immune disorders, genetic factors, and hormonal imbalance in the development of the disease. Modern methods of diagnosis and treatment are analyzed, involving surgical intervention and drug therapy. The prospects of application of assisted reproductive technologies (ART) in overcoming infertility in women with endometriosis are evaluated. The advantages and limitations of existing treatments are discussed. Finally, conclusions about the most effective strategies for the management of patients with endometriosis-associated infertility are presented.

Keywords: endometriosis, endometrioma, infertility, assisted reproductive technologies, treatment strategies.

Ахмедова Саида Рафиковна
кандидат медицинских наук, доцент, «Дагестанский
государственный медицинский университет»
saida.ahmedova2017@yandex.ru

Хашаева Тамара Хаджимуратовна
Доктор медицинских наук, профессор,
заслуженный врач РФ, лауреат государственной
премии РФ, «Дагестанский государственный
медицинский университет»
tamara40@mail.ru

Омаров Наби Султан-Муратович
доктор медицинских наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный
медицинский университет»
sitoru@gmail.com

Стефанян Натэлла Амлетовна
кандидат медицинских наук, доцент, «Дагестанский
государственный медицинский университет»
nstefanyan@inbox.ru

Абакарова Заграт Магомедовна
Врач акушер-гинеколог,
Заместитель главного врача КЭР роддом дом №2
zagratroddom2@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются этиопатогенетические механизмы бесплодия, ассоциированного с эндометриозом, включая роль иммунных нарушений, генетических факторов, гормонального дисбаланса в развитии заболевания. Анализируются современные методы диагностики и лечения, с привлечением хирургического вмешательства и медикаментозной терапии. Оцениваются перспективы применения вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ) в преодолении бесплодия у женщин с эндометриозом. Обсуждаются преимущества и ограничения существующих методов лечения. В заключение представлены выводы о наиболее эффективных стратегиях ведения пациенток с эндометриозом-ассоциированным бесплодием.

Ключевые слова: эндометриоз, эндометриома, бесплодие, вспомогательные репродуктивные технологии, стратегии лечения.

Введение

Эндометриоз — это доброкачественное гинекологическое состояние, являющееся одной из ведущих причин хронического тазового болевого синдрома и нарушений репродуктивной функции у женщин. Присутствие внематочной ткани, состоящей из элементов стромы и желез, идентичных эндометрию, служит диагностическим критерием эндометриоза [23]. Некоторые факторы, связанные с ранним онтогенезом, в частности, низкая масса тела при рождении, отягощенный анамнез, демонстрируют корреляцию с развитием эндометриоза

[3]. Эпидемиологические исследования показывают распространенность эндометриоза среди женщин фертильного возраста в пределах от 0,5 % до 10 %, с частотой бесплодия примерно в трети случаев [36]. Значительный полиморфизм клинических проявлений эндометриоза существенно осложняет его диагностику. Дисменорея, хронические тазовые боли, не связанные с менструальным циклом, диспареуния и репродуктивные расстройства входят в число наиболее часто встречающихся симптомов, которые серьезно ухудшают качество жизни пациенток [16].

Диагностические критерии бесплодия, ассоциированного с эндометриозом

Диагностика эндометриоза требует комплексного подхода, включая клиническую оценку и методы визуализации, как неинвазивные (УЗИ), так и инвазивные (хирургические методы для прямой визуализации). УЗИ, МРТ, КТ, доплерометрия малого таза важны в диагностике, позволяют точно локализовать очаги заболевания и оценить его степень распространения. УЗИ широко применяется как в качестве скринингового теста, так и для предоперационной оценки. Симптоматика эндометриоза, включающая дисменорею, межменструальные боли, диспареунию, непосредственно связана с анатомическими изменениями эндометрия. Физикальное обследование способно выявить патологии, включая гиперплазию эндометрия, аномалии полости таза в области влагалища, ректовагинального и Дугласова пространства, ректосигмоидном соединении, на задней стенке мочевого пузыря [25].

Исследования лабораторных маркеров продолжают в поисках эффективных диагностических инструментов, однако до сих пор ни один из обнаруженных маркеров не продемонстрировал необходимые показатели чувствительности и специфичности для скрининга эндометриоза [42]. Среди изучаемых биомаркеров выделяются воспалительные цитокины [33], факторы роста [35], молекулы, связанные с ангиогенезом [43], стероиды и гормоны [37] и др. Особенно исследуется СА-125 [2, 22] — антиген, ассоциированный с раком яичников, который иногда встречается в повышенных концентрациях у пациенток с поздними формами эндометриоза; данный маркер показывает неплохую специфичность, но низкую чувствительность.

Диагностика опирается на лапароскопию с последующей гистопатологической оценкой образцов, хоть метод и не обеспечивает абсолютной специфичности. Гистологическое исследование, выявляемое при эндометриозе цитогенную строму, не может исключить возможность наличия эндометриоза в случаях, когда результат является отрицательным, во многом из-за того, что для микроскопической картины эндометриоза характерен полиморфизм, зависящий от очага поражения [6]. Чувствительность гистологической оценки к эндометриозу составляет всего 20–50 % [24].

Этиопатогенез бесплодия, ассоциированного с эндометриозом

Остаётся неясным, какие именно механизмы обуславливают бесплодие у пациенток с эндометриозом, несмотря на обилие существующих патогенетических гипотез [12, 13]. Согласно актуальным представлениям об этиопатогенезе эндометриоза, определенную роль

играют сочетанное действие избыточной местной эстрогенной активности, резистентности к прогестерону, персистирующего воспаления и неоваскуляризации. Эта совокупность факторов недостаточна для купирования патологического процесса на ранних этапах заболевания, что объясняет инвазивный рост эндометриоидной ткани в окружающие органы и ткани, сопровождающийся их повреждением и прогрессирующим распространением заболевания в ткани [15].

Во многом, бесплодие на фоне эндометриоза развивается вследствие воспалительного процесса. Эндометриоз вызывает хроническое воспаление в области таза, из-за чего функции яичников и маточных труб нарушаются. Воспалительные медиаторы, включая цитокины и хемокины, нарушают нормальную работу репродуктивной системы, приводят к изменению микросреды в полости таза и снижению качества яйцеклеток [40]. Воспаление также вызывает изменения в морфологии яичников, включая фиброз и атрезию фолликулов, что также снижает фертильность. Хроническое воспаление, связанное с эндометриозом, приводит к токсическому микроокружению, которое истощает овариальный резерв и является существенным фактором бесплодия [29].

Анализ причин бесплодия при эндометриозе выявляет потенциальную связь с аномалиями мейотического аппарата, проявляющимися в повышенной анеуплоидии гамет. Нарушения ядерной и цитоплазматической организации ооцитов, в частности, фрагментация цитоплазмы и неравномерное распределение цитоплазматического содержимого, характерны для эндометриоза. Поскольку полноценное ядерное и цитоплазматическое созревание критически важно для успешного оплодотворения, выявленные дефекты могут обуславливать морфологические и генетические аномалии гамет. Результирующее снижение качества ооцитов ассоциируется со снижением вероятности оплодотворения и имплантации [32]. Установлена корреляция между выраженностью повреждения ДНК ооцитов и частотой анеуплоидии, а также между продолжительностью контакта ооцитов с изменённой перитонеальной жидкостью и тяжестью повреждений [21].

Эндометриоз коррелирует со сниженным овариальным резервом и ограниченной доступностью жизнеспособных ооцитов из-за нарушения фолликулогенеза [39]. Гормональная дисрегуляция, связанная с подавленной чувствительностью к прогестерону, усугубляет проблему. Эндометриоз ассоциируется с нарушениями морфологии и подвижности эмбрионов, что влияет на их имплантационный потенциал [26]. Перитонеальная жидкость при эндометриозе содержит повышенные уровни воспалительных цитокинов и реактивных форм кислорода. Эти факторы вызывают окислительный стресс, нарушают функции клеток и генетическую регуляцию, что

влияет на жизнеспособность ооцитов и развитие эмбрионов [19].

Эндометриоз является причиной анатомических изменений в репродуктивных органах. Образование эндометриоидных кист и спаек, начинающееся уже с третьего дня воспалительного процесса, приводит к механическим препятствиям для прохождения яйцеклетки по маточным трубам, затрудняет имплантацию эмбриона в матку. Эти анатомические изменения особенно выражены в случаях глубокого инфильтративного эндометриоза, когда поражение затрагивает не только яичники и маточные трубы, но и соседние органы. Инфильтративный эндометриоз вызывает бесплодие путем нарушения функции фаллопиевых труб и перитонеальной среды [14].

Эндометриоз чувствителен к эстрогенам, которые стимулируют рост эндометриоидной ткани. Изменения в гормональном фоне нарушают овуляцию и менструальный цикл, что усложняет зачатие. У женщин с эндометриозом часто наблюдаются нарушения в уровне прогестерона, что влияет на способность к зачатию и поддержанию беременности. Рецепторная экспрессия эстрогена и прогестерона в эндометрии является маркером его рецептивности. Эти рецепторы участвуют в модуляции сигнальных каскадов, координируя модификации матки, необходимые для успешной имплантации [17]. В условиях хронического эндометрита, спровоцированного констелляцией факторов, включая хронический эндометрит и эндометриоз, протекающего при персистирующей микробиоте и выраженном аутоиммунном компоненте, возникает препятствие для оптимального функционирования эндометрия; затрудняется адекватная подготовка репродуктивного тракта к имплантации и беременности [11, 12].

Не исключается влияние и генетических факторов — наследственная предрасположенность может влиять на иммунный ответ организма, что будет выражаться в повышении риска развития воспалительных процессов в области таза. Наследственная предрасположенность к эндометриозу подтверждается высокой конкордантностью заболевания у монозиготных близнецов и повышенной заболеваемостью среди ближайших родственниц [27]. Анализ генетических полиморфизмов выявляет ассоциации с риском развития эндометриоза [4]. В этиопатогенезе заболевания участвуют гены, отвечающие за кодирование ферментов метаболизма ксенобиотиков, генов рецепторов эстрогенов и генов, регулирующих иммунный ответ [1]. Генетические факторы могут определять как склонность к имплантации эндометриальной ткани вне полости матки, так и снижение эффективности иммунологического контроля над ectopическими эндометриальными очагами [7]. Данные указывают на вероятную многофакторную природу эндо-

метриоза, где изменения в функциональных кластерах генов приводят к нарушениям клеточной регуляции [10].

При эндометриозе эндометрий демонстрирует специфические особенности. Молекулярно-генетическая дисрегуляция, наряду с аномальным рецепторным профилем, изменяет рецептивность эндометрия и способствует нарушению имплантации [31]. Наблюдается снижение молекул, необходимых для успешной имплантации на этапе «окна имплантации» — LIF, HOXA-10, гликоделин А, интегрины [11]. Эти молекулы играют важные роли в процессе децидуализации, обеспечении иммуносупрессии и адгезии эмбриона. Локальные гормональные факторы и их взаимодействие со стероидными рецепторами оказывают воздействие на рецептивность эндометрия, при этом их дисрегуляция типична для эндометриоза [5].

Подходы к лечению бесплодия, ассоциированного с эндометриозом

Оптимальная терапевтическая стратегия при рецидивирующем эндометриозе и связанном с ним бесплодием, включая целесообразность комбинированных методов лечения и вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ), остаётся предметом дискуссий. Отсутствие чётких клинических рекомендаций обусловлено многообразием подходов к лечению: ВРТ, хирургическое вмешательство, медикаментозная терапия с последующим наблюдением, а также комбинированный подход, сочетающий хирургию и ВРТ. Выбор лечебной тактики должен основываться на индивидуальных характеристиках пациентки, учитывая её возраст, репродуктивный потенциал, продолжительность бесплодия, стадию заболевания, анамнез хирургических вмешательств и эффективность методов сохранения фертильности. При низком овариальном резерве у женщин старшего репродуктивного возраста с бесплодием, длящимся более двух лет, ВРТ является предпочтительным методом лечения [18].

Для минимизации эндометриоз-ассоциированного болевого синдрома в клинической практике применяются различные фармакологические стратегии. Препараты первой линии — гестагены и гормональные контрацептивы, агонисты либо антагонисты гонадотропин-рилизинг-гормона (ГнРГ). Ввиду высокой частоты нежелательных явлений применение даназола у пациенток с эндометриозом ограничено. В случаях резистентности к гормональной терапии целесообразно назначение ингибиторов ароматазы, в качестве монотерапии или в комплексе с пероральными контрацептивами, гестагенами, агонистами или антагонистами ГнРГ [20].

Комплексная терапия эндометриоза включает как фармакологическое, так и хирургическое вмешатель-

ства. Хирургическое вмешательство может быть выполнено с помощью лапароскопии, лапаротомии или роботизированной хирургии. При хирургическом лечении генитального эндометриоза приоритетным считается лапароскопический подход, с точки зрения более короткого периода восстановления и более низкой стоимости операции [8]. Он позволяет установить тяжесть поражения тканей и выполнить иссечение эндометриоидных очагов. Лапароскопическая хирургия позволяет удалить эндометриоидные кисты и спайки, что увеличивает шансы на зачатие. Перед терапией необходимо проведение сопоставительного анализа эффективности и рисков каждого варианта с учетом индивидуальных характеристик пациентки. Такой подход поможет минимизировать неблагоприятные исходы и оптимизировать результаты лечения [38]. Применение медикаментозной терапии в качестве предшествующего или сопутствующего подхода к хирургическому вмешательству в лечении бесплодия не показывает клинически значимого эффекта.

Выбор хирургической методики при лапароскопии остается дискуссионным, поскольку отсутствуют убедительные данные, подтверждающие превосходство иссечения над абляцией. Хотя иссечение обеспечивает гистологическую верификацию диагноза, минимизируя риск ложноположительных результатов, абляция отличается меньшей технической сложностью и большей оперативной скоростью. Однако, абляция может быть неэффективна при обширных поражениях (глубоком инфильтрирующем эндометриозе), оставляя остаточные очаги заболевания [28].

Однако, оперативное вмешательство при эндометриозе сопряжено с риском ятрогенных повреждений яичников, что обуславливает необходимость поиска щадящих хирургических техник. Иссечение эндометриом методом *stripping* иногда сопровождается травматизацией интактной ткани яичника. Резекция эндометриомы, включающая удаление прилегающих участков стромы яичника, может приводить к фолликулярной недостаточности. Сравнительный анализ хирургически удаленных эндометриотических кист с другими типами кист яичников (дермоидными, серозными и муцинозными) выявил существенно более высокую частоту повреждения яичниковой ткани при удалении эндометриом (54 % против 6 %) [34]. Морфологическая структура стенки эндометриомы, представляющая собой псевдокапсулу, объясняет высокую вероятность непреднамеренного

удаления здоровых участков яичника в процессе лапароскопической операции [30].

Наряду с хирургическим лечением эндометриозных поражений, существует медикаментозное вспомогательное репродуктивное лечение, включая внутриматочную инсеминацию (ВМИ) и вспомогательные репродуктивные технологии (ВРТ). Экстракорпоральное оплодотворение (ЭКО) становится все более распространенным выбором для женщин с эндометриозом. Если у пациентки имеются эндометриоидные кисты, может быть рекомендовано их удаление хирургическим путем перед проведением ЭКО. У пациенток с эндометриоз-ассоциированным бесплодием и эндометриоидными кистами яичников II стадии отсрочка вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ) и предварительная хирургическая коррекция нецелесообразны из-за потенциального негативного воздействия на овариальный резерв и, как следствие, снижения вероятности успеха ВРТ. Однако, при наличии показаний к хирургическому лечению (эндометриомы ≥ 6 см, выраженный болевой синдром, подозрение на малигнизацию и др.), рекомендуется проведение процедуры получения и криоконсервации ооцитов до оперативного вмешательства [9]. Согласно исследованиям, женщины с эндометриозом имеют несколько пониженные шансы на успешную беременность после ЭКО [41]. Однако, при правильном подходе к лечению и учете индивидуальных особенностей, вероятность успешного зачатия может быть выше. Даже при наличии эндометриоза, многие женщины могут успешно забеременеть после одного или нескольких циклов ЭКО.

Заключение

Оптимальная стратегия ведения бесплодия в связи с эндометриозом определяется индивидуально и зависит от степени тяжести заболевания, возраста пациентки и наличия сопутствующих патологий. В ряде случаев непосредственное начало программ ВРТ без предварительного хирургического вмешательства может быть так же эффективно, как и комбинация хирургии и ВРТ, особенно при начальных стадиях эндометриоза. В случаях обширного эндометриоза, выраженном болевом синдроме или подозрении на злокачественное новообразование, необходимо хирургическое вмешательство, причем криоконсервация ооцитов до операции может минимизировать негативные последствия оперативного вмешательства на репродуктивную функцию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаркова Т.А. и др. Полиморфизм генов цитокинов при бесплодии, ассоциированном с эндометриозом //Фундаментальные исследования. — 2012. — №. 8–2. — С. 265–270.
2. Аппазова Л.С. Взаимосвязь уровней PDL-1 и CA-125 в сыворотке крови у пациентов с генитальным эндометриозом //Тезисы XVI Общероссийского семинара «Репродуктивный потенциал России: версии и контраверсии» и IX Общероссийской конференции «FLORES VITAE. Контраверсии неонатальной медицины и педиатрии». — 2022. — С. 5–6.

3. Белоусов О.Г., Чайка В.К. Факторы риска развития глубокого интерстициального эндометриоза //Тезисы XV Общероссийского научно-практического семинара «Репродуктивный потенциал России: версии и контраверсии» и VIII Общероссийской конференции «Контраверсии неонатальной медицины и педиатрии». — 2021. — С. 6–6.
4. Брусницина В.Ю. Генетический полиморфизм и эндометриоз (обзор литературы) //Вестник Уральской медицинской академической науки. — 2009. — №. 4. — С. 7–10.
5. Волкова С.В. и др. Причины бесплодия при эндометриозе: версии и контраверсии XXI в //Акушерство и гинекология: Новости. Мнения. Обучения. — 2020. — Т. 8. — №. 3 (29). — С. 110–114.
6. Давыдов А.И. и др. Эндометриоз яичников: форма генитального эндометриоза или отдельная нозологическая единица? //Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. — 2019. — Т. 18. — №. 5. — С. 5–12.
7. Дубровина С.О. и др. Некоторые аспекты гистогенеза эндометриоза //Актуальные проблемы медицины в России и за рубежом. — 2016. — С. 17–20.
8. Дубровина С.О., Беженарь В.Ф., ред. Эндометриоз. Патогенез, диагностика, лечение. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2020. 352 с.
9. Жуковская С.В., Жуковская С.В. Оптимизация тактики преодоления бесплодия у женщин с овариальным эндометриозом //Репродуктивное здоровье. Восточная Европа. — 2021. — Т. 11. — №. 2. — С. 207–216.
10. Левкович М.А. и др. Современные взгляды на патогенез генитального эндометриоза: роль гормональных, иммунологических, генетических факторов //Таврический медико-биологический вестник. — 2017. — Т. 20. — №. 2–2. — С. 185–189.
11. Оразов М.Р. и др. Молекулярногенетические особенности состояния эндометрия при эндометриозассоциированном бесплодии //Трудный пациент. — 2020. — Т. 18. — №. 1–2. — С. 23–32.
12. Оразов М.Р. и др. Хронический эндометрит у женщин с эндометриоз-ассоциированным бесплодием //Гинекология. — 2020. — Т. 22. — №. 3. — С. 15–20.
13. Оразов М.Р. и др. Эндометриоз-ассоциированное бесплодие: патогенез и возможности гормональной терапии в подготовке к ЭКО //Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. — 2022. — Т. 21. — №. 2. — С. 90–99.
14. Оразов М.Р., Михалева Л.М., Бекулова М.А. Инфильтративный эндометриоз и спаечный процесс: есть ли причинно-следственная связь? //Гинекология. — 2021. — Т. 23. — №. 2. — С. 198–204.
15. Саркисян Э.А. и др. Экстракорпоральное оплодотворение при эндометриоз-ассоциированном бесплодии (обзор литературы) //Архив акушерства и гинекологии им. В.Ф. Снегирева. — 2024. — Т. 11. — №. 1. — С. 7–16.
16. Тапильская Н.И. и др. Синдром хронической тазовой боли у женщин: факторы риска, алгоритмы дифференциальной диагностики, лечения и профилактики //Проблемы репродукции. — 2021. — Т. 27. — №. 2. — С. 56–64.
17. Толибова Г.Х. и др. Молекулярные механизмы циклической трансформации эндометрия //Журнал акушерства и женских болезней. — 2019. — Т. 68. — №. 1. — С. 5–12.
18. Хамошина М.Б. и др. Бесплодие, ассоциированное с эндометриозом яичников: современный взгляд на проблему //Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. — 2021. — Т. 20. — №. 1. — С. 98–104.
19. Agarwal A., Gupta S., Sikka S. The role of free radicals and antioxidants in reproduction //Current opinion in obstetrics and gynecology. — 2006. — Т. 18. — №. 3. — С. 325–332.
20. Becker C.M. et al. ESHRE guideline: endometriosis //Human reproduction open. — 2022. — Т. 2022. — №. 2. — С. hoac009.
21. Brizek C.L. et al. Increased incidence of aberrant morphological phenotypes in human embryogenesis—an association with endometriosis //Journal of assisted reproduction and genetics. — 1995. — Т. 12. — С. 106–112.
22. Bryunin D.V. et al. Информативность CA-125, HE4, CA 19-9, CA 15-3, CEA в диагностике рецидивирующего наружного генитального эндометриоза //Actual Questions of Modern Gynecology and Perinatology. — 2021. — Т. 8. — №. 3. — С. 30–34.
23. Chen H., Strickland A.L., Castrillon D.H. Histopathologic diagnosis of endometrial precancers: updates and future directions //Seminars in Diagnostic Pathology. — WB Saunders, 2022. — Т. 39. — №. 3. — С. 137–147.
24. Crosignani P.G. et al. Advances in the management of endometriosis: an update for clinicians //Human reproduction update. — 2006. — Т. 12. — №. 2. — С. 179–189.
25. Exacoustos C. Sonography for pelvic endometriosis //Gynäkologische Endokrinologie. — 2023. — Т. 21. — №. 3. — С. 165–175.
26. Freis A. et al. Relative morphokinetics assessed by time-lapse imaging are altered in embryos from patients with endometriosis //Reproductive Sciences. — 2018. — Т. 25. — №. 8. — С. 1279–1285.
27. Hansen K.A., Eyster K.M. Genetics and genomics of endometriosis //Clinical obstetrics and gynecology. — 2010. — Т. 53. — №. 2. — С. 403–412.
28. Hodgson R.M. et al. Interventions for endometriosis-related infertility: a systematic review and network meta-analysis // Fertility and sterility. — 2020. — Т. 113. — №. 2. — С. 374–382. e2.
29. Kitajima M. et al. Enhanced follicular recruitment and atresia in cortex derived from ovaries with endometriomas //Fertility and sterility. — 2014. — Т. 101. — №. 4. — С. 1031–1037.
30. Lee D. et al. Management of endometriosis-related infertility: Considerations and treatment options //Clinical and experimental reproductive medicine. — 2020. — Т. 47. — №. 1. — С. 1.
31. Lessey B.A., Kim J.J. Endometrial receptivity in the eutopic endometrium of women with endometriosis: it is affected and let me show you why //Fertility and sterility. — 2017. — Т. 108. — №. 1. — С. 19–27.
32. Mansour G. et al. DNA damage in metaphase II oocytes is induced by peritoneal fluid from endometriosis patients //Fertility and Sterility. — 2007. — Т. 88. — С. S299.
33. May K.E. et al. Endometrial alterations in endometriosis: a systematic review of putative biomarkers //Human reproduction update. — 2011. — Т. 17. — №. 5. — С. 637–653.

34. Muzii L. et al. Laparoscopic excision of ovarian cysts: is the stripping technique a tissue-sparing procedure? //Fertility and sterility. — 2002. — Т. 77. — №. 3. — С. 609–614.
35. Othman E.E. D.R., Hornung D., Al-Hendy A. Biomarkers of endometriosis //Expert Opinion on Medical Diagnostics. — 2008. — Т. 2. — №. 7. — С. 741–752.
36. Ozkan S., Murk W., Arici A. Endometriosis, and infertility: epidemiology and evidence-based treatments //Annals of the New York Academy of Sciences. — 2008. — Т. 1127. — №. 1. — С. 92–100.
37. Pan Q. et al. The expression profile of micro-RNA in endometrium and endometriosis and the influence of ovarian steroids on their expression //Molecular human reproduction. — 2007. — Т. 13. — №. 11. — С. 797–806.
38. Pantou A. et al. The role of laparoscopic investigation in enabling natural conception and avoiding in vitro fertilization overuse for infertile patients of unidentified an etiology and recurrent implantation failure following in vitro fertilization //Journal of clinical medicine. — 2019. — Т. 8. — №. 4. — С. 548.
39. Sanchez A.M. et al. Does endometriosis influence the embryo quality and/or development? Insights from a large retrospective matched cohort study //Diagnostics. — 2020. — Т. 10. — №. 2. — С. 83.
40. Simopoulou M. et al. Getting to know endometriosis-related infertility better: a review on how endometriosis affects oocyte quality and embryo development // Biomedicines. — 2021. — Т. 9. — №. 3. — С. 273.
41. Somigliana E. et al. Endometriosis and IVF treatment outcomes: unpacking the process //Reproductive Biology and Endocrinology. — 2023. — Т. 21. — №. 1. — С. 1–11.
42. Spaczynski R.Z., Duleba A.J. Diagnosis of endometriosis //Seminars in reproductive medicine. — Copyright© 2003 by Thieme Medical Publishers, Inc., 333 Seventh Avenue, New York, NY 10001, USA. Tel.: + 1 (212) 584-4662, 2003. — Т. 21. — №. 02. — С. 193–208.
43. Taylor R.N., Lebovic D.I., Mueller M.D. Angiogenic factors in endometriosis //Annals of the New York Academy of Sciences. — 2002. — Т. 955. — №. 1. — С. 89–100.

© Ахмедова Саида Рафиковна (saida.ahmedova2017@yandex.ru); Хашаева Тамара Хаджимурадовна (tamara40@mail.ru);
Омаров Наби Султан-Мурадович (sitoru@gmail.com); Стефанян Натэлла Амлетовна (nstefanyan@inbox.ru);
Абакарова Заграт Магомедовна (zagratroddom2@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ТРАНСАНАЛЬНАЯ РЕКТОПЕКСИЯ ПРИ НАРУЖНОМ ВЫПАДЕНИИ ПРЯМОЙ КИШКИ

TRANSANAL RECTOPEXY FOR EXTERNAL RECTAL PROLAPSE

**M. Bekirov
K. Vyazovikov
A. Govorukha
V. Dvuzhilova
A. Alieva**

Summary. The surgical management of patients with full-thickness rectal prolapse continues to remain a challenge in the laparoscopic era. This article examines the problem of external rectal prolapse and proposes a transanal rectopexy method as a solution, including an analysis of data on patients who underwent transanal suture sacrorectopexy with supporting injection of sclerosant into the presacral space under ultrasound control.

Keywords: rectal prolapse, transanal rectopexy, presacral bleeding, sclerosant.

Бекиров Мемет Дляверович

Крымский Федеральный Университет
им. В.И. Вернадского, г. Симферополь
memetbek@mail.ru

Вязовиков Кирилл Вадимович

Крымский Федеральный Университет
им. В.И. Вернадского, г. Симферополь
kirill_vyazovikov@mail.ru

Говоруха Александра Андреевна

Крымский Федеральный Университет
им. В.И. Вернадского г. Симферополь
amiliumerova@mail.ru

Двужилова Вероника Сергеевна

Крымский Федеральный Университет
им. В.И. Вернадского, г. Симферополь
tfsefg11@gmail.com

Алиева Айше Ильдаровна

Крымский Федеральный Университет
им. В.И. Вернадского, г. Симферополь
aliev_enver@bk.ru

Аннотация. Хирургическое лечение пациентов с выпадением прямой кишки остается сложной задачей даже в эпоху повсеместного внедрения лапароскопии. В данной статье рассматривается проблема наружного выпадения прямой кишки и предлагается метод трансанальной ректопексии как способ её решения, в том числе, анализ данных по пациентам, перенесшим трансанальную шовную сакроректопексию с поддерживающей инъекцией склерозанта в пресакральное пространство под контролем УЗИ.

Ключевые слова: выпадение прямой кишки, трансанальная ретропексия, пресакральное кровотечение, склерозант.

В основе выпадения прямой кишки на всю толщину лежит процесс ректо-ректальной инвагинации [1], сопровождающийся набором интраоперационных находок, включающих отсутствие прилегания прямой кишки к крестцу, диастаз леваторной мышцы, глубокий Дугласов карман и удлиненный мезоректум. У тех, кто обращается с анальным недержанием, существует многофакторная этиология, которая включает в себя distraction и повреждение анального сфинктера, изменение ректоанального торможения, нарушения пропульсивной ректоанальной координации и связанную с этим невропатию срамного нерва из-за чрезмерного напряжения [2]. В некоторых случаях возможна и коллагенопатия, лежащая в основе возникновения выпадения, когда наблюдается семейное скопление варикозных вен, гипермобильность суставов и выпадение прямой кишки [3].

Тот факт, что существует более 145 различных процедур, описанных для хирургического лечения выпадения прямой кишки, является показателем уровня противоречий и отсутствия общепринятого стандарта относительно наилучшего подхода к лечению выпадения прямой кишки [4]. Независимо от техники оперативного вмешательства, точка зрения, выдвинутая Рипштейном и Лантером [5], заключающаяся в том, что пролапс в первую очередь является результатом инвагинации прямой кишки с потерей её прикрепления, предполагает преимущество крестцовой фиксации или ректопексии [6]. Это соображение исторически было частью операции Орра-Лойга, которая включала первоначальную полную круговую мобилизацию прямой кишки до леватора с последующей передней и задней фиксацией прямой кишки [7]. Даже при таком подходе все еще ведутся споры о выборе оперативного метода, открыто или лапароскопически [4,8], завершать ее швами или сеткой [9–11] и есть

ли преимущество современных методов по сравнению с селективной резекции прямой кишки [12,13].

Альтернативные подходы включают мукозэктомию по Делорму, промежностную ректосигмоидэктомию по Альтемейеру и резекцию пролапса с помощью скоб [14–16]. В данной статье приводится анализ результатов у пациентов с выпадением прямой кишки, которым проводили трансанальную крестцовую ректопексию, дополненную склерозантом (тетрадецилсульфат натрия, полидоканол), вводимым в ретроректальное пространство под контролем УЗИ.

Предоперационная подготовка пациентов включала назначение осмотических слабительных, в комбинации с метронидазолом, цефтриаксоном и сульбактамом. В качестве анестезиологического пособия выбиралась эпидуральная анестезия. После уменьшения пролапса и промывания прямой кишки физиологическим раствором вводился широкий операционный проктоскоп с боковым обзором. В большинстве случаев из-за слабости анального сфинктера не было необходимости в анальном расширении для введения проктоскопа. Выпавшая прямая кишка перемещалась таким образом, чтобы операцию можно было выполнить через бо-

вое окно инструмента. Кончик проктоскопа отводился назад, чтобы опереться в крестец с помощью шовного материала, вводимого в край окна через прямую кишку. Первая игла была размещена как можно выше, напротив крестца на минимальном боковом расстоянии, 3 см от средней линии, сразу под крестцово-подвздошным сочленением. После того, как эта игла была правильно введена, ее перемещали в идентичное положение с другой стороны крестца, чтобы избежать пресакральной венозной травмы. Затем иглу поворачивали назад и захватили через левый край стенки прямой кишки так, чтобы 2/3 окружности стенки прямой кишки были включены в пресакральную фасцию. Положение и надежность стежка подтверждались путем потягивания шва вниз и обеспечения фиксации прямой кишки в этой точке (Рис. 1). Фиксация прямой кишки выполнялась примерно от 3-го крестцового позвонка до крестцово-копчикового сочленения, при этом обычно требовалось от 4 до 5 швов. Каждый шов завязывался с помощью лапароскопического ушивателя (Om Medical). Слабая часть задней стенки прямой кишки приподнималась щипцами Бабкока, с последующим введением иглы через стенку прямой кишки в пресакральное пространство, при этом положение иглы было подтверждено трансректальным ультразвуковым исследованием.

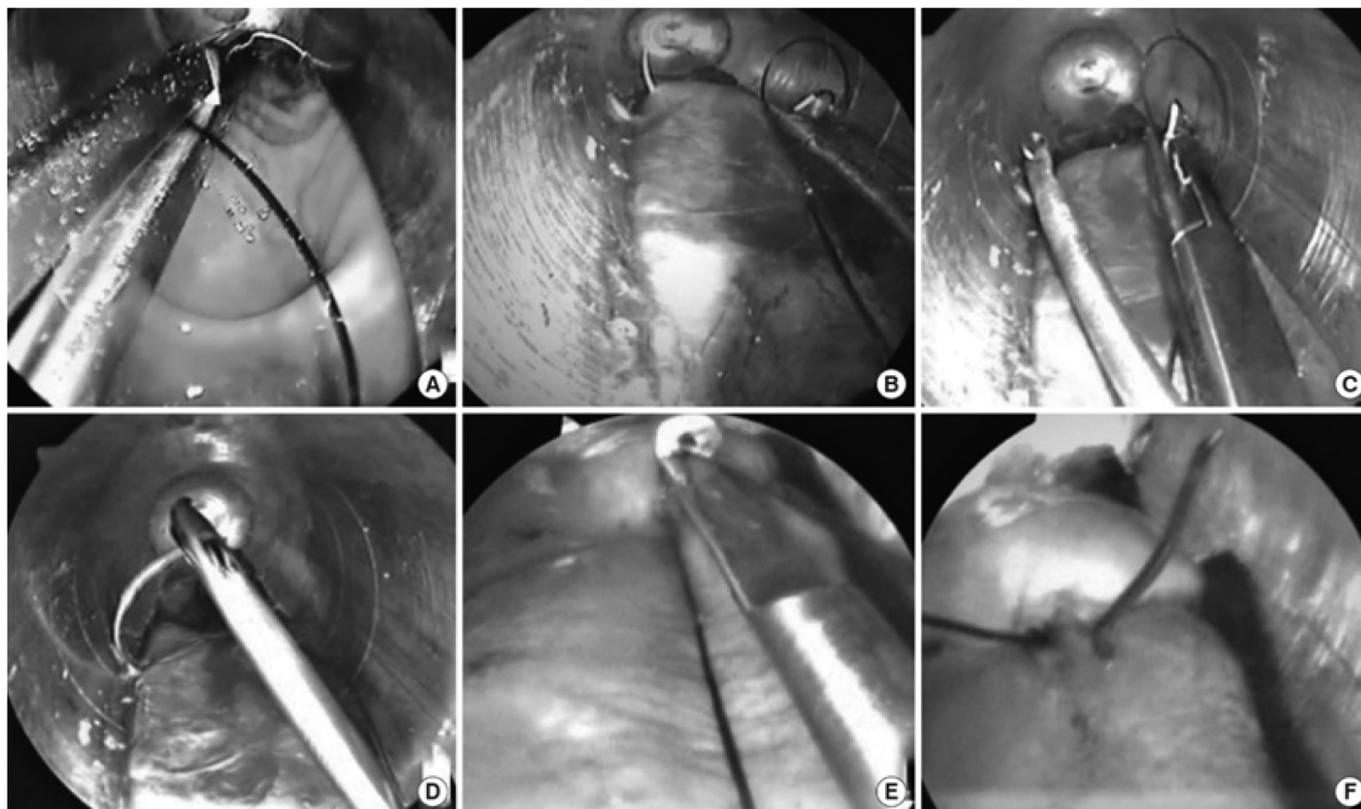


Рис. 1. Техника трансанального сшивания.

(А) Игла вводится в стенку прямой кишки с правого края окна проктоскопа. (В) Ввод иглы осуществляется к левому краю окна проктоскопа. (С) Кончик иглы у левого края стабилизируется лапароскопическим иглодержателем. (D) Игла вытягивается вращательным движением лапароскопическим иглодержателем. (Е) Узел затягивается лапароскопическим ушивателем. (F) Узел завязывается

Пациенты продолжали принимать антибиотики в течение 5 послеоперационных дней. Все пациенты находились в положении Тренделенбурга с послеоперационным мочевым катетером в течение 4 дней. Как правило, пациенты были на парентеральном питании до 5-го послеоперационного дня, с последующим переходом на обычную диету и использованием лактулозы по мере необходимости. При выписке пациентам рекомендовали не тужиться при дефекации и употреблять индивидуальную норму жидкости. После выписки пациенты обследовались еженедельно в течение первого месяца, затем ежемесячно в течение следующих 4 послеоперационных месяцев и 6 месяцев после этого. Для мониторинга отдалённых результатов со всеми пациентами общались по телефону.

Была проанализирована серия пациентов с выпадением прямой кишки, которым была выполнена трансанальная ректосакропексия. Ухудшение состояния не было выявлено ни у одного пациента, также, ни у одного пациента не наблюдалось ухудшения недержания стула, в случаях запоров наблюдалось улучшение на 63,9 %, и на 7,91 балла по опроснику клиники Кливленда. Рецидив произошел в 1 случае (2,8 %) через 18 месяцев после операции.

Более старые статьи, сравнивающие абдоминальные и промежностные процедуры, как правило, показывали более высокую общую частоту рецидивов, но с меньшей заболеваемостью и смертностью, особенно в случаях пожилых людей с сопутствующей патологией [23–25]. Эти исследования трудно интерпретировать из-за их ретроспективного дизайна, и частыми идиосинкразическими хирургическими решениями. В целом, как только произошел рецидив, нет четких доказательств, которые бы привели к конечному успеху одного из этих подходов по сравнению с другим [26].

У четверти пациентов была высокая (III/IV) классификация ASA PS, хоть и наблюдалась очень низкая периоперационная заболеваемость и низкая частота рецидивов [29]. Для сравнения, частота рецидивов для процедуры Делорма составляет 6,8%–22%. В недавнем исследовании Пласкетта и соавторов [30] не было выявлено явного влияния объема хирургического вмешательства на рецидив со средним временем до рецидива 2 года. Аналогично, существует широкий диапазон рецидивов после операции Альтемейера, до 16% [31]. Недавние данные Рама и соавторов [32], оценивающие долгосрочные результаты у пожилых пациентов, перенесших перинеальную степлированную пролапсэктомию, показали, что, хотя время операции было сокращено, вероятность рецидива составила 20%. В их исследовании большин-

ство рецидивов произошло в течение первого послеоперационного года, но это не исключало возможность повторного степлированного иссечения кишки.

В свою очередь, трансанальная ректопексия не сопровождалась последующим недержанием кала. Данные, проанализированные нами, показывают последовательное улучшение функции кишечника у пациентов с недержанием до операции, что выгодно отличается от недавнего систематического сравнения промежностных и лапароскопических процедур, проведенного Цунода [4]. Это исследование показало 63%-ное улучшение недержания после двух наиболее часто выполняемых промежностных операций (процедуры Делорма и Альтемейера). Также, после трансанальной ретропексии, значительное сокращение числа запоров после операции. До операции 44,4% пациентов имели оценку по шкале Агачана ≥ 19 , а после операции количество пациентов с этой оценкой сократилось всего до 2,8% случаев. Вероятно, что любая процедура, которая успешно уменьшает пролапс, улучшит симптомы недержания за счет устранения эффекта давления массы на стенку прямой кишки, отмены массивных волн давления пролапса, снижения усталости сфинктера, уменьшения выделения слизи и восстановления координации ректоанального продвижения во время дефекации [33]. Возникновение запора *de novo* больше характерно для абдоминальной хирургии, особенно когда выполняется более обширная дистальная ректальная диссекция, где есть потенциал для ректальной денервации [34].

Таким образом, техника трансанальной ректопексии показывает некоторое сходство с техникой, описанной Фернандесом и Росси [35], которые сообщали о 12 случаях трансанальной ректопексии, где пресакральные швы были размещены под визуальным контролем после рассечения через заднюю стенку прямой кишки. В этой небольшой группе недержание улучшилось, хотя сообщалось о запорах. У одного пациента была послеоперационная гематома стенки прямой кишки.

Подводя итог, можно сказать, что трансанальная ректопексия с пресакральной инъекцией склерозанта может безопасно выполняться у ослабленных пациентов с наружным выпадением прямой кишки. Преимущества данной техники включают в себя снижение времени операции, быстрое обучение и низкую стоимость. Лапароскопический доступ предпочтительнее открытого, поскольку открытый требует большей физической подготовки, и сопряжен с рассечением тазового дна, которое может привести к травмам тазовых нервов, что может привести к синдрому затруднённой дефекации, мочеиспускательной и сексуальной дисфункции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Brodén B., Snellman B. Procidentia of the rectum studied with cineradiography. A contribution to the discussion of causative mechanism. *Dis Colon Rectum* 1968; 11:330–347.
2. Roig J.V., Buch E., Alós R., Solana A., Fernández C., Villoslada C., et al. Anorectal function in patients with complete rectal prolapse. Differences between continent and incontinent individuals. *Rev Esp Enferm Dig* 1998; 90:794–805.
3. Lammers K., Lince S.L., Spath M.A., van Kempen L.C., Hendriks J.C., Vierhout M.E., et al. Pelvic organ prolapse and collagen-associated disorders. *Int Urogynecol J* 2012; 23:313–9.
4. Tsunoda A. Surgical treatment of rectal prolapse in the laparoscopic era: a review of the literature. *J Anus Rectum Colon* 2020; 4:89–99.
5. Ripstein C.B., Lanter B. Etiology and surgical therapy of massive prolapse of the rectum. *Ann Surg* 1963; 157:259–64.
6. Hori T., Yasukawa D., Machimoto T., Kadokawa Y., Hata T., Ito T., et al. Surgical options for full-thickness rectal prolapse current status and institutional choice. *Ann Gastroenterol* 2018; 31:188–97.
7. Loygue J., Nordlinger B., Cunci O., Malafosse M., Huguet C., Parc R. Rectopexy to the promontory for the treatment of rectal prolapse. Report of 257 cases. *Dis Colon Rectum* 1984; 27:356–9.
8. Rickert A., Kienle P. Laparoscopic surgery for rectal prolapse and pelvic floor disorders. *World J Gastrointest Endosc* 2015; 7:1045–54.
9. Berman I.R. Sutureless laparoscopic rectopexy for procidentia. Technique and implications. *Dis Colon Rectum* 1992; 35:689–93.
10. Khanna A.K., Misra M.K., Kumar K. Simplified sutured sacral rectopexy for complete rectal prolapse in adults. *Eur J Surg* 1996; 162:143–6.
11. Lobb H.S., Kearsley C.C., Ahmed S., Rajaganesan R. Suture rectopexy versus ventral mesh rectopexy for complete full-thickness rectal prolapse and intussusception: systematic review and meta-analysis. *BJS Open* 2021;5: zraa037.
12. Frykman H.M., Goldberg S.M. The surgical treatment of rectal procidentia. *Surg Gynecol Obstet* 1969; 129:1225–30.
13. Ashari L.H., Lumley J.W., Stevenson A.R., Stitz R.W. Laparoscopically assisted resection rectopexy for rectal prolapse: ten years' experience. *Dis Colon Rectum*
14. Emile S.H., Elfeki H., Shalaby M., Sakr A., Sileri P., Wexner S.D. Perineal resectional procedures for the treatment of complete rectal prolapse: a systematic review of the literature. *Int J Surg* 2017; 46:146–54.
15. Tsunoda A., Yasuda N., Yokoyama N., Kamiyama G., Kusano M. Delorme's procedure for rectal prolapse clinical and physiological analysis. *Dis Colon Rectum* 2003; 46:1260–5.
16. Cirocco W.C. The Altemeier procedure for rectal prolapse: an operation for all ages. *Dis Colon Rectum* 2010; 53:1618–23.
17. Fan K., Cao A.M., Barto W., De Lacavalerie P. Perineal stapled prolapse resection for external rectal prolapse: a systematic review and meta-analysis. *Colorectal Dis* 2020; 22:1850–61.
18. Agachan F., Chen T., Pfeifer J., Reissman P., Wexner S.D. A constipation scoring system to simplify evaluation and management of constipated patients. *Dis Colon Rectum* 1996; 39:681–5.
19. Pescatori M., Anastasio G., Bottini C., Mentasti A. New grading and scoring for anal incontinence. Evaluation of 335 patients. *Dis Colon Rectum* 1992; 35:482–7.
20. Baqué P., Karimjee B., Iannelli A., Benizri E., Rahili A., Benchimol D., et al. Anatomy of the presacral venous plexus: implications for rectal surgery. *Surg Radiol Anat* 2004; 26:355–8.
21. Wijffels N., Cunningham C., Dixon A., Greenslade G., Lindsey I. Laparoscopic ventral rectopexy for external rectal prolapse is safe and effective in the elderly. Does this make perineal procedures obsolete? *Colorectal Dis* 2011; 13:561–6.
22. Young M.T., Jafari M.D., Phelan M.J., Stamos M.J., Mills S., Pigazzi A., et al. Surgical treatments for rectal prolapse: how does a perineal approach compare in the laparoscopic era? *Surg Endosc* 2015; 29:607–13.
23. Riansuwan W., Hull T.L., Bast J., Hammel J.P., Church J.M. Comparison of perineal operations with abdominal operations for full-thickness rectal prolapse. *World J Surg* 2010; 34:1116–22.
24. Mustain W.C., Davenport D.L., Parcels J.P., Vargas H.D., Hourigan J.S. Abdominal versus perineal approach for treatment of rectal prolapse comparable safety in a propensity-matched cohort. *Am Surg* 2013; 79:686–92.
25. Fang S.H., Cromwell J.W., Wilkins K.B., Eisenstat T.E., Notaro J.R., Alva S., et al. Is the abdominal repair of rectal prolapse safer than perineal repair in the highest risk patients? An NSQIP analysis. *Dis Colon Rectum* 2012; 55:1167–72.
26. Pikarsky A.J., Joo J.S., Wexner S.D., Weiss E.G., Noguera J.J., Agachan F., et al. Recurrent rectal prolapse: what is the next good option? *Dis Colon Rectum* 2000; 43:1273–6.
27. Chandra A., Singh P., Kumar S., Chopra N., Gupta V., Joshi P., et al. Laparoscopic ventral rectopexy: a viable option in procidentia with redundant sigmoid. An Indian perspective. *J. Minim Access Surg* 2018; 14:304–10.
28. Lee S., Kye B.H., Kim H.J., Cho H.M., Kim J.G. Delorme's procedure for complete rectal prolapse: does it still have its own role? *J Korean Soc Coloproctol* 2012; 28:13–8.
29. Senapati A., Nicholls R.J., Thomson J.P., Phillips R.K. Results of Delorme's procedure for rectal prolapse. *Dis Colon Rectum* 1994; 37:456–60.
30. Plaskett J., Baigrie R., Thomson S.R. Recurrence after Delorme's procedure in a single and multi-surgeon setting. *S Afr J Surg* 2020; 5:78–85.
31. Agachan F., Reissman P., Pfeifer J., Weiss E.G., Noguera J.J., Wexner S.D. Comparison of three perineal procedures for the treatment of rectal prolapse. *South Med J* 1997; 90:925–32.
32. Ram E., Hoffman A., Goldes Y., Rosin D., Horesh N., Gutman M., et al. Perineal stapled rectal prolapse resection in elderly patients: long-term follow-up. *Dis Colon Rectum* 2018; 61:1316–9.
33. Zbar A.P., Takashima S., Hasegawa T., Kitabayashi K. Perineal rectosigmoidectomy (Altemeier's procedure): a review of physiology, technique, and outcome. *Tech Coloproctol* 2002; 6:109–16.
34. Speakman C.T., Madden M.V., Nicholls R.J., Kamm M.A. Lateral ligament division during rectopexy causes constipation but prevents recurrence: results of a prospective randomized study. *Br J Surg* 1991; 78:1431–3.
35. Fernandes R.H.O., Rossi T.A. Transanal rectopexy—twelve case studies. *J. Coloproctol (Rio De Janeiro)* 2012; 32:132–5.

© Бекиров Мемет Дзяверович (memetbek@mail.ru); Вязовиков Кирилл Вадимович (kirill_vyazovikov@mail.ru);
Говоруха Александра Андреевна (amiliumerova@mail.ru); Двужилова Вероника Сергеевна (tfsefg11@gmail.com);
Алиева Айше Ильдаровна (aliev_enver@bk.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЛАПАРОСКОПИЯ ОТ ИСТОРИИ ДО НАШИХ ДНЕЙ

LAPAROSCOPY FROM HISTORY
TO THE PRESENT DAY

I. Vashurkina
D. Puzakova
A. Frolov
V. Turkhanova
V. Klokov
A. Shcherbakova

Summary. Scientists and doctors strive to reduce the use of invasive and non-invasive diagnostic methods to a minimum risk of harm to health. Today, endoscopic procedures are an integral part of all surgical directions, they meet the main trend of medicine, moreover, they are a standard method in all areas of surgery. However, the history of medicine shows that laparoscopy had to go through many transformations, a significant number of stages, in which many great scientists and specialists took part to reach the current level. There are three periods in the development of endoscopy: rigid, semi-flexible, fiber-optic, and electronic.

Keywords: surgery, laparoscopy, history of medicine, surgery.

Вашуркина Ирина Михайловна

кандидат медицинских наук, доцент,
 ФГБОУ ВО «Национальный Исследовательский
 Мордовский государственный университет
 им. Н.П. Огарева» г. Саранск
itpolyakova@ya.ru

Пузакова Дарья Владимировна

ФГБОУ ВО «Национальный Исследовательский
 Мордовский государственный университет
 им. Н.П. Огарева» г. Саранск
dashapuzakova.puzakova@yandex.ru

Фролов Артём Александрович

ФГБОУ ВО «Национальный Исследовательский
 Мордовский государственный университет
 им. Н.П. Огарева» г. Саранск
afrolov201@mail.ru

Турханова Валерия Владимировна

ФГБОУ ВО «Национальный Исследовательский
 Мордовский государственный университет
 им. Н.П. Огарева» г. Саранск
turhanovalera@mail.ru

Клоков Валерий Валерьевич

ФГБОУ ВО «Национальный Исследовательский
 Мордовский государственный университет
 им. Н.П. Огарева» г. Саранск
valeraklokov1337@gmail.com

Щербакова Анастасия Владимировна

ФГБОУ ВО «Национальный Исследовательский
 Мордовский государственный университет
 им. Н.П. Огарева» г. Саранск
nastyaffa.vladimirovn_a@mail.ru

Аннотация. Ученые и врачи стремятся свести проведения инвазивных и неинвазивных методов диагностики к минимальному риску причинения вреда здоровью. На сегодняшний день эндоскопические процедуры являются неотъемлемой частью всех хирургических направлений, они отвечают главной тенденции медицины, более того они являются стандартным методом во всех областях хирургии. Однако история медицины свидетельствует о том, что лапароскопии пришлось пережить много трансформаций, значительное количество этапов, участие в которых принимало множество великих ученых-специалистов для того, чтобы выйти на ныне существующий уровень. В развитии эндоскопии выделяют три периода: ригидный, полугибкий, волокно-оптический, электронный.

Ключевые слова: операция, лапароскопия, история медицины, хирургия.

Актуальность

Медицина, как и любая другая наука, находится под постоянным влиянием прогресса.

Одной из современных тенденций в области медицины является минимизирование риска получения

травм, в ходе диагностических исследований, лечения пациентов как хирургического, так терапевтического профиля. Ученые и врачи стремятся свести проведения инвазивных и неинвазивных методов диагностики к минимальному риску причинения вреда здоровью. Хирурги нацелены на сокращение ненужных инвазивных

вмешательств и стремятся к быстрому восстановлению пациентов, улучшению качества их жизни, сохранению работоспособности и интеграции в общество в кратчайшие сроки. [1]

На сегодняшний день эндоскопические процедуры являются неотъемлемой частью всех хирургических направлений, они отвечают главной тенденции медицины, более того они являются стандартным методом во всех областях хирургии. Все больше сложных операций выполняются с использованием лапароскопического подхода. Нынешнее поколение считает лапароскопию как обычное явление, которое было всегда.

Сейчас ученые стремятся к тому, чтобы традиционная лапароскопия была дополнена роботизированной хирургией. В медицинские науки все чаще внедряется система искусственного интеллекта, эндоскопия при этом не является исключением.

Однако история медицины свидетельствует о том, что лапароскопии пришлось пережить много трансформаций, значительное количество этапов, участие в которых принимало множество великих ученых-специалистов для того, чтобы выйти на ныне существующий уровень. [2]

В связи с вышеизложенным, целью данной работы является обзор развития лапароскопического исследования, выявление наиболее значимых открытий, которые оказали существенное влияние на становление данного направления.

Материалы и методы

В рамках данного обзора был проведен анализ научных литературных данных. Поиск производился в открытых электронных библиотеках: PubMed и eLibrary. Запрос производился по кодовым словосочетаниям: «Лапароскопия», «Хирургия», «Диагностическая лапароскопия».

Результаты

Все ученые на сегодняшний день подразделяют развитие эндоскопии на следующие периоды в зависимости от применяемого оборудования:

1. Ригидный, с 1795 года по 1932 года.
2. Полугибкий, 1932–1958 гг.
3. Волокно-оптический, 1958–1981 гг.
4. Электронный с 1981 г. по сегодняшний день [3]

Итак, рассмотрим первый период — ригидный.

Самые первые предпосылки к развитию такого направления, как эндоскопия, появились еще в учениях

Гиппократ. Он писал о возможности проведения осмотра прямой кишки при помощи зеркал.[4]

В 1585 году впервые при обследовании полости носа применил солнечный свет, пойманный при помощи специального стеклянного сосуда, предварительно заполненного водой.

1706 год ознаменовался открытием троакара, безусловно он далек от нашего современного классического троакара, первый напоминал собой перфоратор, вставленный в специальную металлическую канюлю.

С точки зрения хирургии, главную суть эндоскопии в 17 веке высказал Филипп Бозини, он предложил при обследовании внутренних органов применять именно глаз, а пальцевое обследование. Кроме того, он является создателем специального аппарата «Lichtleiter», что в переводе с немецкого означает световод. Сам «световод» состоит из двух основных частей: система трубок и собственно держатель свеч. Суть работы аппарат заключалась в следующем: свет от свечи передавался через трубку в полость тела, однако изобретение имело ряд недостатков: тепло, которое не представлялось возможным контролировать или минимизировать, а также дым от свечи, который затруднял осмотр.

В 1853 году французский хирург Десормо модернизировал устройство своего предшественника. Так, его «световод» в качестве источника света имел уже не просто свечи, а состоял из спирта и скипидара, за счет чего увеличивалось после обследуемого органа, кроме этого, он также внедрил и компенсаторные линзы, которые позволили концентрировать освещенность в определенном нужном для врача месте.

Все дальнейшие попытки модернизации «световода» заключались в замене линз и источника света на полноценные электрические лампы, но данное обследование не было столь безопасным для людей, поскольку ни одному ученому не удалось решить проблему нагрева оборудования, вследствие этого пациенты зачастую получали ожоги 2 степени. [5]

В 1868 году Адольф Куссмауль предпринял попытку для исследования желудка при помощи так называемого эндоскопа, состоящего из металлической трубки с гибким шлангом, первоначально вводился проводник-обтуратор, а уже за ним шла полая металлическая трубка. Благодаря своему исследованию Куссмаулю удалось диагностировать карциному желудка у пациента. Но несмотря на всю простоту оборудования, оно имело свои значительные недостатки: жесткая трубка причиняла пациенту невыносимую боль, не предоставлялась возможность осмотреть широкий участок, а также нельзя было контролировать продвижение трубки по пищеводу, что приводило к разрывам как желудка, так и пищевода.

Так, именно Георг Келлинг является мировым основоположником лапароскопии, в 1901 он сделал доклад «Об эзофагоскопии, гастроскопии и келиоскопии», в котором он обобщил свои материалы экспериментов на собаках, а также представил два клинических случая осмотра брюшной полости у человека. В ходе своей операции он предложил первоначальную инсуффляцию в брюшную полость воздуха, предварительно профильтрованного через стерильный тампон из хлопчатобумажной ткани. [6]

В России первым кто провел лапароскопию, считает-ся Д.О. Отт, в том же году, что и Келлинг, он провел вен-троскопию. Он произвел обследование органов малого таза через разрез в заднем своде заднего влагалища, при данной манипуляции он использовал систему зер-кал, создателем которых он сам и являлся. Благодаря этому в 1907 году оказалось возможным провести диа-гностические манипуляции, в ходе которых удалось вы-явить генитальный туберкулез и внематочную беремен-ность. Однако его методика долгое время подвергалась критике, не воспринималась врачами, лишь в 1987 году при появлении первых портативных систем специалисты смогли оценить по достоинству данную операцию. [7]

Эти две фамилии ознаменовали завершение первого периода лапароскопии.

Второй период лапароскопии начинается с 1932 года и носит название «полугибкий», именно в этом периоде инструменты начинают приобретать гибкость.

Основоположником данного периода считают Шинд-лера, именно он в 1932 году предложил усовершен-ствованную модель эзофагоскопа, главное отличие его разработки заключалось в следующем: нижняя треть его прибора могла свободно делать изгиб под углом 45 градусов. Кроме модернизации эзофагоскопа, он изо-брел еще и гастроскоп, который состоял из двух частей: из жесткой трубки и гибкой спирали, в состав которой входило 48 линз. Важно отметить, что гастроскоп также имел возможность изгибаться под углом 30 градусов, что позволяло осмотреть почти весь желудок, лишь 1/5 часть продолжала находить в слепой зоне види-мости, при этом освещение проводилось при помощи электрической лампы. [8]

Важное открытие для этого периода сделал наш ученый Вереш, в 1938 году он разработал специальную иглу, которую обеспечил obturatorом, для применения ее при наложении пневмоперитонеума. За счет наличия в игле obturatorа, который выпрыгивает при прохож-дении в полость, таким образом прикрывается острие иглы, что существенно снизило риск повреждения вну-тренних органов. На сегодняшний день Я. Вереш являет-ся основоположником безопасной лапароскопии, а его иглу применяют и по сей день. [9,10]

В 1960 году Хирвошовиц при создании своего фибро-гастроскопа использовал световолокно, что придало ему гибкость. Сам фиброгастроскоп был длиной около 90 см, имел возможность вращаться под углом 34 граду-са. Всего в его составе насчитывалось более 150 тысяч волокон. Его аппарат позволил минимизировать риск термических травм у пациентов, а также за счет своей гибкости стал более информативен для врача.

В 1955 году немецким ученым Бланкенхорном Мак-сом был предложен метод «монорельс», представляю-щий собой следующую процедуру: пациенту необходи-мо проглотить пластиковую трубку, которая в течение 2–4 суток дойдет до заднего прохода, после этого по это-му пути необходимо пустить камеру. Позже эту разработ-ку попытался доработать японский ученый Ф. Мацунага. Ему принадлежит разработка метода, в основе которого лежит гибкая трубка длиной около 45 см, которая дохо-дит до заднего отверстия, именно по этой трубке уже бу-дет проходить сигмоидокамера. Безусловно, доработка позволила увеличить видимость, но риск перфорации по-прежнему сохранялся на высоком уровне, поэтому данную методику не стали использовать.

Завершается данный период внедрением докумен-тированных исследований. Так, в 1959 году была при-менена фотолапроскопия и биопсия печени. Кроме того, А.С. Логинов, который в период с 1973 года по 2000 год являлся директором ЦНИИ, в своей монографии пред-ставил более 250 лапароскопий и примерно 60 биопсий печени. Он считал необходимым систематическое при-менение лапароскопии в гастроэнтерологии и обучение данной методики не только хирургов, но и гастроэнте-рологов. [11]

Основной период развития эндоскопии как в мире, так и в России приходится на 1960–1980 гг. В это время наблюдался переход лапароскопии из диагностической методики в лечебную. Именно данный период является точкой отсчета развития эндоскопической хирургии

Начался данный период с создания американского гастроэнтеролога Хиршовица гибкого фиброгастроско-па для того, чтобы подтвердить его успешность он про-вел исследование на собственном. В октябре 1960 года ученый представил уже серийную модель аппарата. Так, к значимым плюсам фиброгастроскопа можно отнести: большую разрешающую возможность, а также более об-легчение состояние пациента во время исследования. [12]

В 1966 году ученый из Великобритании Гарольд Хоп-кинс предложил систему «Hopkins», представляющую собой оптическую систему, содержащую в себе стержне-видные линзы. До сих пор ряд моделей с такой оптиче-ской системой продолжают применяться и по сей день в жесткой хирургии. [13]

Начиная с 1964 года активно ученые из разных стран стали предлагать свои виды колонофиброскопа, но все они старались в своих разработках соблюсти следующие требования:

1. Эндоскоп должен был обеспечивать прямой обзор, в отличие от гастроскопии, где использовался боковой.
2. Подвижный конец эндоскопа должен был управляться снаружи, что позволяло бы оператору следовать за изгибами кишечника.
3. Оболочка эндоскопа должна быть как эластичной, так и прочной, чтобы защитить стекловолоконный кабель от перегибов и повреждений.
4. Оптика инструмента должна легко очищаться от возможных загрязнений во время исследования кишечника.
5. Эндоскоп необходимо было оснастить дополнительными компонентами: подсветкой, щипцами для забора материала для гистологического или цитологического анализа, устройством для аспирации содержимого, а также средствами для видео- и фотофиксации. [14]

В 1969 году Уильям Вольф и Хироми Шинья разработали устройство, которое позволило не только диагностировать наличие полипа в кишечнике, а также не производя выход из полости тут же его удалить, таким образом, убирая необходимость в повторной процедуре, которая зачастую приводила к сильной эмоциональной перегрузке у пациента. Оборудование содержало в себе проволочную петлю-ловушку, которая и непосредственно прижигала полип.

В СССР первая операция по удалению полипов при помощи эндоскопа была проведена 1973 году советским хирургом В.С. Савельевым, кроме того, в 1985 году ученый выпустил «Руководство по клинической эндоскопии», в котором описал современную аппаратуру, технику и методику эндоскопических исследований. [15]

С 1977 года в СССР стала вестись подготовка врачей узкой специальности — врачей эндоскопистов. При этом первая кафедра эндоскопии была открыта в Центральном институте усовершенствования врачей, ныне именуемом РМАНПО, на базе Боткинской больницы, кафедра

продолжает свою работу и по сей день. Основателем кафедры стал профессор Сотников В.Н., он возглавлял ее до 2011 года. Профессор подготовил пособие «Значение эндоскопической рН-метрии в определении кислото-продуцирующей функции желудка», являлся лауреатом Государственной премии. [16]

Говоря об электронном периоде, который идет по сей день, следует упомянуть об открытии такой дисциплины, как невропельвеология, которая занимается диагностикой повреждений и дисфункций тазовых нервов. Создание этого направления, основывается на данных нейрофункциональной анатомии органов малого таза и применения лапароскопии для вскрытия и визуализации тазовых нервов. В 2014 году было основано Международное общество невропельвеологии. [17]

Также на сегодняшний день удалось достичь значительных успехов в улучшении качества изображений, что сделало их более реалистичными.

Идет активное развитие роботизированной хирургии и новых хирургических подходов:

- транссветовая эндоскопическая хирургия с использованием естественных отверстий
- однопортовая техника, осуществляемая через один трокар [18,19]

Вывод

Внедрение эндоскопии в хирургическую практику стало одной из самых значительных историй успеха в медицине. Данный обзор демонстрирует, что последние два десятилетия лапароскопия претерпела значительные изменения и улучшения, что свидетельствует о быстром прогрессе в этой области. Лапароскопия открывает новые горизонты для лечения и диагностики в гинекологии, позволяя проводить менее инвазивные процедуры, что способствует более быстрому восстановлению пациентов и снижению рисков.

Таким образом, данный обзор акцентирует внимание на важности и прогрессе лапароскопии как одного из самых значительных достижений в хирургической практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овчинников А.В. Диагностическая лапароскопия в современной хирургии (обзор литературы) // Тамбовский медицинский журнал. — 2023. — Т. 5, № 3. — С. 5–15.
2. Alkatout I., Mechler U., Mettler L., Pape J., Maass N., Biebl M., Gitas G., Laganà A.S., Freytag D. The Development of Laparoscopy-A Historical Overview // *Frontiers in Surgery*. — 2021. — Vol. 8. P. 799442&
3. Бендерский И.А. Основные этапы развития эндоскопических технологий в медицине // ЛУЧШАЯ СТУДЕНЧЕСКАЯ РАБОТА 2023: сборник статей VII Международного научно-исследовательского конкурса, Пенза, 25 мая 2023 года. — Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2023. — С. 149–152.
4. Бочарова О.А. Гиппократ — отец научной медицины и хирургии // Молодежный инновационный вестник. — 2023. — Т. 12, № 51. — С. 24–26.

5. Ильиных А.Р. История развития и становления эндоскопии // Закономерности и тенденции инновационного развития общества: сборник статей Международной научно-практической конференции, Казань, 24 января 2020 года. Том Часть 2. — Казань: Общество с ограниченной ответственностью «ОМЕГА САЙНС». — 2020. — С. 204–205.
6. Schollmeyer T., Soyinka A.S., Schollmeyer M., Meinhold-Heerlein I. Georg Kelling (1866–1945): the root of modern day minimal invasive surgery. A forgotten legend? // Archives of Gynecology and Obstetrics. — 2007. — Vol. 276, №5. P. 505–509.
7. Белодурина А.Д. Эндоскопическая хирургия — этапы становления, проблемы и пути развития // Вестник Совета молодых учёных и специалистов Челябинской области. — 2016. — Т. 3, №4. С. 121–124.
8. Schäfer P.K. Rudolf Schindler und die Gastroskopie [Rudolf Schindler and the gastroscopy] // Z Gastroenterol. — 2014. — Vol. 5, №1. P.22–26.
9. Фёдоров И.В. История билиарной хирургии // Казанский медицинский журнал. — 2014. — Т. 95. №4. С. 604–607.
10. Ключокуэсташ Б., Ийиликчи Л., Озбилгин С., Озбилгин М., Унек Т., Эллидокуз Х. Влияние пневмоперитонеума под различным давлением на показатели легочной механики и удовлетворенность хирурга при лапароскопической холецистэктомии // Общая реаниматология. — 2021. — Т.17, №6. С. 33–41.
11. Беляева В.С. К 90-летию со дня рождения А.С. Логинова // Терапевтический архив. — 2014. — Т.86. №2. С. 106–107.
12. Ha Tai, Mantero, Paolo. The Alexander-Hirschowitz theorem and related problems. 2021.
13. Goddard, Jonathan. A Series of Fortunate Events: Harold Hopkins. Journal of Clinical Urology. — 2018. — Vol. 11 P. 4–8.
14. Эндоскопическое оборудование и технологии в биотехнических системах: Учебное пособие / ДГТУ, Ростов н/Д. — 2015. — 157 с.
15. Прокубовский В.И., Шиповский В.Н. Вклад клиники академика В.С. Савельева в развитие отечественной эндоваскулярной хирургии. // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. — 2019. — Т.5. С.116–119
16. Кундухова Э.Р., Ремизов О.В., Бутаев Т.М., Дзугаева З.И., Алагова А.Р. Основные направления в решении проблем развития эндоскопии // Современные проблемы науки и образования. — 2017. — № 2. С. 1–5.
17. Possover M. Neuropelveology: An Emerging Discipline for the Management of Pelvic Neuropathies and Bladder Dysfunctions through to Spinal Cord Injury, Anti-Ageing, and the Mars Mission // Journal of Clinical Medicine. — 2020. — Vol. 13. №9. P. 3285-3293.
18. Высоколова Е.Д. Применение VR-технологий в медицине // Биотехнические, медицинские и экологические системы, измерительные устройства и робототехнические комплексы — Биомедсистемы-2022: Сборник трудов XXXV Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов, Рязань, 07–09 декабря 2022 года / Под общей редакцией В.И. Жулева. — Рязань: Индивидуальный предприниматель Коняхин Александр Викторович. — 2022. — С. 345–348.
19. Кляритская И.Л., Мошко Ю.А., Кривой В.В., Иськова И.А., Максимова Е.В., Стилиди Е.И. Применение искусственного интеллекта в видеокапсульной эндоскопии // Крымский терапевтический журнал. — 20203. №2. С. 11–22.

© Вашуркина Ирина Михайловна (impolyakova@ya.ru); Пузакова Дарья Владимировна (dashapuzakova.puzakova@yandex.ru);
Фролов Артём Александрович (afrolov201@mail.ru); Турханова Валерия Владимировна (turhanovalera@mail.ru);
Клоков Валерий Валерьевич (valeraklov1337@gmail.com); Щербаклова Анастасия Владимировна (nastyaffa.vladimirovna@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ГИСТОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПРОТЕЗИРОВАНИЯ КЛАПАНОВ СЕРДЦА

HISTOLOGICAL EVALUATION OF BIOLOGICAL TISSUES USED FOR HEART VALVE PROSTHESIS

**F. Gamaeva
A. Musukaeva
K. Khachetlova**

Summary. In modern medicine, the importance of plastic material for reconstructive interventions can hardly be overestimated. The most suitable material is cadaveric allograft, a tissue ideal in structure, hemodynamics, and organ compatibility. In this study, we investigated the issue of preimplantation processing of valve allografts for cardiac hock prosthetics. The main principle of processing is the complete removal of donor cellular elements with preservation of the connective tissue matrix intact. The aspects of aortic allograft strength and quality of its decellularization were studied on the model of 10 porcine aortic roots. A native porcine root served as a control, and a decellularization group and a decellularization group supplemented with supercritical CO₂ treatment served as the study group. It was found out that decellularization according to the scheme «digitonin+EDTA» did not affect the allograft strength, and additional application of supercritical treatment in CO₂ allowed to get rid of the remaining cellular elements — loci of further calcinosis.

Keywords: histology, histoarchitectonics, assessment of elastic strength characteristics, decellularization.

Современные техники реконструкции запира-
тельных элементов сердца позволяют выполнить
максимально анатомичное клапансохраняющее
вмешательство и достичь выживаемости пациента сопо-
ставимой с таковой в общей популяции [1].

Наряду с реконструктивной хирургией, активно раз-
вивается протезирование клапанов сердца, которое
остается достаточно востребованным вмешательством
в кардиохирургия (в настоящее время до 60 тысяч па-
циентов нуждаются в замене аортального клапана) [2].

Как при реконструкции, так и при замене клапанов
сердца, необходим качественный биологический мате-
риал, обеспечивающий высокую свободу от протез-за-
висимых осложнений. На сегодняшний день нет доста-

Гамаева Фатима Баталовна
кандидат ветеринарных наук, доцент,
Кабардино-Балкарский государственный университет
им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик
gamaevafatima53@gmail.com

Мусукаева Анжелика Баталовна
Кабардино-Балкарский государственный университет
им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик
anzhela.musukaeva@mail.ru

Хачетлова Карина Казбековна
Кабардино-Балкарский государственный университет
им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик
karina.urusbambetova@yandex.ru

Аннотация. В современной медицине важность пластического матери-
ала для реконструктивных вмешательств трудно переоценить. Наиболее
подходящим материалом является трупный аллогraft — идеальная
по структуре, гемодинамике и органной совместимости ткань. В данном
исследовании изучен вопрос предимплантационной обработки клапанных
аллогraftов для протезирования запирающих структур сердца. Основ-
ным принципом обработки является полное удаление клеточных элемен-
тов донора с сохранением в неизменном виде соединительнотканного ма-
трикса. Изучены аспекты прочности аортального аллогraftа и качество его
децеллюляризации на модели 10 свиных корней аорты. В качестве контроля
выступал нативный свиной корень, в качестве группы изучения — груп-
па децеллюляризации и группа децеллюляризации, дополненной сверх-
критической обработкой CO₂. Выявлено, что децеллюляризация по схеме
«дигитонин+ЭДТА» не влияет на прочность аллогraftа, а дополнительное
применение сверхкритической обработки в CO₂ позволяет избавиться
от оставшихся клеточных элементов — локусов дальнейшего кальциноза.

Ключевые слова: гистология, гистоархитектоника, оценка упругопрочност-
ных характеристик, децеллюляризация.

точно качественного биологического материала для
производства каркасных и бескаркасных клапанных
протезов, заплат [3].

Наиболее перспективным является материал, полу-
ченный от организма того же вида, так называемый алло-
графт. Клапанные аллогraftы обеспечивают идеальное
соответствие протез — пациент, обладают анатомией,
сходной с нативной, при этом, обеспечивают наилуч-
шие показатели гемодинамики (эффективную площадь
открытия створок аортального клапана, минимальный
транклапанный градиент, возможность циклической де-
формации структур) [4].

Клапанные аллогraftы, применяемые с 60-х годов
прошлого столетия, отлично зарекомендовали себя

в лечении тяжелых пороков, так как обеспечивали высокую свободу от протезного эндокардита, тромботических осложнений.

Однако, применение аллографтов было лимитировано невозможностью их правильной предоперационной подготовки, обработки.

Предыдущие исследования продемонстрировали обширные возможности по модификации свойств биологической ткани для ССХ [1-5]. В арсенале производителей медицинских изделий есть технологии по снижению иммуногенности материала, увеличению его прочности, замедлению отложения депозитов гидроксиапатита, повышению способности к репопуляции клетками пациента.

Одним из важных свойств биологической ткани является механическая устойчивость к циклическим деформациям (более 1 миллиона циклов открытия — закрытия за 1 неделю). Считается, что именно механическая устойчивость является наиболее важным фактором продолжительного срока службы протеза.

Кроме того, считается, что наличие клеточных элементов (как живых клеток, так и их «обломков») является фактором, способствующим более раннему отказу протеза вследствие его деградации. Удаление клеточных элементов с сохранением матрикса неповрежденным — важная задача, находящаяся в плоскости гистологии, тканевой инженерии.

Отсюда актуальность работы — изучение упругопрочностных характеристик, а также гистоархитектоники биологической ткани, подготовленной разными способами, является первым этапом в создании биопротезов клапанов сердца с более высокой свободой от протеззависимых осложнений.

Цель исследования заключается в оценке гистологических и механических характеристик биологической ткани на модели клапанных элементов сердца животного.

Данное исследование является экспериментальным. В нем мы оценивали гистологические и упругопрочностные характеристики биологических тканей, обработанных различными способами.

Изучали гистологические характеристики ткани створок аортального клапана, извлеченного из сердца взрослой свиньи. Материалом для эксперимента послужили сердца, полученные при сотрудничестве с ГБУ «Кабардино-Балкарский центр ветеринарной медицины» структурного подразделения Республиканской ветеринарной лаборатории, с которым было заключено соответствующее соглашение о поставке 10 сердец массой 200–300 кг (всего было поставлено 10 сердец). Сердца транспортировались в лабораторию учреждения в контейнере с физиологическим раствором и гепарином. Выполнялось препаровка сердца, выделялся корень аорты, из которого иссекались створки аортального клапана. Далее каждая из трех створок была препаратом для дальнейшего изучения. Было сформировано 3 группы.

Группа 1 («девитализация + удаление клеточных элементов с помощью сверхкритического CO_2 »).

Под девитализацией мы понимали обработку створки в 500 мл 10 мМ стерильного раствора ЭДТА с добавлением 50 мг дигитонина при pH раствора 6,0. Экспозиция в растворе продолжалась в течение 2 дней, при этом емкость с девитализирующимися створками была установлена на магнитную мешалку, в связи с чем, раствор постоянно перемешивался, что поддерживало его гомогенность и помогало в проникновении девитализирующих агентов вглубь ткани.

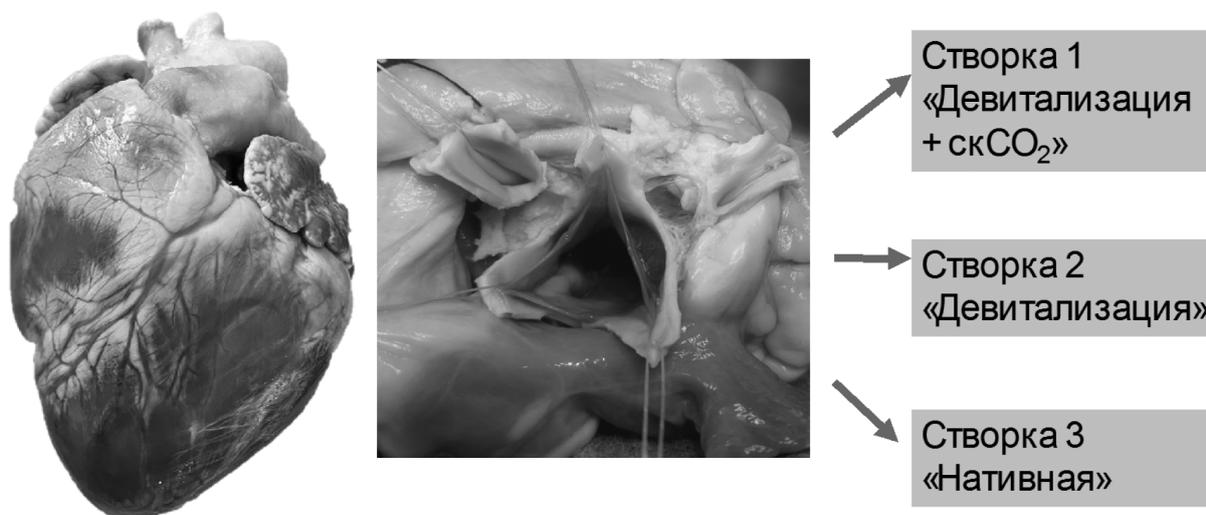
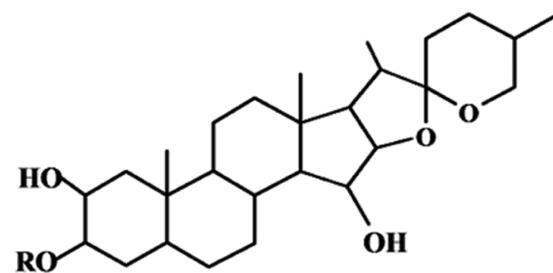


Рис. 1. Препаровка створок аортального клапана

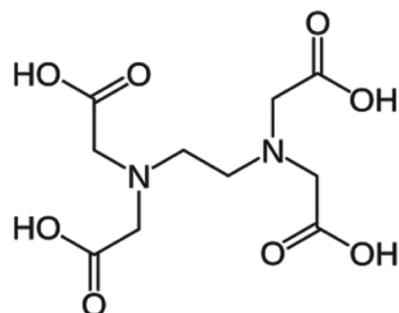


Магнитная мешалка



Дигитонин

R = -ксилоза-(галактоза)₂-(глюкоза)₂-



ЭДТА

Дигитонин
Рис. 2. Девитализация

Под сверхкритическим состоянием CO₂ мы понимали такое состояние замкнутой системы, в которой углекислый газ находился при температуре 31,1°C и давлении свыше 7,4 Мпа (в среднем 8,1 ± 1,1 Мпа). В таких условиях он принимал свойства жидкости и газа. Сочетание двух данных свойств давало тот эффект, что диоксид углерода достаточно хорошо проникал вглубь ткани аллогraftа (проявляя свойство газа) и одновременно с этим достаточно хорошо «вымывал» клеточные элементы (или так называемые «обломки» клеток), оставшиеся в матриксе аллогraftа после девитализации.

Группа 2 («девитализация»). В данной группе исследовали створки, подвергшиеся только девитализации по схеме, описанной ранее

Группа 3 («нативная створка»). В данной группе исследовали нативные створки, только извлеченные из сердца свиньи сразу после транспортировки в лабораторию.

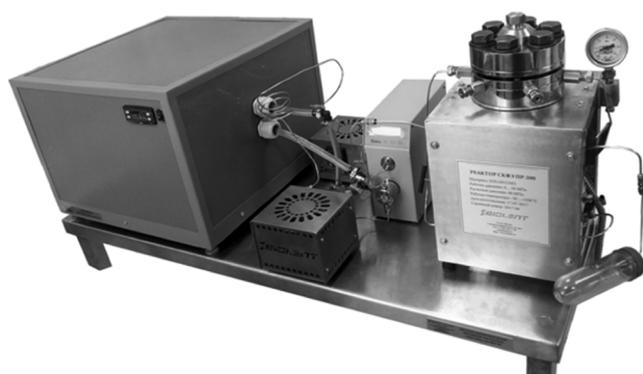
В каждой группе оказалось по 10 створок. Группы были вполне сопоставимы по размеру створок, размеру фиброзного кольца аортального клапана, возрасту животного, полу, так как каждое сердце было источником для биоматериала в каждую из групп сравнения.

Материалы и методы оценки створок

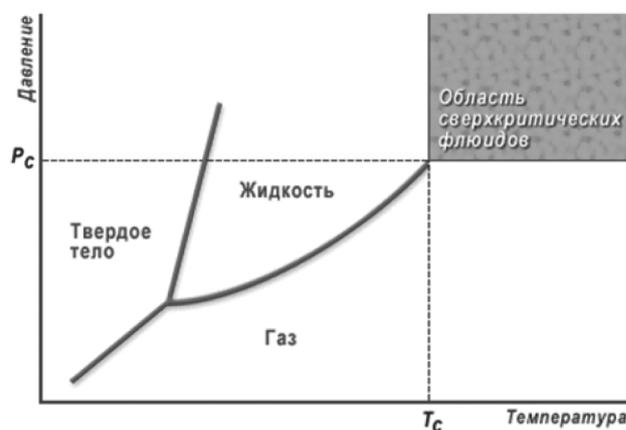
Оценка упруго прочностных характеристик проводилась на разрывной машине. Было исследовано 5 randomных образцов створок

Оценка наличия клеток и их жизнеспособности проводилась методом микроскопии препаратов, окрашенных флуоресцентным красителем. Было исследовано 5 оставшихся образцов створок.

Ноеchst 33342 — зеленый краситель, который проникал в клетки и связывался с хроматином, «подсвечивая» живые клетки.



а



б

Рис. 3. Сверхкритическая установка

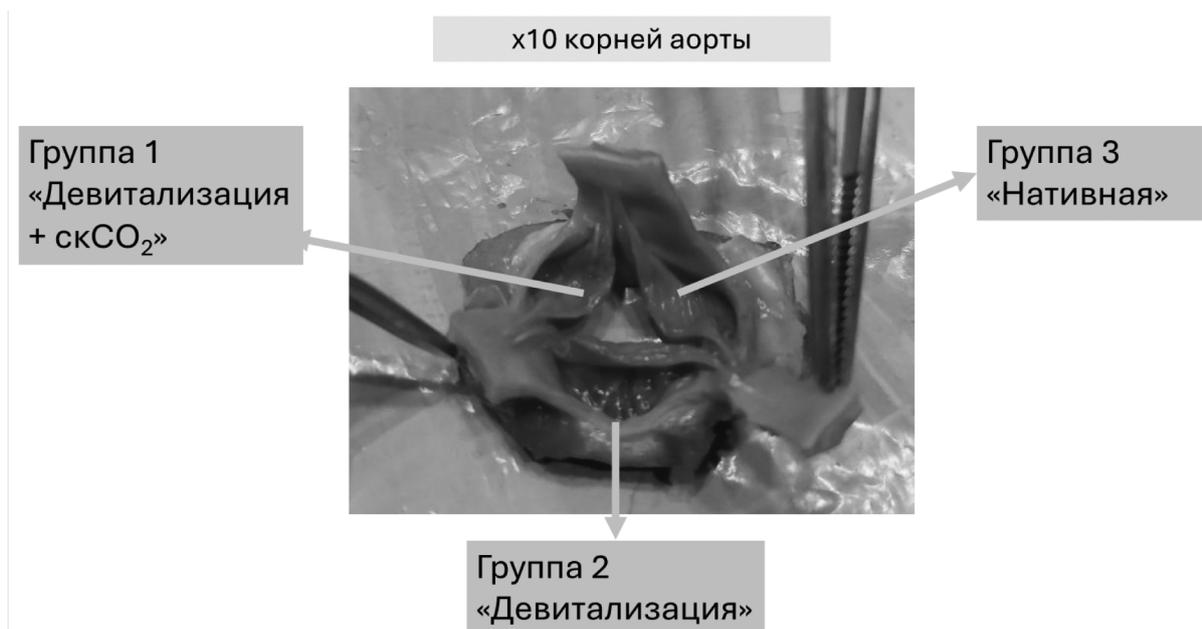


Рис. 4. Дизайн формирования сопоставимых групп сравнения

Этидиумбромид, красный флуоресцентный краситель, проникающий через поврежденную мембрану, окрашивает ядра мертвых клеток в красный цвет (в то время как в живых клетках не накапливается или «выкачивается»)

На проведение исследование было получено разрешение локального этического комитета (протокол заседания 1 от 22. 11. 2024)

Результаты исследования представлены в таблице 1.

Оценивая таблицу 1, можно сделать вывод, что упруго прочностные характеристики в целом не менялись при обработке как с помощью девитализации, так и при девитализации, дополненной обработкой сверхкритическим CO₂. Однако, девитализация статистически значимо увеличивала упругие свойства аллогraftа. В настоящее время нет данных о том, каким образом данный факт может влиять на отдаленные результаты имплантации аллогraftов, поэтому требуются детальные исследования данного вопроса *in vivo*. В нашем исследовании изучение данного вопроса не проводилось.

Исследование клеточных элементов препаратов показало, что нативные створки, не обработанные каким-либо методом, демонстрировали достаточно высокое содержание живых клеточных элементов. Однако, имелись и единичные мертвые клетки, что, вероятно, было связано с началом некробиоза ткани после забоя животного. Так большинство сердец доставлялось после забоя в течение примерно 2–3 часов, а подготовка гистологических препаратов занимала по времени около 1 часа. На протяжении всего этого времени температура окру-

жающей среды была на уровне 20 градусов по Цельсию, что, вероятно, вызвало гибель данных клеток.

В группе девитализации имелось достаточно большое количество мертвых клеток, что говорит о удачно завершившейся девитализации. При этом, девитализация не затронула соединительнотканную матрицу, так как при исследовании упругопрочностных свойств не было найдено статистически значимых отличий между девитализированным аллогraftом и нативным. Сохранение упругопрочностных характеристик мы считаем самым главным предиктором высокой свободы от протез-зависимых осложнений при использовании клапанных аллогraftов.

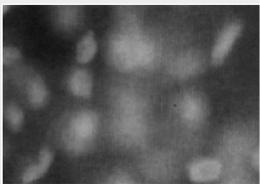
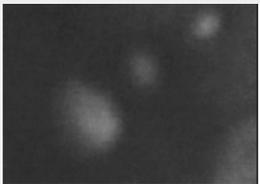
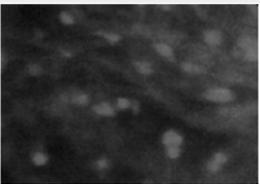
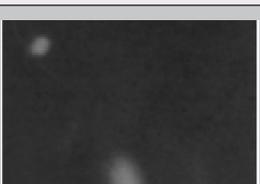
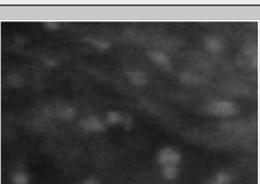
Наконец, в группе «Девитализация+ скCO₂» также не было явной потери прочностных характеристик, таким образом, можно было заключить, что матрица аллогraftа не был поврежден. Вместе с этим, все препараты, подвергшиеся сверхкритической обработке, были бедны клеточными элементами.

Применение клапанных аллогraftов в протезировании запирающих элементов сердца является крайне перспективным направлением при коррекции как врожденных, так и приобретенных пороков сердца [6].

Аллогraftы оказались незаменимыми при коррекции инфекционного поражения нативных структур сердца, сопровождающихся деструкцией не только запирающих элементов, но и фиброзных колец клапанов, центрального фиброзного тела, аорто-митрального продолжения. Особое преимущество перед имеющимися протезами имеет митральный аллогraft в трикуспидальной позиции, где использование кар-

Таблица 1.

Оценка препаратов

	Группа 1 («девитализация + удаление клеточных элементов с помощью сверхкритического CO ₂ »)	Группа 2 («девитализация»)	Группа 3 («нативная створка»)	p-value (группа 1&группа 2)	p-value (группа 1&группа 3)	p-value (группа 2&группа 3)
Модуль прочности (образцы 1–5), МПа	Ось: — 14,85±1,5 Рад.:12,55±1,5	Ось: — 13,85± 1,5 Рад.:11,35±1,1	Ось: — 15,851,1 Рад.:13,85±1,2	>0.05 >0.05	>0.05 >0.05	>0.05 >0.05
Модуль упругости (образцы 1–5), МПа	Ось: — 28,55±11,1 Рад.:20,44±13,2	Ось: — 29,55±11,1 Рад.:21,814±11,2	Ось: — 25,55±11,1 Рад.:17,614±12,1	>0.05	0,02	0,05
Запас деформационной способности (образцы 1–5)	Ось: — 1,15± 0,9 Рад.:1,15±0,3	Ось: — 1,11±0,1 Рад.:1,52±0,2	Ось: — 1,85± 1,1 Рад.:1,5±1,2	>0.05 >0.05	>0.05 >0.05	>0.05 >0.05
Образец 4				–	–	–
Образец 5				–	–	–
Образец 6				–	–	–
Образец 7				–	–	–

касных заводских протезов ассоциировано с высоким риском тромботических осложнений и повторного протезного эндокардита [7].

Вместе с этим применение аллогraftов пока ограничено отсутствием критической массы фундаментальных исследований в области тканевой инженерии. Сохранение в нативном виде невозможно, так как аллогraft, состоящий из живой ткани, склонен вызывать клеточные реакции иммунного ответа, напоминающие органное отторжение [1–3].

Способы девитализации с «уничтожением» клеток ассоциированы с повреждением всего аллогraftа и потерей его упругопрочностных характеристик.

Применение методов децеллюляризации с использованием детергентов дигитонина и ЭДТА оказывает более селективное действие на клетки, вызывая их апоптоз без значимого повреждения коллагена и эластина. Данный тезис был вполне подтвержден в нашем исследовании [8].

Наконец, применение методов «вымывания» клеточных элементов представляется крайне важным, так как сохранение в матриксе молекул ДНК, бексов и прочих «обломков клеток» может приводить к еще большей клеточной реакции, чем на нативный пересаженный протез. Требуется продолжить изучение данного направления с применением методов пересадки биологических образцов в организм лабораторных животных и последующей оценкой степени кальцификации [9].

По результатам исследования удалось сделать вывод об относительно безопасной децеллюляризации — при

ней прочность аллогraftа не снижалась (в сравнении с нативным клапаном), хотя отмечалось некоторое увеличение эластичности. Наконец, мы пришли к выводу, что после децеллюляризации в матриксе накапливается достаточно большое количество «обломков» клеток, сохранение которых *in situ* может способствовать кальцинозу и иммунному ответу. В противовес этому, мы представили доказательства возможности вполне успешного «вымывания» клеток с помощью сверхкритического CO₂, мы считаем, что данная технология может найти широкое применение в клапанной хирургии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бокерия Л.А., Царегородцев А.В., Бритиков Д.В., Глянцев С.П. История разработки и применения бескаркасного митрального аллогraftа для протезирования атриовентрикулярных клапанов сердца. Часть 1. От эксперимента до криосохранения. Бюллетень ННПЦССХ Сердечно-сосудистые заболевания. 2024
2. Бокерия Л.А., Царегородцев А.В., Бритиков Д.В., Глянцев С.П. История разработки и применения бескаркасного митрального аллогraftа для протезирования атриовентрикулярных клапанов сердца. Часть 2. От криосохранения до децеллюляции. Бюллетень ННПЦССХ Сердечно-сосудистые заболевания. 2024
3. Komarov R.N., Tsaregorodtsev A.V., Tkachev M.I., et al. Monoblock aorto-mitral homograft: surgical technique and results. *MOJ Clin Med Case Rep.* 2023;13(3):58-60. DOI: 10.15406/mojcr.2023.13.00438
4. Комаров Р.Н., Царегородцев А.В., Ткачев М.И., Васалатий И.М., Олейник И.В., Панченко М.О., Ключина А.Г., Нуридджанян А.В., Калинина Ю.А., Лайпанов М.А., Тебиева Д.К. Применение криосохраненных гомогraftов в клапанной хирургии — опыт одной клиники. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины.* 2024;39(2):78–85. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2024-39-2-78-85>
5. Komarov R.N., Tsaregorodtsev A.V., Tkachev M.I. Monoblock aorto-mitral homograft: surgical technique and results // *MOJ Clin Med Case Rep.* — 2023;13(3) — P. 58–60. — 10.15406/mojcr.2023.13.00438
6. Комаров Р.Н., Царегородцев А.В., Ткачев М.И., Савина В.А., Базиянц Л.Р. Клинический случай использования аортомитрального гомогraftа у пациента с инфекционным эндокардитом: техника операции и непосредственные результаты // *Минимально инвазивная сердечно-сосудистая хирургия.* — 2023. — С. 58–64.
7. Комаров Р.Н., Нуждин М.Д., Белов В.А., Чернявский С.В., Исмаилбаев А.М., Дракина О.В., Царегородцев А.В., Базиянц Л.Р. Митральный гомогraft в трикуспидальной позиции: показания к имплантации и хирургическая техника // *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний* — 2023. — 10.17802/2306–1278-2023-12-2
8. Нуждин М.Д., Комаров Р.Н., Мацуганов Д.А., Мельников И.Ю., Царегородцев А.В. Технические аспекты и результаты применения клапанных гомогraftов в хирургии атриовентрикулярных клапанов сердца: систематический обзор // *Патология кровообращения и кардиохирургия* — 2023. — С. 42–53. — 10.21688/1681–3472-2023-2-42-53.
9. Urganci E., Aschacher T., Herbst C., Andreas M., Schlein J., Sandner S., Laufer G., Zimpfer D. Implantation of a decellularized aortic homograft in a child. *Multimed Man Cardiothorac Surg.* 2020 Mar 19;2020. doi: 10.1510/mmcts.2020.007. PMID: 32356619.

© Гамаева Фатима Баталовна (gamaevafatima53@gmail.com); Мусукаева Анжелика Баталовна (anzhela.musukaeva@mail.ru);

Хачетлова Карина Казбековна (karina.urusbambetova@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ: РАЗВИТИЕ ОСТЕОДЕСТРУКТИВНЫХ ПОРАЖЕНИЙ НА ФОНЕ МИЕЛОМНОЙ БОЛЕЗНИ

CLINICAL CASE: DEVELOPMENT OF OSTEODESTRUCTIVE LESIONS IN THE CONTEXT OF MULTIPLE MYELOMA

D. Gubanov
K. Gubanova
D. Rebrov
E. Konchakova
A. Tolstykh

Summary. In clinical practice, general practitioners often encounter patients with bone lesions, particularly in elderly populations. This creates a need for differential diagnosis, especially with multiple myeloma, a condition frequently accompanied by bone damage. This article discusses a clinical case involving a patient with myeloma exhibiting a predominantly osteodestructive progression. A key aspect of studying hematological or oncological diseases lies in understanding their progression at the cellular level. Such insights are critical for identifying diagnostic markers and determining therapeutic targets. Accordingly, the second part of the study explores the pathophysiological mechanisms underlying the pathogenesis of this disease.

Objective: To examine the clinical manifestations, diagnostic approaches, and progression of osteodestructive lesions in multiple myeloma.

Relevance: Multiple myeloma is a disease characterized by a diverse pathological profile, primarily affecting elderly patients. One of its most common manifestations is osteodestructive lesions. Therefore, understanding the disease's pathogenesis is essential for differential diagnosis, given the high prevalence of primary bone lesions in older adults.

Keywords: multiple myeloma, osteoblasts, osteoclasts, RANKL, Wnt signaling pathway, monoclonal gammopathy, bone remodeling.

Губанов Дмитрий Сергеевич

старший преподаватель, ФГБОУ ВО Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина
dmitrij.gubanov@yandex.ru

Губанова Ксения Михайловна

ФГБОУ ВО Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина
kseniya1gubanova@gmail.com

Ребров Дмитрий Станиславович

ФГБОУ ВО Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина
rebrov.dmitriy80@gmail.com

Кончакова Елизавета Андреевна

ФГБОУ ВО Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина
wildchildwichi@gmail.com

Толстых Антон Алексеевич

ФГБОУ ВО Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина
anton1909t@bk.ru

Аннотация. В ходе своей практики врач-терапевт часто сталкивается с пациентами с поражениями костей, особенно в тех случаях, когда речь идёт о пациентах пожилого возраста. В свою очередь возникает потребность дифференциальной диагностики с множественной болезнью, частым спутником которой зачастую является поражение костей. В данной статье рассмотрен клинический случай пациентки с миеломной болезнью с доминирующим остеодеструктивным течением. Базисным аспектом при рассмотрении гематологического или онкологического заболевания является течение заболевания на клеточном уровне. Такое знание необходимо для поиска ключевых маркеров для диагностики заболевания, а также для поиска точки приложения лекарственной терапии. Соответственно, во второй части работы были проанализированы патофизиологические особенности патогенеза заболевания такого вида.

Цель: проанализировать клинические проявления, диагностический подход и развитие остеодеструктивных поражений при миеломной болезни.

Актуальность: Множественная миелома — это заболевание с варибельным спектром патологического профиля. Преимущественно этот диагноз ставится пожилым пациентам. При этом наиболее частым симптомом является остеодеструктивные поражения. Таким образом возникает потребность в изучении патогенеза заболевания для дифференциальной диагностики вследствие высокой частоты первичных поражений костей у людей преклонного возраста.

Ключевые слова: множественная миелома, остеобласты, остеокласты, RANKL, Wnt, моноклональная гаммапатия, ремоделирование кости.

Пациентка С., 71 год, обратилась в ТОГБУЗ ГKB № 4 г. Тамбова 03.06.2024 г. с жалобами: слабость, головные боли и боли в поясничной области. Считает себя больной в течение двух лет, когда стали беспокоить боли в поясничной области; лечилась амбулаторно с умеренным положительным эффектом. Наблюдается ухудшение состояния в течение двух месяцев — усилились боли, иррадиирующие в левую ногу. Проходила стационарное лечение в неврологическом отделении ТОГБУЗ ГKB № 4. При дообследовании — Hb 80 г/л.

КТ-картина сомнительная. КТ-картину необходимо дифференцировать между проявлениями диффузного неравномерного остеопороза, вторичного поражения костей на фоне неопластического процесса, гематологического заболевания, миеломной болезни, либо сочетанием указанных пунктов. В связи с необходимостью в коррекции анемии, дообследования и дифференцирования госпитализована в гематологическое отделение Тамбовской областной клинической больницы им. В.Д. Бабенко.

Общее состояние средней степени тяжести, сознание заторможено, кожные покровы умеренно бледные, имеется небольшое ограничение движений из-за болей в суставах, отмечается пастозность голеней. Пациентка в позе Ромберга неустойчива, передвигается с тростью.

Предварительный диагноз

- Основной: анемия средней степени тяжести неясной этиологии
- Сопутствующий: Гипертоническая болезнь III СТ, контролируемая АГ, риск ССО IV. Гиперхолестеринемия. Целевое АД 130–139/70–79 мм.рт.ст. Сахарный диабет II типа. Диабетическая полинейропатия, симметричная, дистальная сенсорная форма. Деформирующая дорсопатия. Поясничные остеохондроз, клиновидная деформация тел L3-S1 позвонков. Вертеброгенный левосторонний люмбадикулоалгический синдром с выраженным болевым, мышечно-тоническим компонентом в ст. обострения. Киста правого яичника. Миома матки малых размеров.

В ходе лабораторных исследований были выявлены следующие отклонения:

- ОАК: HGB 85 г/л, HCT 25,7 %, RET% 2,2 %, СОЭ 47 мм/ч
- Микроскопия — пойкилоцитоз частичный
- БАК: глюкоза 9,93 ммоль/л, креатинин 101 мкмоль/л, мочевины 12,1 ммоль/л, ЩФ 349,5 Е/Л, кальций 2,8 ммоль/л, холестерин — 8,82 ммоль/л, ЛПНП — 6,3 ммоль/л
- ОАМ: лейкоциты 5–10 в п/зр, эритроциты 1–3 в п/зр, плоский эпителий в редких п/зр
- Стерильная пункция: наличие наряду с лимфоцитами плазматических клеток, в т.ч. 2–4-х ядерных,

переходных форм лимфоидного ряда средних размеров с ядрами округлой формы, часть которых содержит 1–2 нуклеоиды, цитоплазма с явлениями плазматоза

- Иммуноэлектрофорез-скрининг: ОБНАРУЖЕНЫ патологические IgG, легкие каппа-цепи; гаммаглобулины 21,9 %, на электрофореграмме определяется М-градиент в области гамма-зоны глобулинов 17,1 %.

Были выполнены инструментальные исследования

Были выявлены следующие отклонения:

- ЭКГ: ритм синусовый, 67 в мин, отклонение ЭОС влево, БПВЛНПГ, возможна гипертрофия левого желудочка.
- КТ: структура визуализируемых костей диффузно-неоднородная, с проявлениями диффузного неравномерного остеопороза, несросшийся перелом лонной кости. Признаки диффузной грыжи в L1-2, L2-3, L3-4, L4-5, L5-S1, перелом 10 ребра слева.
- РГ: череп — разнокалиберные очаги костной деструкции, кости таза — очаги костной деструкции разного размера.
- УЗИ: ОМТ — эхо-признаки миомы матки, киста правого яичника (25x23 мм), УЗИ ОБП + почек — признаки диффузных изменений печени (по типу жирового гепатоза), поджелудочной железы, селезенки.
- ЭГДС: слизистая желудка «пятнистая» — ярко гиперемирована во всех отделах, рыхлая, визуализированы множественные полусферические образования — маркер *H. Pylori*, слизистая ДПК умеренно гиперемирована.

Окончательный диагноз

- Основной: Диагноз по МКБ-10 C90.0 Множественная миелома Gk, 2Аст, осложнения — остеодеструкции черепа, ребер, костей таза. Патологический перелом 10 ребра слева. Несросшийся перелом верхней ветви правой лонной кости без выраженного смещения. Консолидирование перелома нижней ветви лонных костей.
- Сопутствующий: Гипертоническая болезнь III ст, контролируемая АГ. Гиперхолестеринемия. Риск ССО IV. Сахарный диабет 2 типа. Целевой HbA1c <8,0 %. Диабетическая полинейропатия, симметричная, дистальная, сенсорная форма. Деформирующая форма. Поясничные остеохондроз, клиновидная деформация тел L3-S1 позвонков. Вертеброгенный левосторонний люмбадикулоалгический синдром с выраженным болевым, мышечнотоническим компонентом в ст. обострения. Киста правого яичника, миома матки малых размеров. Хронический гастродуоденит, вне обострения *H. Pylori* +.

Для лечения основного заболевания были выбраны ингибитор протеасом — Бортоземиб, противоопухолевый препарат Циклофосфамид, препарат глюкокортикоидов — Дексаметазон.

Множественная миелома (ММ) — это клональное плазматическое клеточно-пролиферативное расстройство, характеризующееся аномальным увеличением моноклональных иммуноглобулинов. Пролиферация плазматических клеток постепенно приводит к специфическому повреждению органов-мишеней. Она чаще всего диагностируется у мужчин в возрасте 70 лет. При этом наиболее частым симптомом является остеодеструктивные поражения [6].

Всем пациентам с ММ предшествует моноклональная гаммапатия неопределенного значения (MGUS). Для MGUS характерно увеличение преимущественно концентрации IgG, и в меньшей степени — IgA, IgM, IgD.

Критерии постановки диагноза [1]:

1. Определение моноклонального протеина (М-протеина) в концентрации менее 30 г/л;
2. Менее 10 % клональных плазматических клеток в костном мозге;
3. Отсутствие симптомов злокачественного преобразования плазматических клеток по критериям CRAB.

Выделяют такие критерии CRAB [9]:

- Уровень кальция в сыворотке более 0,25 ммоль/л (более 1 мг/дл), выше верхней границы нормы или более 2,75 ммоль/л (более 11 мг/дл)
- Почечная недостаточность (креатинин более 2 мг/дл [более 177 мкмоль/л] или клиренс креатинина менее 40 мл в минуту)
- Анемия (гемоглобин менее 10 г/дл или гемоглобин более 2 г/дл ниже нижней границы нормы)
- Одно или несколько остеолитических поражений костей на рентгенограмме скелета, КТ или ПЭТ-КТ,

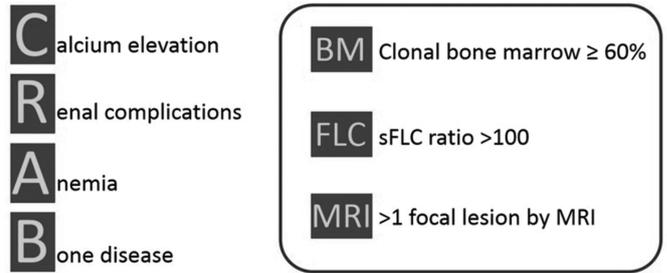


Рис. 1. Критерии злокачественного преобразования плазматических клеток (CRAB)

часто описываемых как перфорированные, круглые, рентгенопрозрачные поражения.

sFLC — Свободные легкие цепи иммуноглобулинов каппа и лямбда сыворотки

MRI — Магнитно-резонансная томография

MGUS стоит рассматривать как предзлокачественное состояние, связанное с пролиферативным нарушением плазматических клеток, которая изредка может перейти в злокачественную форму (приблизительно в 1 % случаев).

Остеокласты

Это многоядерные клетки, происходящие из гемопоэтических стволовых клеток, приверженных линии моноцитов-макрофагов. Основой резорбционной функции остеокластов являются различные виды катепсинов (B, C, D, E, G, L и K) [2]. Остеокласты также содержат определенные белки, такие как тартрат-устойчивая кислая фосфатаза (TRAP), тартрат-устойчивая тринуклеотид-фосфатаза, карбоангидраза II, рецепторы кальцитонина. Катепсин-K является наиболее остеолитическим, и ингибиторы катепсина K проходят испытания для лечения метастатического поражения костей при раке.

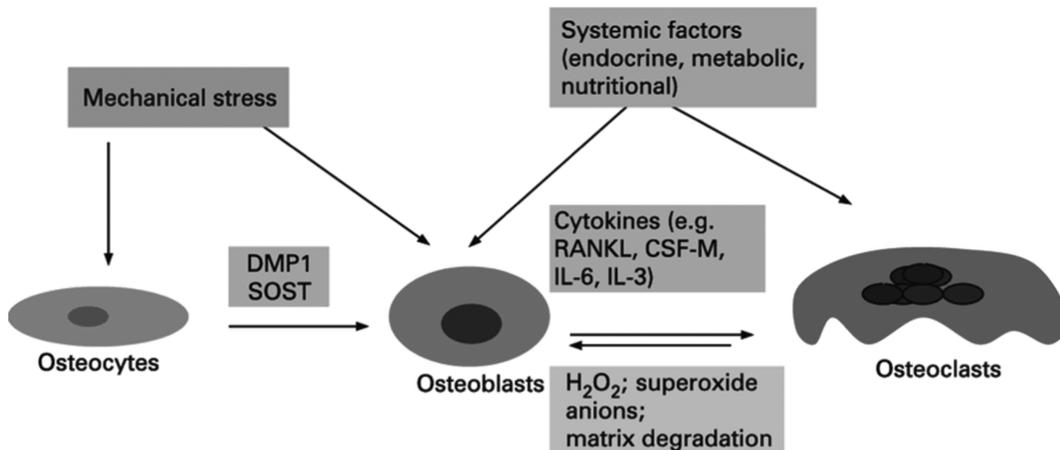


Рис. 2. Регуляция костного ремоделирования в нормальных условиях

Остеобласты

Остеобласты — это мононуклеарные клетки, происходящие из мезенхимальных стволовых клеток (МСК). МСК, происходящие из нейральной эктодермы, могут напрямую дифференцироваться в остеопрогениторные клетки, которые станут остеобластами и сформируют кость посредством интрамембранозной оссификации (т.е. чешуйчатые кости свода черепа и ключицы). МСК, происходящие из параксиальной мезодермы, дифференцируются в остеобласты осевого скелета, в то время как МСК латеральной пластинчатой мезодермы образуют остеобласты аппендикулярного скелета. [4] Они содержат фермент костную щелочную фосфатазу, который может быть использован в качестве маркера остеобластической активности. [5] Их нормальное расположение — вблизи поверхности кости, где закладывается новая кость. Их основная функция — формирование кости путем синтеза коллагена, выработки остеокальцина (OCN) и минерализации.

Нормальная кость состоит из минерализованной части и органической части, которая, в свою очередь, состоит из коллагеновых и неколлагеновых белков. Ремоделирование кости — это непрерывный процесс, состоящий из резорбции старой кости (остеокластическая активность) и формирования новой кости (остеобластическая активность). Этот процесс хорошо сбалансирован у нормального человека, чтобы поддерживать кости в здоровой форме благодаря остеокластам и остеобластам.

Патофизиология миеломной болезни

В основе патогенеза множественной миеломы лежит два типа клеток: циркулирующие опухолевые клетки

(ЦОК, CSC) и клоны минимальной остаточной болезни (МОБ, MRD).

ЦОК отвечают за распространение и экстрамедулярное заболевание, а также количество ЦОК влияет на риск трансформации MGUS и тлеющей ММ в активную ММ, а также связано со значительно худшими результатами у пациентов с активным заболеванием (Рис. 3).

MRD является резервуаром клональной эволюции. Этот тип клеток обеспечивает рецидив заболевания даже на фоне интенсивной терапии. Хотя эта популяция клеток и обладает меньшим агрессивным эффектом, при этом они имеют больший потенциал к выживанию. Пациенты, достигшие отрицательного статуса MRD на уровне 10^{-5} или 10^{-6} , демонстрируют значительно более длительную выживаемость без прогрессирования (PFS) и общую выживаемость (OS) по сравнению с пациентами с положительным MRD. Несмотря на это, отрицательный результат MRD должен быть подтвержден и поддерживаться в течение 12 или более месяцев, чтобы свести к минимуму риск ложноотрицательных результатов. Поэтому иммунофенотипирование клеток костного мозга является основным методом для скрининга пациентов с ММ для определения индивидуального прогноза.

В отличие от нормального ремоделирования костей, механизм сцепления ОС и ОБс утрачивается при ММ. Клетки ЦОК достигают этого несколькими способами: активацией остеокластов и угнетением активности остеобластов.

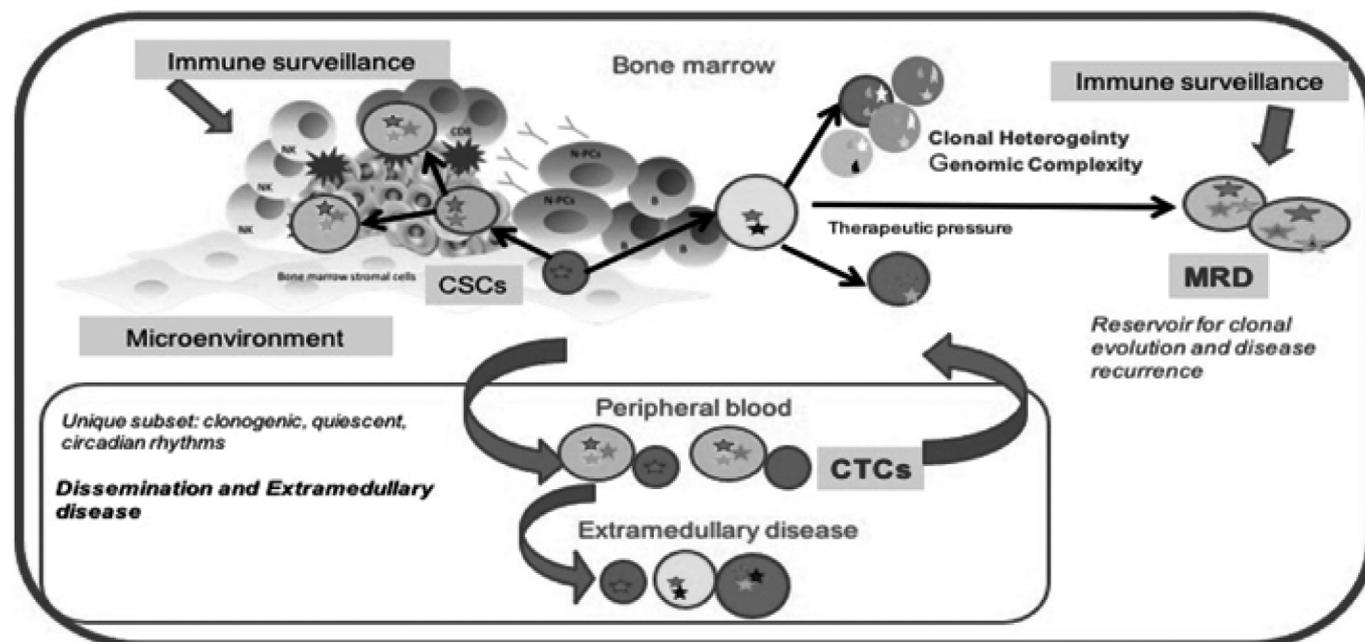


Рис. 3. Типы популяций клеток в микроокружении костного мозга [8]

Повышенный остеокластогенез

Микросреда костного мозга состоит из множества клеток, которые участвуют в развитии миеломной болезни костей. Основные — клональные плазматических клеток (МС), иммунных клеток (Т-лимфоцитов) и стромальные клетки костного мозга BMSC.

МС прикрепляются к BMSC, и это приводит к выработке определенных антиапоптотических белков и цитокинов. Взаимодействие МС и BMSC повышает регуляцию RANKL, IL-6, фактора активации В-клеток (BAFF) и активина А.

Фактор активации В-клеток член суперсемейства TNF, участвует в развитии В-клеток и способствует остеокластогенезу и выживанию МС. 32 Активин А принадлежит к семейству трансформирующего фактора роста (TGF), и его высокие уровни отмечаются на поздней стадии MM; кроме того, он действует как активатор и ингибитор ОС и ОБs соответственно. Повышенный уровень BAFF активирует PI3K/AKT/mTOR-сигнальный.

Т-лимфоциты, регулируют активность, выживаемость и функционирование ОС и ОБ, продуцируя интерлейкин-17 (IL-17) в костном мозге пациентов с MM, а также продуцируют остеокластогенные цитокины, такие как IL-3, RANKL, Dcr3 и TNF, что приводит к усилению остеолиза у этих пациентов.

Система RANKL/OPG

RANKL, который принадлежит к суперсемейству TNF, вырабатывается BMSC, ОБ и активированными

Т-лимфоцитами. Взаимодействие МС с BM-sc, гиперкальциемия и другие агенты, вызывающие резорбцию костей, такие как паратиреоидный гормон (PTH), паратиреоидный гормон-родственный белок (PTHrp) и витамин D3, стимулируют BMSC и ОБ увеличивать выработку RANKL, затем RANKL через свой рецептор RANK на предшественниках ОС стимулирует их дифференциацию в зрелые ОС и снижает апоптоз ОС, что приводит к повышению остеокластической активности. При этом экспрессия ингибитора RANKL — OPG в костном мозге была снижена [15].

Интерлейкин-6 (ИЛ-6) и интерлейкин-3 (ИЛ-3)

IL-6, вырабатываемый стромальными клетками костного мозга (BMSC), участвует в иммунных и воспалительных реакциях, а также в метаболизме костей, активируя определенные пути, такие как Ras/митоген-активируемый белок (MAP), каскад внеклеточной сигнал-регулируемой киназы (ERK), сигнальный трансдуктор и активатор транскрипции 3 (STAT 3) и каскад фосфоинозитид 3-киназы/Akt. В частности, при миеломе IL-6 увеличивает выживаемость МС и защищает МС от апоптоза. [12]

ИЛ-3 обладает синергизмом с ИЛ-6, что приводит к увеличению роста МК. Это вещество вместе с MIP-1α и RANKL значительно увеличивает остеокластическую активность при MM по сравнению с MIP-1α и RANKL по отдельности. [11]

Снижение остеобластогенеза

При МБК снижение формирования костной ткани вследствие снижения активности остеобластов также

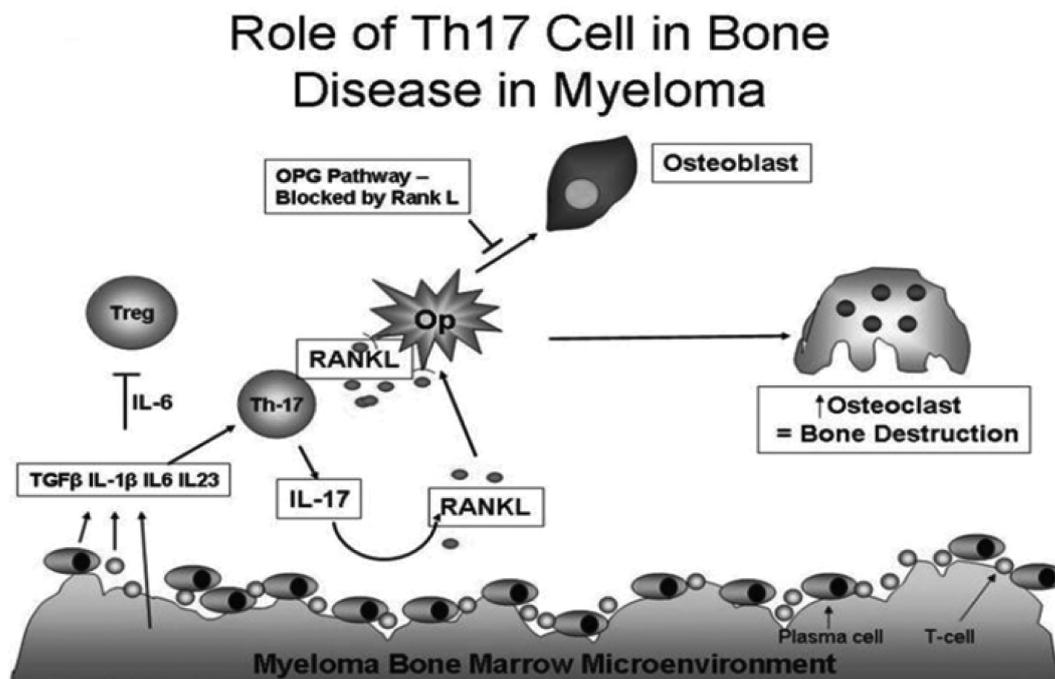


Рис. 4. Влияние IL-17, IL-6 и TGF-β на остеобластогенез и остеокластогенез [3]

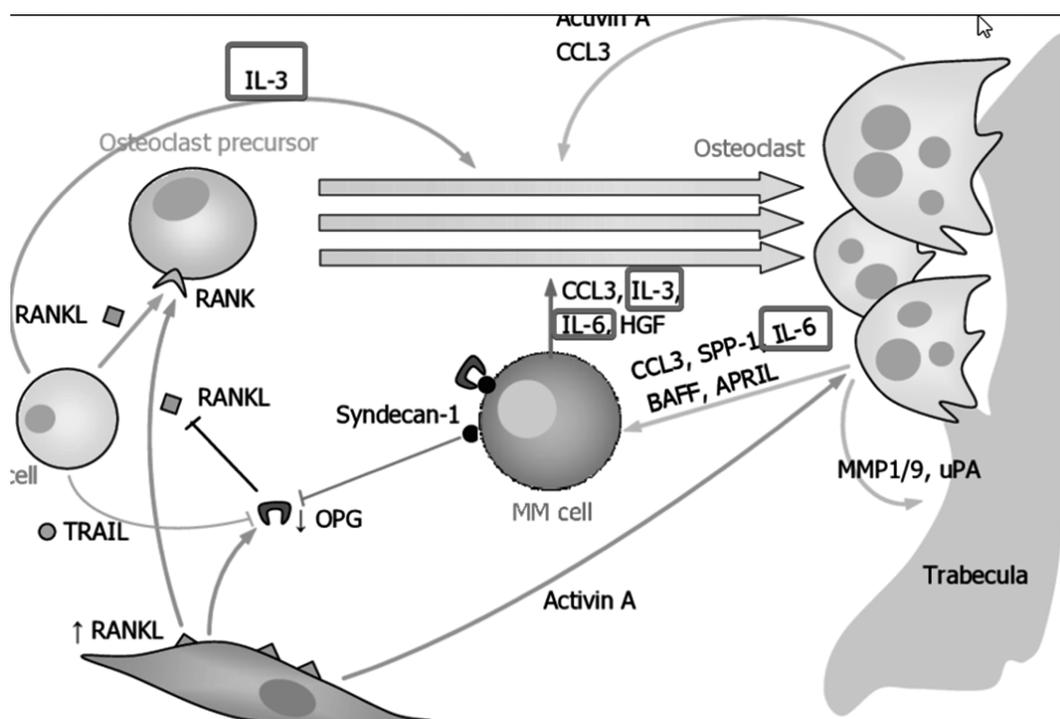


Рис. 5. Регуляция остеокластогенеза при миеломной болезни [7]

играет ключевую роль в тяжести заболевания, что является результатом обширной потери костной ткани и отсутствия восстановления. Существуют определенные факторы, участвующие в подавлении активности остеобластов, такие как путь Wnt/DKK1, IL-3, IL-7, фактор транскрипции 2, связанный с runt (Runx2),

1. Сигнальный путь Wingless (Wnt).

Путь Wnt играет важную роль в формировании и remodelировании костей. Этот путь опосредован через **β-катенин**. При активации сигнала Wnt лиганд связывается с корецептором Frizzled и белком LRP5/6, что приводит к нарушению фосфорилирования β-катенина. Несфорилированный β-катенин не распознаётся убиквитинлигазой. Такой β-катенин способен проникать в ядро и влиять на транскрипцию генов. Таким образом, сигнальный путь Wnt стимулирует дифференциацию ОБ из МСК. Блокада этого пути через DKK1 подавляет образование ОБ. Сигнальный путь Wnt повышает экспрессию RANKL из предшественников ОБ, что приводит к повышению активности остеокластов и резорбции костей. Активация пути Wnt увеличивает продукцию OPG из ОБ, что в свою очередь снижает остеокластогенез, управляемый RANKL. [14]

Диккопф-1 (DKK1)

DKK1 экспрессируется остеобластами и стромальными клетками мозга. DKK1 — антагонист сигнального пути Wnt/β-катенин, что приводит к ингибированию созревания ОБ и образованию новой кости. В результате

экспрессии DKK1 нарушается развитие прооosteобластов в зрелые остеобласты [10]

2. Фактор транскрипции Runt-related 2 (Runx2)/фактор связывания ядра, альфа-субъединица домена Runt 1 (CBFA1).

Runx2/CBFA1 играет важную роль в формировании и дифференцировке ОБ из MSC и BMSC. Активация Runx2/CBFA1 в человеческих BMSC и преosteобластических клетках вызывает высокую экспрессию остеобластических маркеров, таких как щелочная фосфатаза и OCN

Трансформирующий фактор роста — β (TGF-β)

TGF-β — это фактор роста, высвобождаемый из костного матрикса во время резорбции кости, который подавляет терминальную остеобластическую дифференциацию. Исследования in vitro показали, что блокирование TGF-β приводит к ингибированию роста миеломных клеток, а также к повышению дифференциации и формированию остеобластов. Выделение TGF-β вызывает сдвиг в профиле лимфоцитов с регуляторных клеток к Th17, увеличивая продукцию IL-17, действие которого опосредованно через систему RANKL

Ил-7

IL-7 оказывает двойное действие, увеличивая активность остеокластов, а также ингибируя стимуляцию и созревание ОБ за счёт воздействия на фактор транскрип-

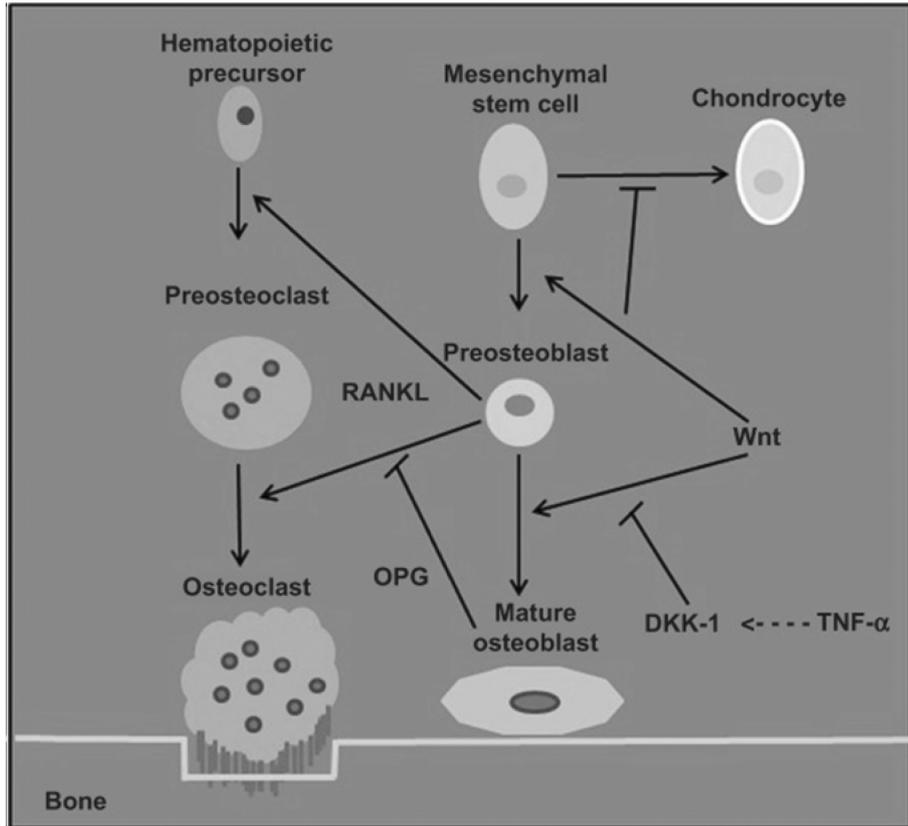


Рис. 6. Регуляция остеобластогенеза через системы RANKL/OPG — Wnt/ β-катенин в нормальных условиях [16]

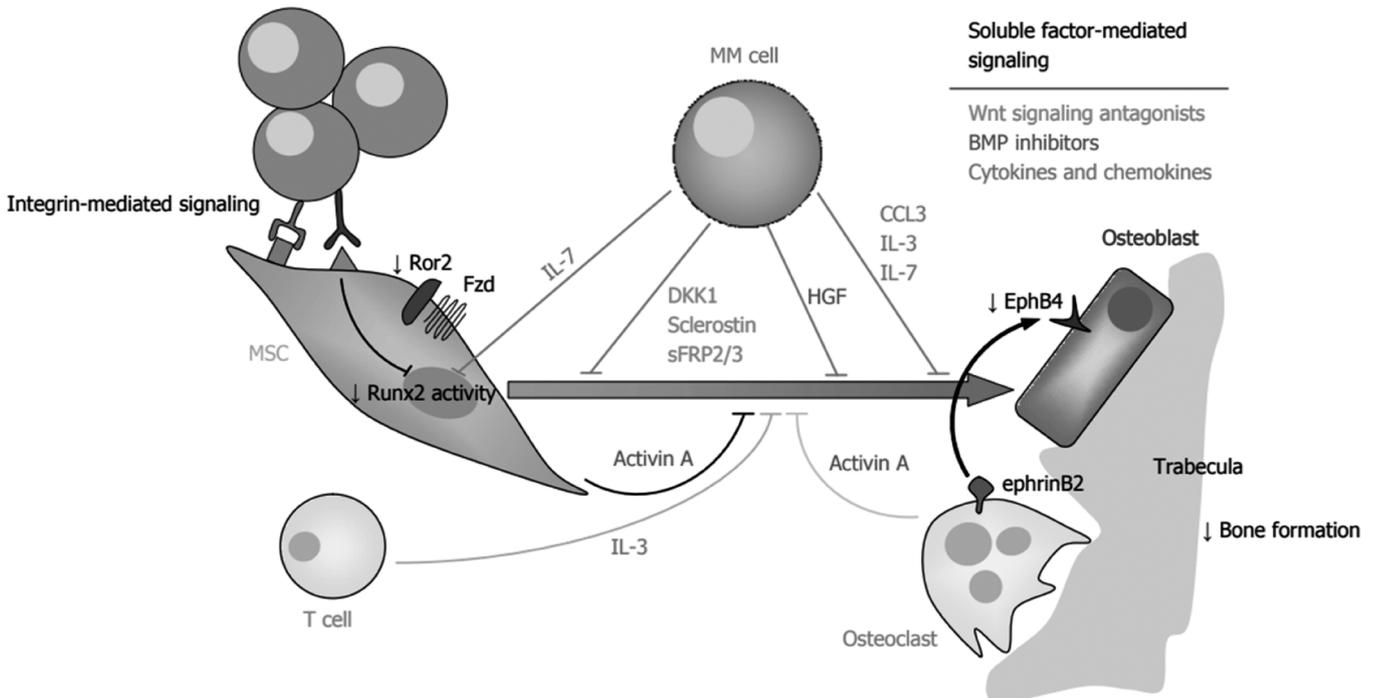


Рис. 7. Общая схема снижения остеобластогенеза [7]

ции Runt-related 2 (Runx2). Высокие уровни IL-7 были продемонстрированы в костном мозге пациентов с ММ, и он ингибирова

л как раннюю, так и позднюю дифференцировку и формирование остеобластов. Результаты исследования показывают, что системное повышение уровня Dkk-1 и IL-7 снижает генерацию ОБ [10]

ИЛ-3

ИЛ-3 играет двойную роль в ремоделировании костей. Как мы отметили ранее, ИЛ-3 стимулирует остеокласты. Но также он косвенно ингибирует остеобласты. Было продемонстрировано, что ИЛ-3 ингибирует базальный и костный морфогенетический белок 2 (BMP-2), который стимулирует образование остеобластов [13]

Вывод

Изучение патогенетических механизмов развития множественной миеломы открывает широкий спектр возможностей для поиска новых диагностических маркеров для ранней и скорой верификации диагноза, а также поиска новых точек приложения лекарственных препаратов для патогенетической терапии поражений костной ткани.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kaseb H., Annamaraju P., Babiker H.M. Monoclonal Gammopathy of Undetermined Significance. [Updated 2022 Jul 10]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan
2. Goto T., Yamaza T., Tanaka T. Cathepsins in the osteoclast. *J Electron Microsc (Tokyo)*. 2003;52(6):551–8. doi: 10.1093/jmicro/52.6.551. PMID: 14756243.
3. Kimberly Noonan, Luigi Marchionni, Judy Anderson, Drew Pardoll, G. David Roodman, Ivan Borrello, A novel role of IL-17—producing lymphocytes in mediating lytic bone disease in multiple myeloma, Volume 116, Issue 18, 2010
4. Henry J.P., Bordoni B. Histology, Osteoblasts. [Updated 2023 May 1]. In: StatPearls [Internet]
5. Liu Baoyan & Lu Yanqin & Wang Yong & Ge Luna & Zhai Naixiang & Han Jinxiang. (2019). A protocol for isolation and identification and comparative characterization of primary osteoblasts from mouse and rat calvaria. *Cell and Tissue Banking*. 20. 10.1007/s10561-019-09751-0.
6. Kumar V., Abbas A.K., & Aster J.C. (2017). *Robbins Basic Pathology* (10th ed.)
7. Garcia-Gomez A., Sanchez-Guijo F., Del Cañizo M.C., San Miguel J.F., Garayoa M. Multiple myeloma mesenchymal stromal cells: Contribution to myeloma bone disease and therapeutics. *World J Stem Cells*. 2014 Jul 26;6(3):322–43. doi: 10.4252/wjsc.v6.i3.322. PMID: 25126382; PMCID: PMC4131274.
8. Hameed A., Brady J.J., Dowling P., Clynes M., O’Gorman P. Bone disease in multiple myeloma: pathophysiology and management. *Cancer Growth Metastasis*. 2014 Aug 10; 7:33–42. doi: 10.4137/CGM.S16817. PMID: 25187738; PMCID: PMC4133035.
9. Albagoush S.A., Shumway C., Azevedo A.M. Multiple Myeloma. 2023 Jan 30. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan–. PMID: 30521185.
10. Nierste B.A., Glackin C.A., Kirshner J. Dkk-1 and IL-7 in plasma of patients with multiple myeloma prevent differentiation of mesenchymal stem cells into osteoblasts. *Am J Blood Res*. 2014 Dec 15;4(2):73–85. PMID: 25755907; PMCID: PMC4348795.
11. Lee J.W., Chung H.Y., Ehrlich L.A., Jelinek D.F., Callander N.S., Roodman G.D., Choi S.J. IL-3 expression by myeloma cells increases both osteoclast formation and growth of myeloma cells. *Blood*. 2004 Mar 15;103(6):2308–15. doi: 10.1182/blood-2003-06-1992. Epub 2003 Nov 13. PMID: 14615378.
12. Harmer D., Falank C., Reagan M.R. Interleukin-6 Interweaves the Bone Marrow Microenvironment, Bone Loss, and Multiple Myeloma. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2019 Jan 8; 9:788. doi: 10.3389/fendo.2018.00788. PMID: 30671025; PMCID: PMC6333051.
13. Ehrlich L.A., Chung H.Y., Ghobrial I., Choi S.J., Morandi F., Colla S., Rizzoli V., Roodman G.D., Giuliani N. IL-3 is a potential inhibitor of osteoblast differentiation in multiple myeloma. *Blood*. 2005 Aug 15;106(4):1407–14. doi: 10.1182/blood-2005-03-1080. Epub 2005 May 5. PMID: 15878977.
14. van Andel H., Kocemba K.A., Spaargaren M., Pals S.T. Aberrant Wnt signaling in multiple myeloma: molecular mechanisms and targeting options. *Leukemia*. 2019 May;33(5):1063–1075. doi: 10.1038/s41375-019-0404-1. Epub 2019 Feb 15. PMID: 30770859; PMCID: PMC6756057.
15. Terpos E., Ntanasis-Stathopoulos I., Gavriatopoulou M., Dimopoulos M.A. Pathogenesis of bone disease in multiple myeloma: from bench to bedside. *Blood Cancer J*. 2018 Jan 12;8(1):7. doi: 10.1038/s41408-017-0037-4. PMID: 29330358; PMCID: PMC5802524.
16. Hameed Abdul & Brady Jennifer & Dowling Paul & Clynes Martin & O’Gorman Peter. (2014). Bone Disease in Multiple Myeloma: Pathophysiology and Management. *Cancer growth and metastasis*. 7. 33–42. 10.4137/CGM.S16817.

© Губанов Дмитрий Сергеевич (dmitrij.gubanov@yandex.ru); Губанова Ксения Михайловна (kseniya1gubanova@gmail.com); Ребров Дмитрий Станиславович (rebrov.dmitriy80@gmail.com); Коңчакова Елизавета Андреевна (wildchildwichi@gmail.com); Толстых Антон Алексеевич (anton1909t@bk.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ: СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА ОПЕРАТИВНОЕ ЛЕЧЕНИЕ ФЛЕГМОНЫ ФУРНЬЕ

CLINICAL CASE: A MODERN VIEW ON THE SURGICAL TREATMENT OF FOURNIER'S PHLEGMON

**S. Erokin
K. Ivanov
F. Zeynalova
S. Korets**

Summary. In this article, the methods and one of the most common treatment regimens for patients with Fournier gangrene are clearly studied using the example of a clinical case. A review of domestic and foreign literature is conducted; A brief overview of the patient's medical history is presented, which presents general data and complaints of the patient, the results of physical and laboratory research methods, the patient's clinical diagnosis and treatment methods according to this diagnosis.

Using the example of this clinical case, it is possible to visually trace the stages and one of the treatment regimens for patients with Fournier gangrene, as well as use it as a visual aid.

Keywords: clinical case, non-clostridial phlegmon of the scrotum, Fournier's phlegmon, Fournier's disease.

Ерокин Сергей Евгеньевич

ФГАОУ ВО Крымский федеральный университет
имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
bazilik92@mail.ru

Иванов Кирилл Романович

ФГАОУ ВО Крымский федеральный университет
имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
KirillXray@yandex.ru

Зейналова Фируза Мехти кызы

ФГАОУ ВО Крымский федеральный университет
имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
f_zeynalova_18@mail.ru

Корец Софья Николаевна

ФГАОУ ВО Крымский федеральный университет
имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
sofiya.korets@bk.ru

Аннотация. В данной статье наглядно, на примере клинического случая изучены методы и одна из распространенных схем лечения пациентов с гангреной Фурнье. Проведен обзор отечественной и зарубежной литературы; Представлен краткий обзор истории болезни пациента, в котором представлены общие данные и жалобы пациента, результаты физикальных и лабораторных методов исследования, клинический диагноз пациента и методы лечения, согласно данному диагнозу.

На примере данного клинического случая можно наглядно проследить этапы и одну из схем лечения пациентов с гангреной Фурнье, а также использовать его в качестве, наглядного пособия.

Ключевые слова: клинический случай, неклостридиальная флегмона мошонки, флегмона Фурнье, болезнь Фурнье.

Введение

Гангрена Фурнье — это острое инфекционное заболевание полимикробной этиологии. Согласно современным представлениям, гангрена Фурнье является одной из форм быстро прогрессирующего некротизирующего фасциита. Данная патология характеризуется некрозом тканей в области половых органов и промежности, помимо этих областей в патологический процесс может вовлекаться перианальная область. [1, 5] В последние годы наблюдается увеличение частоты случаев, что делает данную патологию актуальной темой в урологии.

В различных источниках встречается более 15 различных названий данной патологии, среди которых наиболее часто встречаются: непосредственно «гангрена Фурнье», «болезнь Фурнье», «самопроизвольная гангрена мошонки и полового члена», а также, «некротизирующий

фасциит наружных гениталий, промежности и перианальной области», кроме этих встречаются и другие термины, обозначающие данное заболевание [3, 5, 6, 13, 19].

В развитии Гангрены Фурнье ключевую роль играют инфекционные процессы, включая воспаления с гнойным компонентом, а также травматические повреждения аногенитальной области, в качестве триггерного механизма. Так же немаловажную роль в развитии гангрены Фурнье играет совместное воздействие патогенной аэробной и анаэробной инфекции, ишемия мягких тканей аногенитальной области, а также снижение иммунной реактивности организма. [2]

Из-за редкости данной патологии происходит ее гиподиагностика, чем обусловлена ее актуальность, которая с каждым годом только растет. Так же данная патология требует особого внимания в связи с достаточно высокой частотой возникновения осложнений, а также

относительно высокой смертностью. По некоторым исследованиям смертность от гангрены Фурнье составляет от 20 % до 40 %, а в некоторых случаях достигает 88 %. [21] Распространенность гангрены Фурнье среди экстренной хирургической патологии достигает 0,35 %. [16] С 2000 года частота гангрены Фурнье значительно увеличилась, по данным различных источников, от 2,2 до 6,4 раза. [9] Гангрена Фурнье — это экстренная хирургическая патология, которая требует срочного оперативного вмешательства, при постановке данного диагноза. От того насколько быстро, а главное правильно будет произведено хирургическое вмешательство от момента постановки диагноза, напрямую зависит исход патологии, а также дальнейшее качество жизни пациента.

Для того чтобы начать лечение как можно раньше, необходимо провести ряд диагностических исследований, но проблема современной диагностики состоит в том, что специфические методы для диагностики гангрены Фурнье отсутствуют. Диагностика складывается из нескольких методов: лабораторного и инструментального.

На ранней стадии диагностики при сборе анамнеза, необходимо учитывать наличие предрасполагающих факторов и сопутствующих заболеваний, которые способны повлиять на развитие гангрены Фурнье. К триггерным заболеваниям относят: сахарный диабет, снижение иммунной реактивности организма на фоне химиотерапии у онкобольных пациентов, длительное употребление кортикостероидов, ВИЧ-инфекция, цирроз печени, синдром хронической мальабсорбции, хроническая почечная недостаточность, а также ожирение. [4, 11, 17]

Картина лабораторной диагностики не является специфичной, она отражает признаки системной воспалительной реакции, которая наиболее часто проявляется лейкоцитозом со сдвигом лейкоцитарной формулы влево, увеличением концентрации С-реактивного белка, гипонатриемией, гиперазотемией, гипоальбуминемией. [10, 15]

В начальной фазе заболевания клинические симптомы могут быть неясными, а лабораторные показатели не выявляют четко специфических признаков, отражая лишь общие аспекты системного воспаления. В таких условиях различные методы лучевых исследований могут сыграть ключевую роль в подтверждении диагноза.

Наиболее часто применяемыми в практике являются методы УЗИ (чувствительность составляет 88,2 %, а специфичность — 93,3 %), рентген исследования (чувствительность 49 %), в частности в последнее время все большую популярность набирает КТ-диагностика гангрены Фурнье. КТ признаки включают зоны воспаления и ишемии мягких тканей, некроз мышц, эмфизему мягких тканей и межфасциальный выпот. КТ также мо-

жет выявить основной источник инфекции, приведший к развитию ГФ. [12, 14]

Несвоевременное выявление заболевания, связанное с поздней или неправильной диагностикой, а также промедление с хирургическим лечением гангрены Фурнье, в среднем на 6–10 часов, способствуют усугублению состояния пациента, возникновению различных осложнений, развитию сепсиса, а также увеличивает количество летальных исходов. [13]

Ключевым принципом для успешного лечения гангрены Фурнье является своевременное санационное оперативное вмешательство совместно со специфической антибактериальной и дезинтоксикационной терапией. [7, 8, 18] При высоких подозрениях на гангрену необходимо провести эксплоративную операцию с целью уточнения диагноза. Для начала пациенту проводят местное обезболивание, а затем выполняют небольшой диагностический разрез некротизированного участка кожи мошонки или промежности. Если некроз распространен глубже кожи и подкожно-жировой клетчатки, разрез продолжают до глубоких мышечных влагалищ, при этом хирург попутно оценивает состояние прилежащих тканей и степень сращения фасциальных структур между собой. Если точная диагностика путем пальцевой дессекции затруднена, проводится экспресс биопсия для точной дифференцировки некротизирующего фасциита. [2, 20] При постановке диагноза некротизирующего фасциита эксплоративную операцию переводят в лечебную, для этого необходимо расширить доступ и удалить все некротизированные участки, включая кожу, подкожные ткани и мышцы. Определение границ проводится с помощью пальпации и визуального осмотра. При необходимости проводится дренирование глубоких пространств. Оперативное вмешательство следует всем правилам и принципам гнойной хирургии. Создается отток раневого содержимого и обеспечение доступа к кислороду тканям, особенно это важно при поражении анаэробными микробами. Затем проводят оценку состояния сосудов для предотвращения ишемии остальных тканей и проверку целостности нервов. Завершение операции проводится закрытием раны с использованием ленточных швов или наложением частичного шва.

Послеоперационный уход включает в себя: мониторинг состояния пациента (контроль температуры тела пациента, общего состояния, дренажей), специфическая антибиотикотерапия и применение дезинтоксикационных препаратов, регулярная перевязка и контроль за состоянием раны.

Именно такой комплексный подход в хирургическом вмешательстве при гангрене Фурнье позволяет снизить риск развития осложнений и обеспечить полное выздоровление.

Актуальность гангрены Фурнье обосновывает необходимость повышения внимания к данной патологии и развития эффективных стратегий для ее предупреждения и лечения.

Клинический пример

О пациенте. Анамнез и данные диагностики

Пациент В., 62 года, проживает в городе Ялта, обратился в клинику в октябре 2024 года с жалобами на наличие отёка мошонки и полового члена, боли в области отёка, повышение температуры тела до 38,7°C в течение 4-х дней. Согласно анамнезу, считает себя больным в течение 4-х суток, urgently госпитализирован в урологическое отделение стационара. Аллергологический анамнез спокоен. Состояние при поступлении средней тяжести. Телосложение нормостеническое. Питание повышенное. Артериальное давление 150/80, пульс 78/мин. Живот мягкий, не вздут, безболезненный при пальпации, симметрично участвует в акте дыхания. Сердце: тоны ясные, ритмичные. Селезенка не увеличена. Почки не пальпируются. Дыхание везикулярное, хрипов нет.

Физикальная и лабораторная диагностика: наружные половые органы развиты правильно. Мошонка и половой член отечны, кожа гиперемирована. В правой половине мошонки определяются 2 участка некроза кожи размерами примерно 8x8 см и 5x4 см черного-серого цвета. Самостоятельное мочеиспускание, диурез достаточный. С целью адекватного отведения мочи установлен катетер Фолея №16, получено до 200 мл мутноватой мочи.

Согласно данным лабораторных исследований отмечался лейкоцитоз ($16 \times 10^9/\text{л}$ при норме 4–9), повышенный уровень глюкозы в крови (23,1 ммоль/л). Также в ОАМ наблюдались эритроциты (40–50 в п/з), лейкоциты (35–40 в п/з), повышение глюкозы — глюкозурия (111 ммоль/л), белок (0,1 г/л). Анализ на ВИЧ и гепатиты В и С — отрицательные.

Клинический диагноз

Неклотридиальная флегмона мошонки (флегмона Фурнье).

Сопутствующий диагноз

Сахарный диабет 2 типа, впервые выявленный. Диабетическая полинейропатия, сенсорная форма дистальный тип. Диабетическая макроангиопатия: ИБС, атеросклероз коронарных артерий и аорты, артерий нижних конечностей. Морбидное ожирение.

Проведенное лечение и прогнозы

Пациенту в экстренном порядке была проведена операция. Под СМА произведено вскрытие флегмоны

мошонки с переходом на промежность. Выполнена некрэктомия нежизнеспособных тканей, наложено 3 лоп-пасных разреза-контрапертуры, получено до 100 мл жидкого, серо-зеленого гноя. Раны обработаны растворами перекиси водорода и антисептиков. Дренажированы ПХВ выпускниками и тампонируются салфетками с перекисью водорода. Осуществлен туалет раны. Наложена асептическая повязка. Нанесён суспензорий. Установлен уретральный катетер.

В послеоперационном периоде в условиях стационара, в урологическом отделении пациенту был назначен постельный режим, диета стол №7, лекарственная терапия включающая: специфическую антибактериальную терапию (Цефтриаксон 2.0x1 р/д в/в кап + Физ р-ор 400.0; Омепразол 20 мг 1 т x 2 р/д; Амикацин 1.0 x 1 р/д вв кап + Физ р-ор 400.0; Трамадол 2.0 в/м при болях; Транексам 5.0 x3 р/д в/в стр + Физ р-ор 15.0), обезболивающую и в качестве профилактики образования тромбов терапия антикоагулянтами.

Послеоперационный период протекал без особенностей. Раны в удовлетворительном состоянии, заживление вторичным натяжением. Также пациенту выполнялась обработка ран с использованием антисептиков и смена повязок 2 раза в день.

Учитывая удовлетворительное состояние пациента в дальнейшем пребывании в условиях круглосуточного урологического стационара, не нуждался, через 9 дней выписан в удовлетворительном состоянии, на уретральном катетере, под наблюдение уролога поликлиники по месту жительства.

Цель госпитализации достигнута, пациент выписан с выздоровлением.

После выписки врачом были даны следующие рекомендации: 1. Продолжение лечения амбулаторно у уролога (хирурга) поликлиники по месту жительства. 2. перевязки амбулаторно. 3. Левофлоксацин 500 мг 1т x1 р/д 14 дней (Избегать контакта с солнечными лучами). 4. Орнидазол 500 мг 1т x 2 р/д 14 дней; 5. Ношение тугих плавков 1 мес.

Прогноз в данном клиническом случае благоприятный.

Зарубежный опыт лечения

В Азербайджанской Республике лечение проводится по схеме, которая складывается из 3 основных методов: 1. Широкая некрэктомия; 2. Антибиотикотерапия; 3. Инфузионно-трансфузионная терапия. Лечение имеет междисциплинарный подход, в рамках которого, для лечения данной патологии подключаются следующие

врачи: хирург, реаниматолог, эндокринолог, уролог, колопроктолог, бактериолог или врач-инфекционист. В качестве базы для антибактериальной терапии в Азербайджанской Республике ссылаются на клинические рекомендации Американского общества инфекционных болезней, согласно которым, в качестве препаратов выбора использовали: антибиотики из группы цефалоспоринов (цефтриаксон, цефпирон), так же антибиотики группы фторхинолонов (ципрофлоксацин, ломефлоксацин) и препараты группы аминогликозидов (гентамицин, тобрамицин). Помимо антибиотиков назначаются антипротозойные препараты (метронидазол, метрогил). Длительность комбинированной антибактериальной терапии в этой стране составляет в среднем 7–9 суток. [3]

Если посмотреть на опыт врачей в Европе и США, там так же широко применяется хирургическое лечение. Основной метод хирургического лечения — дебридмент (данная процедура включает в себя удаление некротизированных тканей), часто данная процедура проводится несколько раз. Также к хирургическим методам, применяемым в США, можно отнести — экстренную уретростомию, которая необходима в качестве дренажа, в случае поражения мочевыводящих путей. [23] Антибактериальная терапия при гангрене Фурнье проводится, основываясь на клинических рекомендациях Американского общества инфекционных болезней (IDSA — 2015), согласно которым к препаратам выбора при гангрене Фурнье относятся 3 основных препарата: цефтриаксон или ципрофлоксацин, метронидазол и гентамицин [22]. При быстро прогрессирующих и агрессивных формах гангрены Фурнье к препаратам антибактериальной терапии добавляют 1 антибиотик из группы карбапенемов на выбор, среди которых: имипенем, эртапенем, фаропенем, и другие. [24]

Также зарубежные методы лечения включают иммунотерапию. Так в Европе при обнаружении газобразующей флоры в ране, врачи могут прибегнуть к применению терапевтической дозы поливалентной противогангренозной сыворотки (150 000 ME). [25]

В качестве новых технологий для дополнительного местного лечения обширных ран у пациентов с гангренной Фурнье применяют метод локальной вакуумной терапии (ЛВТ), основанный на использовании отрицательного атмосферного давления (около 125 мм. рт. ст.). [27] Данный дополнительный вид терапии рекомендуется применять во 2-й фазе раневого процесса (фазе дегидратации). Как правило, данный метод используется после неоднократных некрэктомий, на этапе очищения раны и формирования грануляционной ткани. [26]

Исходя из этого, можно отметить, что в основном схемы лечения схожи: применяются одинаковые груп-

пы антибиотиков, выполняются одинаковые по своему принципу оперативные вмешательства, за исключением лишь некоторых особенностей и внедрения за рубежом новых методов и технологий для лечения гангрены Фурнье.

Выводы

1. Гангрена Фурнье, является потенциально опасной патологией, ввиду возможной гиподиагностики или несвоевременной диагностики, которая может привести к летальному исходу;
2. Актуальность гангрены Фурнье растет с каждым годом, так как наблюдается тенденция к росту количества пациентов, обращающихся в медицинские организации с симптомами данной патологии, ввиду того, что растет количество пациентов имеющих коморбидный фон, обусловленный наличием таких заболеваний, как: сахарный диабет, снижение иммунной реактивности организма на фоне химиотерапии у онкобольных пациентов, длительное употребление кортикостероидов, ВИЧ-инфекция, цирроз печени, синдром хронической мальабсорбции, хроническая почечная недостаточность, а также ожирение;
3. Необходимо уделить особое внимание проблемам диагностики гангрены Фурнье, в том числе методам, обеспечивающим специфическую диагностику данной патологии, у лиц относящихся к группе риска, это люди больные сахарным диабетом, ВИЧ-инфицированные, онкобольные и т.д.;
4. Необходимо обращать внимание мужчин, находящихся в группе риска, на меры профилактики гангрены Фурнье, так как данная патология способна повлиять на репродуктивное здоровье;
5. По сей день наиболее эффективным методом лечения гангрены Фурнье является оперативное вмешательство, включающее тотальную некрэктомию и дренирование гнойных полостей;
6. Лечение гангрены Фурнье, помимо оперативного вмешательства, должно включать в себя специфическую антибактериальную и дезинтоксикационную терапию;
7. Ключом к благоприятным исходам патологии, а также предотвращению летального исхода является оперативное вмешательство.

Заключение

На примере данного клинического случая можно наглядно проследить схемы и этапы лечения пациентов с гангренной Фурнье, а также использовать его в качестве, наглядного пособия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев С.А., Алиев Е.С., Зейналов В.М. Болезнь Фурнье в свете современных представлений. // Хирургия. 2014. N 4. С. 34–39.
2. Алиев С.А., Алиев Э.С., Мирзоев Р.А., Мирзоева К.А. Гангрена Фурнье — разновидность клинической модели критических состояний в хирургии. Вестник хирургии им. И.И. Грекова 2015;(1):84–89.
3. Алиев С.А., Рафиев С.Ф., Рафиев Ф.С., Алиев Е.С. Болезнь Фурнье в практике хирурга. // Хирургия. 2008. N 11. С. 58–63.
4. Андреев А.А. Гангрена Фурнье / А.А. Андреев, А.А. Глухов, А.А. Шмарин // Многопрофильный стационар. — 2021. — Т. 8, № 1. — С. 8–11.
5. Гринев М.В., Сорока И.В., Гринев К.М. Гангрена Фурнье — клиническая разновидность некротизирующего фасциита. // Урология. 2007. N 6. С. 69–73.
6. Ефименко Н.А., Привольнев В.В. Гангрена Фурнье. // Клини. микробиол. антимикроб. химиотер. 2008. Том 10, N 1. С. 34–42.
7. Привольнев В.В. Гангрена Фурнье. Медицинский вестник МВД 2013;67(6):2632.
8. Привольнев В.В., Плешков В.Г., Козлов Р.С., Савкин В.А., Голуб А.В. Диагностика и лечение некротических инфекций кожи и мягких тканей на примере гангрены Фурнье. Амбулаторная хирургия 2015;(34):50–57.
9. Прийма О.Б. Лечение больных с гангреней Фурнье // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. 2017. № 1. С. 76–79.
10. Прохоров А.В. Гангрена Фурнье. Клинико-лабораторная картина (обзор литературы) / А.В. Прохоров // Экспериментальная и клиническая урология. — 2016. — № 1. — С. 78–89.
11. Прохоров А.В. Гангрена Фурнье: история вопроса, терминология, эпидемиология, предрасполагающие факторы, этиология и патогенез: обзор литературы / А.В. Прохоров // Экспериментальная и клиническая урология. — 2015. — № 4. — С. 76–85.
12. Прохоров А.В. Молниеносная гангрена мошонки — гангрена Фурнье. Лучевая диагностика (обзор литературы) / А.В. Прохоров // Экспериментальная и клиническая урология. — 2015. — № 3. — С. 106–113.
13. Тимербулатов В.М., Хасанов А.Г., Тимербулатов М.В. Гангрена Фурнье. // Хирургия. 2009. N 3. С. 26–28.
14. Ballard D.H., Mazaheri P., Raptis C.A., et al. Fournier Gangrene in Men and Women: Appearance on CT, Ultrasound, and MRI and What the Surgeon Wants to Know. Canadian Association of Radiologists Journal. 2020;71(1):30–39.
15. Ballard D.H., Raptis C.A., Guerra J., et al. Preoperative C.T. Findings and Interobserver Reliability of Fournier Gangrene. AJR Am J Roentgenol. 2018 Nov;211(5):1051–1057.
16. Hakkarainen T.W., Kopare N.M., Fellow B., Evans H.L. Necrotizing soft tissue infections; review and current concepts in treatment, systems of care, and outcomes. Curr. Probl. Surg. 2014. Vol. 51. no 8. P. 344–362.
17. Lewis G.D., Majeed M., Olang C.A., et al. Fournier’s Gangrene Diagnosis and Treatment: A Systematic Review. Cureus. 2021 Oct 21;13(10): e18948. doi: 10.7759/cureus.18948. PMID: 34815897; PMCID: PMC8605831.
18. Mallikarjuna M.N., Vijayakumar A., Patil V.S., Shivswamy B.S. Fournier’s gangrene: current practices. ISRN Surgery 2012; 2012:942437. doi: 10.5402/2012/942437. Epub 2012 Dec 3.
19. Paz Maya S., Dualde Beltran D., Lemerrier P., Leiva-Salinas C. Necrotizing fasciitis: an urgent diagnosis. // Skeletal Radiol. 2014. Vol. 43, N 5. P. 577–589.
20. Sroczyński M., Sebastian M., Rudnicki J., Sebastian A., Agrawal A.K. A complex approach to the treatment of Fournier’s gangrene. Adv Clin Exp Med 2013;22(1): 131–135.
21. World Journal of Emergency Surgery volume 8, Article number: 13 (2013)
22. Stevens D.L., Bisno A.L., Chambers H.F., Dellinger E.P., Goldstein E.J., Gorbach S.L., et al. Practice Guidelines for the Diagnosis and Management of Skin and Soft Tissue Infections: 2015 Update by the Infectious Diseases Society of America. Clin Infect Dis 2014;59(2):147–59.
23. Govind Sharma, Sandip Desai, Shivam Priyadarshi, Saurabh Negi Comparison of perineal urethrostomy versus augmentation urethroplasty in anterior urethral stricture disease Urologia 2023 Nov;90(4):689–692. doi: 10.1177/03915603231178392. Epub 2023 Jul 4.
24. Grabe M., Bartoletti R., Bjerklund T.E., Cai T., Çek M., Köves B., et al. Guidelines on Urological Infections. European Association of Urology. 2015. 86 p.
25. Wróblewska M., Kuzaka B., Borkowski T., Kuzaka P., Kawecki D., Radziszewski P. Fournier’s gangrene — current concepts. Pol J Microbiol 2014;63(3):267–273.
26. Cuccia G., Mucciardi G., Morgia G., Stagno d’Alcontres F., Gali A., et al. Vacuum-assisted closure for the treatment of Fournier’s gangrene. Urol Int 2009;82(4): 426–431.
27. Ozturk E., Ozguc H., Yilmazlar T. The use of vacuum assisted closure therapy in the management of Fournier’s gangrene. Am J Surg 2009;197(5):660–665.

© Ерокин Сергей Евгеньевич (bazilik92@mail.ru); Иванов Кирилл Романович (KirillXray@yandex.ru);
 Зейналова Фируза Мехти кызы (f_zeynalova_18@mail.ru); Корец Софья Николаевна (sofiya.korets@bk.ru)
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСОБЕННОСТИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ВЫБОРА ПИЛОРОМИОТОМИИ ПО ФРЕДЕ-ВЕБЕРУ-РАМШТЕДТУ ПРИ ВРОЖДЁННОМ ГИПЕРТРОФИЧЕСКОМ ПИЛОРОСТЕНОЗЕ НА ПРИМЕРЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ, С УЧЁТОМ РЕГИОНАРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

PECULIARITIES OF SURGICAL CHOICE
OF PYLOROMYOTOMY ACCORDING
TO FREDE-WEBER-RAMSTEDT
IN CONGENITAL HYPERTROPHIC PYLORIC
STENOSIS ON THE EXAMPLE
OF A CLINICAL CASE, TAKING
INTO ACCOUNT THE REGIONAL
CHARACTERISTICS OF THE REPUBLIC
OF CRIMEA

**S. Erokin
E. Gafarova
Sh. Ametova
E. Zubko**

Summary. Objective. Based on the analysis of a clinical case, to consider and analyze the methods of diagnosis and treatment of congenital hypertrophic pyloric stenosis.

Materials and methods: To achieve this goal, a systematic search and analysis of domestic and foreign literature was carried out.

Result. Congenital hypertrophic pyloric stenosis (CHP) is the most common cause of intestinal obstruction in children in the first months of life. Among the surgical pathologies of infants, hypertrophic pyloric stenosis occupies one of the leading positions.

Diagnosis of CHP is based on clinical signs and instrumental research data, namely ultrasound and radiography. Treatment of congenital pyloric stenosis consists exclusively of surgical intervention. Conservative treatment is ineffective, since the etiology of the development of this disease is anatomical narrowing of the pyloric canal, due to hypertrophy of the muscular membrane. The main method of surgical treatment is Frede-Weber-Ramstedt pyloromyotomy, which remains the gold standard, ensuring successful recovery and minimizing complications.

Clinical case. This article presents a clinical case of congenital hypertrophic pyloric stenosis, taken from the pediatric surgical department of the State Budgetary Healthcare Institution of the Republic of Crimea «Republican Children's Clinical Hospital», Russia, Crimea, Simferopol, which was especially significant in terms of its diagnostic and therapeutic value.

The conducted analysis of the case history allows us to consider and analyze the tactics of managing patients with congenital pyloric stenosis, diagnostic approaches, and to evaluate the effectiveness of the treatment methods used.

Ерокин Сергей Евгеньевич

ФГАОУ ВО Крымский федеральный университет
имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
bazilik92@mail.ru

Гафарова Эмине Эрнестовна

ФГАОУ ВО Крымский федеральный университет
имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
etineg2005@gmail.com

Аметова Шейде Рустемовна

ФГАОУ ВО Крымский федеральный университет
имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
ametova_sh@mail.ru

Зубко Елизавета Витальевна

ФГАОУ ВО Крымский федеральный университет
имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
senkucola2003@gmail.com

Аннотация. Цель. Основываясь на разборе клинического случая рассмотреть и проанализировать методы диагностики и лечения врожденного гипертрофического пилоростеноза.

Материалы и методы: для достижения поставленной цели проведен систематический поиск и анализ отечественной и зарубежной литературы.

Результат. Врожденный гипертрофический пилоростеноз (ВП) является наиболее частой причиной кишечной непроходимости у детей первых месяцев жизни. Среди хирургической патологии детей грудного возраста гипертрофический пилоростеноз занимает одну из лидирующих позиций.

Диагностика ВП основывается на клинических признаках и данных инструментальных исследований, а именно УЗИ и рентгенография. Лечение врожденного пилоростеноза заключается исключительно в хирургическом вмешательстве. Консервативное лечение — неэффективно, так как этиологией развития данного заболевания является анатомическое сужение пилорического канала, вследствие гипертрофии мышечной оболочки. Основной метод хирургического лечения — пилоромииотомия по Фреде-Веберу-Рамштедту, которая остаётся золотым стандартом, обеспечивающим успешное выздоровление и минимизацию осложнений.

Клинический случай. В данной статье представлен клинический случай врожденного гипертрофического пилоростеноза, взятый на базе детского хирургического отделения ГБУЗ Республики Крым «Республиканская детская клиническая больница», Россия, Крым, г. Симферополь, который являлся особо значимым с точки зрения его диагностической и терапевтической ценности.

Проведенный анализ истории болезни позволяет рассмотреть и проанализировать тактику ведения пациентов с врожденным пилоростенозом, диагностические подходы, а также оценить эффективность примененных методов лечения.

Conclusion. The considered clinical case allows us to study and analyze in detail the methods of diagnosis and treatment of congenital hypertrophic pyloric stenosis.

Keywords: congenital hypertrophic pyloric stenosis, newborns, pylorotomy, gastrointestinal tract, surgical treatment, clinical case.

Актуальность

Врожденный гипертрофический пилоростеноз у новорожденных занимает одно из ведущих мест в детской хирургии и составляет 21,7 % всех выявляемых аномалий развития [8]. Эта патология встречается достаточно часто, находясь на втором месте после деформаций опорно-двигательного аппарата и сердечно-сосудистых аномалий, с частотой около 4 случаев на 1000 новорожденных [1, 2, 3]. Важно отметить, что существует и наследственная предрасположенность к этому заболеванию.

Актуальность ранней диагностики и оперативного лечения пилоростеноза объясняется высоким риском развития серьезных осложнений, таких как ацидоз, алкалоз, аспирационная пневмония, быстрое развитие гипотрофии, энтероколит и нарушение водно-солевого баланса, что может привести к снижению суточного диуреза и стула, а также другим серьезным проблемам, связанным с высоким риском кишечной непроходимости в раннем возрасте.

Введение

Врожденный гипертрофический пилоростеноз (врожденный пилоростеноз, врожденный гипертрофический стеноз привратника) (от лат. pylorostenosis: pylorus — привратник + греч. stenōsis) — врожденное сужение пилорического канала желудка, детерминированное рядом генетических и нейрогуморальных факторов, проявляющееся нарушением иннервации и гипертрофией циркулярного мышечного слоя привратника [4].

Возникновение данного порока приходится на начало 2-го месяца развития эмбриона, когда на начальном этапе «закладки» органов желудочно-кишечного тракта, а именно желудка, происходит избыточный рост мезенхимальной ткани в области будущего пилорического сфинктера и дифференцирующихся из нее мышечных элементов [10]. Важную роль играет незрелость и дегенеративные изменения нервных окончаний в области привратника.

Исходя из представленной информации, патологическим звеном заболевания является быстро прогрес-

Заключение. Рассмотренный клинический случай позволяет детально изучить и проанализировать методы диагностики и лечения врожденного гипертрофического пилоростеноза.

Ключевые слова: врожденный гипертрофический пилоростеноз, новорожденные, пилоротомия, желудочно-кишечный тракт, хирургическое лечение, клинический случай.

сирующее увеличение толщины стенки пилорического отдела желудка в течение нескольких дней, что заканчивается постнатальной обструкцией его канала. При этом наибольшее утолщение наблюдается на передней и верхней стенках привратника, что ведет к сужению выходного отдела желудка. В результате этого пилорический сфинктер принимает веретенообразную форму. Поскольку стеноз развивается постепенно и приводит к уменьшению диаметра привратника, эвакуация содержимого в 12-перстную кишку затруднена.

Это приводит к многократной рвоте с выходом желудочного содержимого. В результате увеличивается синтез бикарбоната париетальными клетками желудка, что вызывает рост плазменной концентрации HCO_3^- . В целях поддержания кислотно-щелочного баланса происходит сдвиг pH в щелочную сторону, что приводит к развитию метаболического алкалоза, упомянутого ранее. Одновременно с этим наблюдается потеря жидкости и ионов натрия и калия, что ведет к развитию общей гипокалиемии, а затем и парадоксальной ацидурии [4].

Невозможность вскармливания постепенно приводит к истощению организма ребенка и дефициту массы тела по отношению к весу при рождении. По этому признаку различают три формы течения гипертрофического пилоростеноза — легкая — ежедневная потеря веса 0–0,1 %; среднетяжелая — до 0,3 %; тяжелая — 0,4 % и выше [10]. В настоящее время в стационар направляются младенцы сразу при возникновении клинических проявлений, без формирования выраженного дефицита веса, так как при несвоевременном направлении детей в хирургический стационар отмечается гипотрофия разных степеней.

Основные результаты

Клиническая картина пилоростеноза отличается разнообразием проявлений, которые напрямую зависят от стадии развития заболевания и степени обструкции пилорического канала. Ключевым диагностическим критерием служит наличие классической триады симптомов: интенсивной рвоты «фонтаном», выраженной перистальтики желудка, напоминающей «песочные часы», и плотного, четко пальпируемого образования в правом подреберье, которое по форме и консистен-

ции напоминает «оливу». Эта типичная триада позволяет врачам с высокой долей уверенности диагностировать гипертрофический пилоростеноз у ребенка. Чаще всего болезнь диагностируется на 4-й неделе жизни ребенка, но возможны случаи более раннего начала, когда первые признаки проявляются уже к 2-й неделе. У детей старше трех месяцев врожденный гипертрофический пилоростеноз встречается крайне редко.

Статистика

В Европе врожденный пилоростеноз диагностируется ежегодно у более 10000 новорожденных, что составляет примерно 2 случая на 1000 детей. В России число таких случаев — около 1000 ежегодно, что соответствует 2–4 случаям на 1000 новорожденных. В Крыму этот показатель составляет 3–5 случаев на 1000 новорожденных в год. Эти данные подчёркивают важность повышения внимания к данной патологии, а также необходимость улучшения диагностики и лечения врожденного пилоростеноза, особенно в регионах с более высокими показателями.

Современные методы диагностики врожденного пилоростеноза

Диагностика основывается на сроках появления симптома рвоты «фонтаном», клинической картине и применении дополнительных методик в виде УЗИ привратника у всех младенцев и обзорного рентген-снимка брюшной полости, а также рентгенологического исследования желудка с барием.

В настоящее время основным методом диагностики врожденного гипертрофического пилоростеноза является УЗИ. Чувствительность метода близка к 100 % и зависит от квалификации специалиста. На УЗИ признаками гипертрофического пилоростеноза считается утолщение мышечной стенки привратника более 3 мм и удлинение пилорического канала более 17–18 мм в длину. Необходимым условием для эффективного проведения такой процедуры является наполнение желудка. С этой целью перед исследованием пациенту дают выпить около 30–40 мл изотонического раствора декстрозы.

На обзорном рентген-снимке оценивается наличие расширенного желудка, снижение газонаполнения в петлях кишечника. При сомнительных результатах этих исследований по показаниям выполняется фиброэзофагогастроскопия, но в случаях недоношенности ребенка и выраженной его гипотрофии проведение эндоскопических исследований является невозможным. В таких случаях с целью уточнения хирургической патологии проводился пассаж взвеси сульфата бария, но данный метод требует стационарного пребывания больного, проведения серии рентген-снимков, что сопряжено с определенной лучевой нагрузкой [5].

Хирургическое лечение врожденного пилоростеноза

Лечение врожденно гипертрофического пилоростеноза проводят исключительно хирургическим путем. Длительность предоперационной подготовки определяется в основном тяжестью жидкостных и электролитных расстройств. Она выполняется на 2–5 сутки после поступления в стационар и включает в себя проведение внутривенной инфузионной терапии для коррекции метаболических нарушений, антибактериальную терапию, внутривенное введение аминокислот, препаратов, улучшающих сердечную деятельность и микроциркуляцию. Проводят регулярную эвакуацию содержимого желудка через назогастральный зонд.

На протяжении многих десятилетий для лечения врожденного гипертрофического пилоростеноза широко использовался метод внеслизистой пилоромиотомии, впервые примененный Карлом Рамstedтом. В дальнейшем хирурги предложили использовать окологупочный доступ для коррекции пилоростеноза, чтобы улучшить косметический эффект обычного поперечного разреза. Несмотря на то, что этот метод стал альтернативой, он также сопровождался своими собственными недостатками, такими как инфекции раны, вентральные грыжи, образование перитониальных адгезий и длительное парез желудка. [6]

Благодаря лапароскопическому подходу удалось устранить многие из этих проблем. В течение последних десяти лет методика минимально инвазивного лечения врожденного пилоростеноза продолжает развиваться. Первым кто применил, лапароскопический способ для лечения заболеваний ЖКТ был Дж. Фредерик Аллен [7,11]. Позднее технику пилоротомии Дж. Аллена доработал и внедрил в практику доктор Стивен Ротенберг.

Новаторство данного метода заключалось в использовании лапароскопического зажима Babcock для фиксации двенадцатиперстной кишки и применения аортотомического ножа для рассечения гипертрофированной мышцы привратника. Альтернативный, более безопасный подход предложил А. Буфо. В его методике фиксация производилась за счет захвата желудка, а не двенадцатиперстной кишки, что снижало риск осложнений. Рассечение гипертрофированной мышцы выполнялось с помощью эндоскопического выдвигного ножа, который вводился через правую параумбиликальную область. Позже С. Харрис представил упрощенный способ миотомии привратника. Его метод включал использование длинного плоского наконечника электрокоагулятора для рассечения тканей, в сочетании с обычным эндоскопическим зажимом. Этот подход оказался удобным и эффективным благодаря минимальной необходимости в специализированных инструментах.

Традиционным способом для пилоромии применяются самые разнообразные доступы. Наиболее часто используют прямой доступ через поперечный разрез в правом верхнем квадранте живота с «расщеплением» мышц и минимальным разведением краев раны, после которого образуется незаметный рубец. Выведение пилоруса проводится вручную, с постоянным удержанием его влажным материалом, так как использование зажимов может привести к серьезным осложнениям. По передневерхней поверхности рассекают серозную оболочку в относительно бессосудистой зоне. Разрез продлевают проксимально до антрального отдела, а дистально заканчивают, не доходя примерно 4 мм до пальпируемого терминального окончания пилорических мышц.

**Способ Фреде—Вебера—Рамштедта
(Fredet—Weber—Ramstedt).
Хирургические доступы**

При хирургическом лечении пилоростеноза, включая метод Фреде-Вебера-Рамштедта, используются различные виды лапаротомных доступов. Выбор доступа зависит от предпочтений хирурга, анатомических особенностей пациента и опыта лечебного учреждения.

Основные хирургические доступы при пилоростенозе:

1. Правый верхний косой доступ (по типу Мак — Бёрни)

Локализация: разрез выполняется в правом подреберье, ориентирован вдоль линии, соединяющей пупок с передней верхней подвздошной остью.

Особенности:

1. Наиболее часто используемый доступ при пилоростенозе;
2. Хороший обзор пилорической части желудка;
3. Разрез косметически выгоден и впоследствии менее заметен.

К недостаткам относится ограниченный доступ при атипичных анатомических вариантах.

2. Субкостальный доступ

Локализация: косой разрез по краю реберной дуги справа.

Особенности:

1. Удобен при выраженном увеличении пилоруса.
2. Обеспечивает хороший обзор желудка и двенадцатиперстной кишки.
3. Недостатки: более сложен в плане выполнения и менее эстетичен.

3. Верхнесрединный доступ

Локализация: вертикальный разрез по средней линии в надпупочной области.

Особенности:

1. Обеспечивает широкий доступ к органам верхнего этажа брюшной полости.
2. Удобен при сложных случаях или диагностической неуверенности.

Недостатки: менее косметичен.

4. Параректальный доступ.

Локализация: разрез проходит параллельно латеральному краю прямой мышцы живота.

Особенности: предоставляет прямой доступ к пилорическому отделу желудка.

Недостатки: реже используется из-за меньшей популярности и менее удобного подхода в сравнении с другими.

Из всех перечисленных доступов, наиболее предпочтительным и часто применяемым хирургами считается верхнесрединный и правый верхний косой разрез, которые обеспечивают оптимальную визуализацию пилорического отдела желудка.

Первым этапом операции является послойное вскрытие брюшной стенки в соответствии с выбранным доступом. После вскрытия брюшной полости печень деликатно отводится вверх и вправо с помощью тупого крючка или зеркала, обеспечивая доступное рабочее поле. Затем хирург аккуратно выделяет и выводит гипертрофированный пилорус в операционное поле. Гипертрофированный пилорический отдел фиксируется пальцами левой руки, что стабилизирует его положение. На следующем этапе выполняется продольный разрез серозной оболочки и гипертрофированного мышечного слоя пилорического сфинктера. Разрез начинается ближе к малой кривизне на передней поверхности в бессосудистой зоне привратника и проводится строго в продольном направлении, избегая перехода на заднюю стенку. Диссекция продолжается в длину и глубину, последовательно расслаивая мышечные волокна, с особым вниманием к целостности подлежащей слизистой оболочки. Контроль глубины и направления разреза осуществляется с помощью комбинации визуального осмотра и тактильной обратной связи, чтобы обеспечить адекватное расслабление мышечной оболочки и восстановление проходимости пилорического канала без риска осложнений. Сохранение слизистой оболочки является ключевым моментом операции, так как её повреждение может привести к серьёзным осложнениям, включая перитонит и формирование гастроу-

денального свища. Для предотвращения перфорации мышечные волокна осторожно разводятся с помощью тупоконечной диссекции инструментом, таким как тупая кюретка или зонд. После завершения рассечения мышечной оболочки выполняется тщательная проверка на наличие случайных дефектов в слизистой. В случае выявления перфорации дефект немедленно ушивается мелкими атравматическими швами из рассасывающегося материала. Для дополнительной герметизации шов укрывают пряжью большого сальника, фиксируя её тонкими серозно-серозными швами. Завершающим этапом операции является послойное ушивание операционной раны. Мышечные и апоневротические слои передней брюшной стенки восстанавливаются с использованием нерассасывающихся шовных материалов, а кожа ушивается внутрикожным или узловым швом для достижения оптимального косметического эффекта. Операция завершается наложением стерильной повязки, после чего пациента переводят в палату интенсивного наблюдения для мониторинга и восстановления.

Метод Фреде-Вебера-Рамштедта считается «золотым стандартом» в лечении врожденного гипертрофического пилоростеноза благодаря своему рациональному подходу, простоте исполнения и высокой клинической эффективности. Он сочетает в себе минимальную травматичность, прицельное вмешательство в патологически измененные ткани и быстрое восстановление функций желудочно-кишечного тракта.

Клинический случай

Ребенок К. 1 мес. в экстренном режиме госпитализирован в хирургическое отделение ГБУЗ Республики Крым

«Республиканская детская клиническая больница», Россия, Крым, г. Симферополь, с жалобами на многократную рвота «фонтаном» до 10 раз и склонность к запорам.

Со слов матери, болеет в течение недели, когда появились срыгивания, рвота створоженным молоком без примеси желчи. С течением времени рвота ребенка участилась. Последние 2 дня рвота «фонтаном» до 10 раз. У ребенка отмечается склонность к запорам, стул 1 раз в 2 дня.

Общее состояние ребенка средней степени тяжести, обусловлено неухоженным энтеральным питанием, электролитными нарушениями, эксикозом. Дыхание пуэрильное, проводится по всем полям равномерно, хрипов нет. Тоны сердца ясные, ритмичные, шумы не выслушиваются.

Стула не было в течение суток, газы отходят. Дизурии нет. Живот не вздут, запавший, симметричный. Участвует в акте дыхания равномерно. В эпигастрии определяется перистальтика желудка по типу «песочных часов». Привратник достоверно не пальпируется. Перистальтика кишечника выслушивается равномерно.

В результате проведения УЗИ привратника были получены следующие данные: длина пилорического канала — 22 мм, толщина мышечного слоя — 5,1 мм, наружный диаметр — 13 мм, просвет пилорического жома — 0,2 мм. В желудке определяется большое количество гетерогенного содержимого, при перистальтике привратник сомкнут. Заключение по данным — ультразвуковые признаки гипертрофического пилоростеноза.

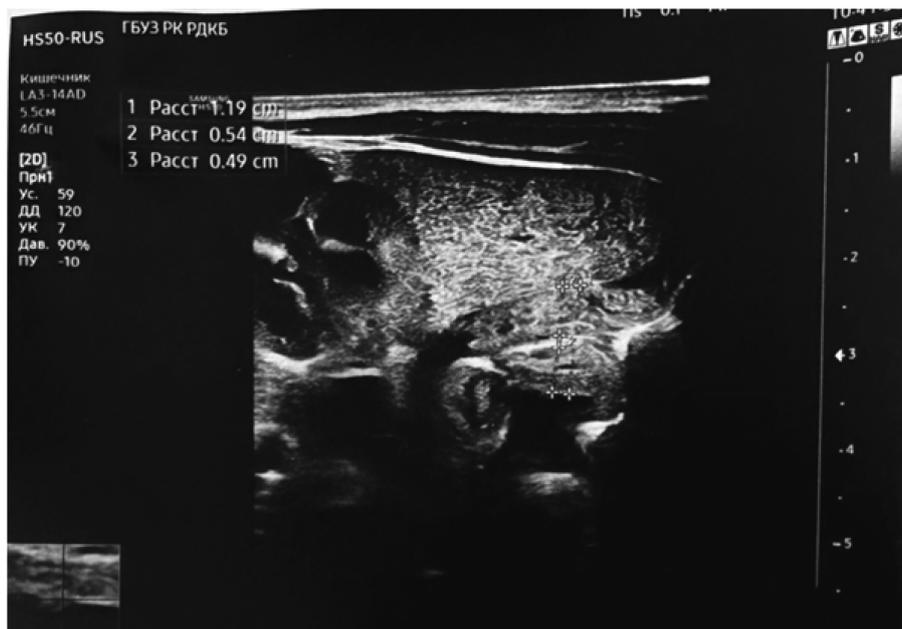


Рис. 1. УЗИ привратника в день проведения оперативного вмешательства

Диагноз до оперативного вмешательства:

Основное заболевание: Врожденный гипертрофический пилоростеноз.

Осложнения основного заболевания: нет.

После предварительной медикаментозной подготовки пациента, была проведена лапаротомия под общим обезболиванием, как основной метод лечения врожденного пилоростеноза. Пилоромиотомия по Фреде-Веберу-Рамштедту включала в себя верхнесрединную лапаротомию.

В ходе операции произошло повреждение слизистой оболочки желудка, что является одним из самых распространенных осложнений данного метода. При рассечении мышечного слоя существует опасность случайного повреждения слизистой оболочки. Это может привести к осложнениям, таким как желудочное кровотечение или перфорация. Исходя из этого было произведено ушивание стенки желудка через все слои однорядным непрерывным швом. Проведен контроль на герметичность.

Повторная пилоротомия по методу Фреде-Вебера-Рамштедта выполнена с отступом 0,8 см от первоначального разреза. Проведён тщательный контроль на герметичность, проходимость пилорического канала, обеспечен надёжный гемостаз, с последующим наложением послойного шва операционной раны.

Назначена консервативная терапия, ребенок осмотрен неврологом. Постооперационный период протекал

без осложнений. Для дальнейшего лечения ребенок переводится в детское хирургическое отделение (ДХО). Рекомендовано продолжить инфузионную терапию, обезболивание, инициировать разовое питание с разового объёма 5 мл. На 7-е постоперационные сутки осложнений нет. Динамика положительная в виде нормализации состояния, отхождения пассажа по кишечнику, увеличения массы тела. Ребёнок питается per os по 60–70 мл грудного молока + смесь «Малыш 1».

Выводы

1. Врожденный гипертрофический пилоростеноз представляет собой одну из наиболее распространенных хирургических патологий у младенцев, требующих своевременной диагностики и хирургического лечения.
2. На основании проведённого клинического анализа подтверждена ведущая роль ультразвукового исследования привратника в раннем выявлении заболевания. УЗИ позволяет достоверно визуализировать пилорический канал, минимизировать необходимость рентгенологических методов и точно определить тактику дальнейшего лечения.
3. Стандартным хирургическим методом лечения ВПП остаётся пилоромиотомия по методу Фреде-Вебера-Рамштедта, которая в подавляющем большинстве случаев обеспечивает полное восстановление проходимости пилорического канала и приводит к положительным клиническим результатам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баиров Г.А. Срочная хирургия у детей // Руководство для врачей. — СПб, 1997. — 462 с.
2. Исаков Ю.Ф. Хирургические болезни у детей. — М.: Медицина, 1988. — 701 с.
3. Москаленко В.З., Грона В.Н., Сонов Г.А. Популяционная частота и структура гипертрофического пилоростеноза у детей Донецкой области Украины // Материалы конф. «Настоящее и будущее детской хирургии». — М., 2001.
4. В.А. Новожилов, Ю.А. Козлов «Врожденный гипертрофический пилоростеноз»; Национальное руководство; Российская ассоциация детских хирургов, 2-е издание 2021 г.
5. Роббек И.Г., Саввина В.А., Варфоломеев А.Р., Николаев В.Н. К вопросу диагностики врожденного гипертрофического пилоростеноза // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Медицинские науки. — 2021 — №4. — С.33–37.
6. Северинов Д.А., Гаврилюк В.П., Костин С.В. Современные аспекты хирургического лечения гипертрофического пилоростеноза // Вятский медицинский вестник. — 2019—№4. — С.16–20.
7. Козлов Ю.А., Новожилов В.А., Ус Г.П., Сыркин Н.В., Барадиева П.А., Ковальков К.А., Чубко Д.М. Первый опыт использования 3D-лапароскопии у детей // Эндоскопическая хирургия. 2015. Т. 21. № 3. С. 13–18.
8. Баранов А.А., Альбицкий В.Ю. Смертность детского населения России. М.: Литерра, 2007. — 328 с.
9. Красовская Т.В., Кучеров Ю.И., Сафонова М.В. Исследование эвакуаторной функции желудка у детей с гастроэзофагеальным рефлюксом методом ультрасонографии // Детская хирургия. 2000. № 3. С. 38–40.
10. Fujimoto T., Lane G.L., Segawa O., Esaki S., Miyano T. Laparoscopic Extramucosal Pyloromyotomy Versus Open Pyloromyotomy for Infantile Hypertrophic Pyloric Stenosis: Which Is Better? J Pediatr Surg. 2003.
11. Zhang Q., Chen Y., Hou D., Chen Y. Comparison of 72 successful laparoscopic pyloromyotomies with open procedure for congenital hypertrophic pyloric stenosis. Pediatr Endosurg Innov Tech. 2002;6: 3–6.

© Ерокин Сергей Евгеньевич (bazilik92@mail.ru); Гафарова Эмине Эрнестовна (emineg2005@gmail.com); Аметова Шейде Рустемовна (ametova_sh@mail.ru); Зубко Елизавета Витальевна (senkucola2003@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ЛЕЧЕНИЯ СИНДРОМА ПОРТАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ ПРИ ЦИРРОЗЕ ПЕЧЕНИ

EXPERIMENTAL SUBSTANTIATION OF THE METHOD OF TREATMENT OF PORTAL HYPERTENSION SYNDROME IN LIVER CIRRHOSIS

S. Kapralov
M. Polidanov
K. Volkov
L. Vysotskii
A. Abramov
V. Marchenko

Summary. Objective. Experimentally justify the method of treatment of portal hypertension syndrome in liver cirrhosis. *Materials and methods.* A series of experiments were performed on white male rats of the Standard breed in the number of 80 animals, weighing 200 ± 50 g. Beforehand, the laboratory animals were modeled liver cirrhosis according to the previously developed technique, the essence of which was intraoperative injection of 0.3–0.5 ml of 60–79 % ethanol solution under the glisson capsule into the liver parenchyma of the animal. Due to this technique cirrhosis was modeled within 14 days from the experiment in 100 % of animals and had expressed morphological (macro- and microscopic) signs. Further laser non-directed fenestration of the cirrhosis zone under the influence of a solid-state laser (laser device Lasermid 1–10 (Russia), near-infrared range) with the wavelength of 1064 nm, power 7–8 W was applied to the changed area of the liver by creating non-directed laser channels on the changed fragment of the liver. After 14 days the animals were taken out of the experiment, the fragments of the altered liver after laser exposure were dissected. For histological examination the liver pieces were preliminary fixed in 12 % formalin, paraffinized, then cut on a microtome and stained with hematoxylin and eosin, as well as Van-Gizon and subsequently examined under the microscope «Olympus» «BX43F» (Japan). *Results.* When laser fenestration was applied to the cirrhotic liver for 14 days the manifestations of metabolism-synthetic and proliferative activity in the liver parenchymatous cells significantly increased, involution of sclerotic changes in the liver by the 21st day after laser revascularization was traced, and, accordingly, the process of neoangiogenesis significantly increased. *Conclusions.* The study of microchannels morphology at different terms showed that at early terms — a day or two — the channel formation under ultrasound control with coagulation necrosis and absence of hemorrhage into parenchyma occurs (the main advantage — safety of the method); at the term of 14 days — neoangiogenesis and appearance of young hepatocytes in microchannels outside hepatic lobules reliably occurs; and at the term of 21 days and more — liver regeneration with lobules restoration.

Keywords: liver cirrhosis, experimental modeling, portal hypertension syndrome in cirrhosis, laser fenestration, liver regeneration.

Капралов Сергей Владимирович

Доктор медицинских наук, доцент,
Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского
sergejkapralov@yandex.ru

Полиданов Максим Андреевич

специалист научно-исследовательского отдела,
Университет «Реавиз», г. Санкт-Петербург
maksim.polidanoff@yandex.ru

Волков Кирилл Андреевич

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный
медицинский университет им. В.И. Разумовского»
maksim.polidanoff@yandex.ru

Высоцкий Лев Ильич

Саратовский государственный
медицинский университет им. В.И. Разумовского
maksim.polidanoff@yandex.ru

Абрамов Антон Максимович

Саратовский государственный
медицинский университет им. В.И. Разумовского
maksim.polidanoff@yandex.ru

Марченко Владислав Сергеевич

ординатор кафедры урологии,
Саратовский государственный
медицинский университет им. В.И. Разумовского
maksim.polidanoff@yandex.ru

Аннотация. Цель. Экспериментально обосновать способ лечения синдрома портальной гипертензии при циррозе печени. *Материалы и методы.* Были проведены серии экспериментов на белых крысах-самцах породы «Стандарт» в количестве 80 штук, массой 200 ± 50 г. Предварительно у лабораторных животных моделировали цирроз печени по ранее разработанной методике, суть которой заключалась в интраоперационном введении 0,3–0,5 мл 60–79 % раствора этанола под глиссонову капсулу в паренхиму печени животного. Благодаря данной методике цирроз моделируется в срок 14 суток от проведения эксперимента у 100 % животных и имеет выраженные морфологические (макро- и микроскопические) признаки. В дальнейшем осуществлялась лазерная несквозная фенестрация зоны цирроза под воздействием твердотельного лазера (лазерный аппарат Lasermid 1–10 (Россия), ближнего инфракрасного диапазона) длиной волны 1064 нм, мощностью 7–8 Вт на измененную область печени воздействовали излучением, путем создания несквозных лазерных каналов на измененном фрагменте печени. Через 14 суток животных выводили из эксперимента, иссекали фрагменты измененной печени после лазерного воздействия. Для проведения гистологического исследования кусочки печени предварительно фиксировали в 12 % формалине, парафинизировали, после чего нарезали на микротome и окрашивались гематоксилином и эозином, а также по Ван-Гизону и впоследствии исследовали под микроскопом «Olympus» «BX43F» (Япония). *Результаты.* При воздействии лазерной фенестрации на цирротически из-



Введение

В настоящее время достигнут значительный прогресс в изучении патогенеза, диагностики и лечения цирроза печени, однако проблема хронических диффузных заболеваний печени еще далека от разрешения, а многие ее аспекты требуют дальнейшего глубокого изучения. Одним из важных звеньев патогенеза цирроза печени является структурная перестройка долек печени с разобщением портального притока и коваляного оттока крови, что приводит к прогрессирующей портальной гипертензии [1–3]. Цирроз печени сопровождается нарушениями портального кровотока, развитием портальной гипертензии, приводящей к возникновению порто системных анастомозов и гипердинамического типа кровообращения [4].

При этом портальная гипертензия в своем развитии обгоняет печеночную недостаточность, замыкая порочный круг: каждый эпизод кровотечения из варикозных вен пищевода через гипоксию и всасывание продуктов разложения крови усугубляет печеночную недостаточность. Купирование портальной гипертензии разрывает этот порочный круг, позволяет существенно продлить жизнь пациента и улучшить ее качество. В связи с чем, в настоящее время актуальными являются исследования способов коррекции портальной гипертензии при циррозе печени.

Для лечения портальной гипертензии было предложено несколько методик. Метод снижения портальной гипертензии через создание рубцовых сращений печени, известный как гепатопексия, был предложен Chiari в 1921 году. В России эта методика получила широкую известность после выхода в свет монографии Г.Ф. Николаева [5], хотя внедрение в практику связано с именем М.В. Алферова (в 1924 г). Авторы предложили использовать эту методику при травмах печени, однако сочли

менённую печень в течение 14 суток достоверно нарастали проявления обменно-синтетической и пролиферативной активности в паренхиматозных клетках печени, прослеживалась инволюция склеротических изменений в печени к 21-м суткам после осуществления лазерной реваскуляризации, и, соответственно, достоверно нарастал процесс неоангиогенеза. *Выводы.* Изучение морфологии микро каналов на различных сроках показало, что на ранних сроках — сутки-двое — происходит формирование канала под УЗИ контролем с коагуляционным некрозом и отсутствием кровоизлияния в паренхиму (главное достоинство — безопасность метода); на сроке 14 дней — достоверно происходит неоангиогенез и появление молодых гепатоцитов в микро каналах вне печеночных долек; и при сроке 21 сутки и более — регенерация печени с восстановлением долек.

Ключевые слова: цирроз печени, экспериментальное моделирование, синдром портальной гипертензии при циррозе печени, лазерная фенестрация, регенерация печени.

ее применение возможным для снижения портальной гипертензии. Однако клинический опыт показал недостаточную эффективность гепатопексии.

На сегодняшний день имеются исследования на тему непрямой реваскуляризации различных анатомических областей и органов. К числу не прямых методов реваскуляризации конечностей при облитерирующих заболеваниях артерий относят операцию Илизарова-Зусмановича (СССР № 1061803, МПК А61В17/00, опубл. 23.12.1983) и операцию Зусмановича (СССР № 1680092, МПК А61 В17/00, опубл. 30.09.1991). Особую привлекательность в последние годы приобрела операция Зусмановича, так как по её применению имеется наибольшее количество публикаций. Операция Илизарова-Зусмановича более сложна техническому исполнению и для её выполнения требуются аппарат Илизарова и хирургический опыт ортопеда-травматолога. Сосудистые же больные лечатся в общехирургических или специализированных сосудистых отделениях, где не всегда работают подобные специалисты.

Известен способ лазерной реваскуляризации миокарда [6], включающий подвод импульсов лазерного излучения к сердцу пациента, фокусировку указанного излучения на эпи кардиальной поверхности миокарда и формирование канала в миокарде, при этом формируют несквозной канал с использованием импульсного лазерного излучения, генерируемого в областях длин волн 1,05–1,1 и 1,3–3 мкм с энергией в импульсе 0,1–0,2 Дж. Показанием к нему является наличие у пациента хронической ишемии миокарда с кардиосклерозом. Авторами методики было зафиксировано развитие неоангиогенеза в зоне лазерной фенестрации миокарда с улучшением его кровоснабжения.

Известен способ лечения цирроза печени (СССР № 1789230, МПК А61В18/20, опубл. 1993.01.23) путем ла-

зерной реваскуляризации печени и стимуляции регенераторных процессов, в котором для удлинения периода ремиссии обнажают цирротически измененную поверхность печени, создают микро каналы импульсным лазерным излучением мощностью 20 Дж и длительностью импульса 300–400 мс из 10 каналов на 1 см², зону наружных отверстий лазерных микро каналов обрабатывают плазменным потоком при температуре 37–40° С мощностью 250–300 Вт, затем закрывают на всем протяжении большим сальником в первые трое суток и, начиная с девятого суток после операции, осуществляют лимфосорбцию до нормализации печеночных проб. Однако способ обеспечивает большую длительность и травматичность операции, и, соответственно, недостаточную эффективность гепатопексии.

Наиболее близким к заявленному решению является способ лазерной фенестрации печени в эксперименте [6] путем лазерной реваскуляризации печени, включающий формирование микроканалов в цирротически измененной поверхности печени излучением кварцевого твердотельного лазера с мощностью 7–8 Вт с длиной волны 1,06 мкм. Кварцевым световодом диаметром 600 мкм выполняют сквозные перфорации со снижением мощности. Однако способ недостаточно эффективен.

В связи с вышесказанным, целью исследования экспериментально обосновать способа лечения синдрома портальной гипертензии при циррозе печени.

Материалы и методы исследования

В оперативном блоке кафедры факультетской хирургии и онкологии Саратовского государственного медицинского университета им. В.И. Разумовского были проведены серии экспериментов на белых крысах-самцах породы «Стандарт» в количестве 80 штук, массой 200±50 г. Все манипуляции и содержание животных было регламентировано этической комиссией ФГБОУ ВО «Саратовского государственного медицинского университета им. В.И. Разумовского» Министерства Здравоохранения Российской Федерации (протокол № 2, 15.09.2023). Условия содержания в виварии лабораторных животных регламентированы РД-АПК 3.10.07.02-09 «Методические рекомендации по содержанию лабораторных животных в вивариях научно-исследовательских институтов и учебных заведений», приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 01.04.2016 г. № 199н «Об утверждении правил надлежащей лабораторной практики», ГОСТ 33216-2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за лабораторными грызунами и кроликами» (актуализированным от 01.01.2021).

Предварительно у лабораторных животных моделировали цирроз печени по ранее разработанной мето-

дике [8], суть которой заключалась в интраоперационном введении 0,3–0,5 мл 60–79 % раствора этанола под глиссонову капсулу в паренхиму печени животного. Благодаря данной методике цирроз моделируется в срок 14 суток от проведения эксперимента у 100 % животных и имеет выраженные морфологические (макро- и микроскопические) признаки. В дальнейшем осуществлялась лазерная несквозная фенестрация зоны цирроза под воздействием твердотельного лазера (лазерный аппарат Lasermed 1–10 (Россия), ближнего инфракрасного диапазона) длиной волны 1064 нм, мощностью 7–8 Вт на измененную область печени воздействовали излучением, путем создания несквозных лазерных каналов на измененном фрагменте печени. Кварцевый световод вводили на глубину 3–4 мм (на всю глубину пораженного фрагмента печени). Микроканалы создавались на расстоянии друг от друга 3 мм, перекрывая всю пораженную долю печени, за исключением ее ворот. Через 14 суток животных выводили из эксперимента, иссекали фрагменты измененной печени после лазерного воздействия. Для проведения гистологического исследования кусочки печени предварительно фиксировали в 12 % формалине, парафинизировали, после чего нарезали на микротоме и окрашивались гематоксилином и эозином, а также по Ван-Гизону и впоследствии исследовали под микроскопом «Olympus» «BX43F» (Япония). Для проведения гистологического исследования кусочки печени предварительно фиксировали в 12 % формалине, парафинизировали, после чего нарезали на микротоме. Срезы толщиной 6 мкм окрашивались гематоксилином и эозином, а также по Ван-Гизону для оценки общей гистологической картины цирроза печени, впоследствии исследовали под микроскопом «Olympus» «BX43F» (Япония).

Результаты и их обсуждение

Технический результат достигается тем, в способе лечения синдрома портальной гипертензии при циррозе печени в эксперименте путем лазерной непрямой реваскуляризации, включающем формирование микроканалов в цирротически измененной печени контактной коагуляцией лазером ближнего инфракрасного диапазона длиной волны 1064 нм, мощностью 7–8 Вт, согласно решению, под УЗИ контролем формируют несквозные микро каналы глубиной 3–4 мм, перекрывая всю пораженную долю печени, за исключением ее ворот.

Способ осуществляется следующим образом. По стандартной методике проводили общую анестезию лабораторных животных. В асептических условиях выполняли микро-лапаротомию в правом подреберье для обеспечения хирургического доступа к правой доли печени. Предварительно у лабораторных животных моделировали цирроз печени по ранее разработанной методике [8], суть которой заключалась в интраопера-

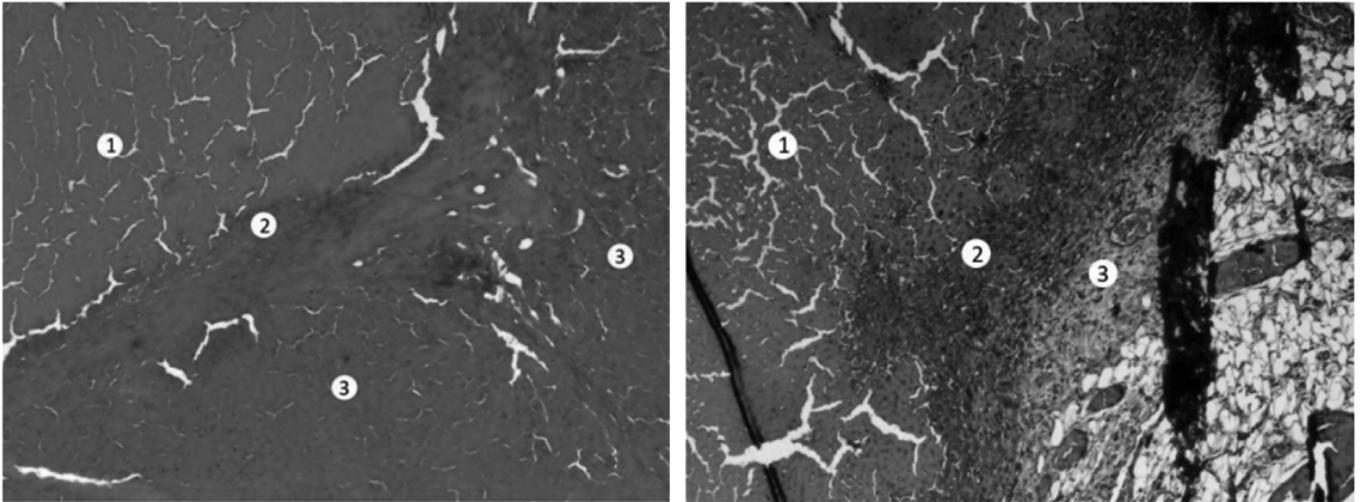


Рис. 1. На рисунке приведены результаты микроскопии препаратов печени после проведенного эксперимента, окраска: гематоксилин-эозин

Примечание: 1. здоровая ткань печени; 2. демаркационная зона; 3. зона цирроза

ционном введении 0,3–0,5 мл 60–79 % раствора этанола под глиссонову капсулу в паренхиму печени животного. В дальнейшем морфологическое исследование показало формирование выраженного фиброза паренхимы печени со структурной перестройкой печеночных долек, что является характерным признаком цирроза печени (рисунок 1). Благодаря данной методике цирроз моделируется в срок 14 суток от проведения эксперимента у 100 % животных и имеет выраженные морфологические (макро- и микроскопические) признаки.

В дальнейшем осуществлялась лазерная несквозная фенестрация зоны цирроза под воздействием твердотельного лазера (лазерный аппарат Lasermed 1-10 (Россия), ближнего инфракрасного диапазона) длиной волны 1064 нм, мощностью 7–8 Вт (экспериментально подобрана оптимальная мощность 7–8 Вт, до 6 Вт не обеспечивается гемостаз, свыше 10 Вт — происходит чрезмерное разрушение). Кварцевый световод вводили на глубину 3–4 мм (на всю глубину пораженного фрагмента печени). Микроканалы создавались на расстоянии друг от друга

3 мм, перекрывая всю пораженную долю печени, за исключением ее ворот (рисунок 2).

При морфологических исследованиях, выполненных на разных сроках течения эксперимента, наблюдали формирование микроканалов глубиной 3–4 мм с коагуляционным некрозом — сразу после лазерной фенестрации и затем — в течение первых двух-трех суток. При этом ни в одном наблюдении не наблюдали кровоизлияния в паренхиму печени, что свидетельствовало о безопасности методики. При дальнейшем наблюдении в течение 14 дней наблюдали развитие грануляционной ткани в созданных лазером микроканалах с выраженным неоангиогенезом и появлением молодых гепатоцитов в зоне повреждения вне печеночных долек. При сроке наблюдения в течение трех недель и более наблюдали морфологические признаки регенерации печени с восстановлением ее долек.

В ходе гистологического исследования обращало на себя внимание сужение и укорочение соединительнотканых септ и уменьшение функциональных волокон

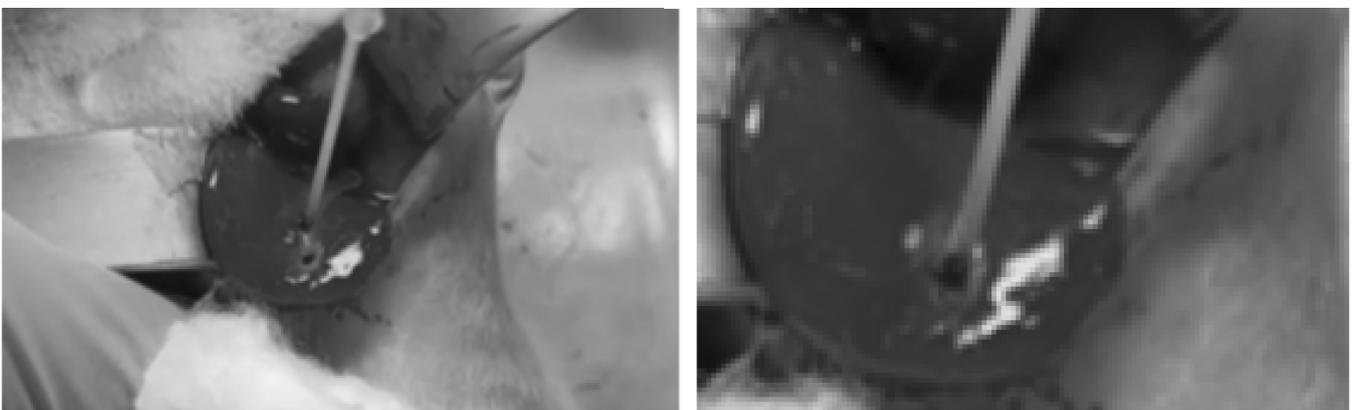


Рис. 2. Изучение лазеркоагуляции в эксперименте in vitro

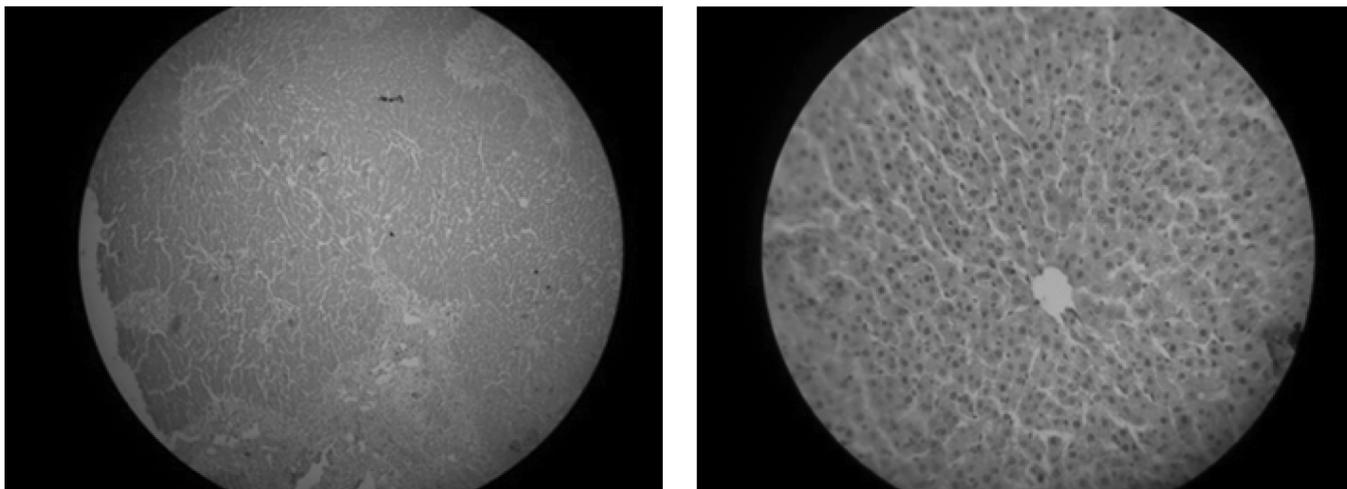


Рис. 3. Неоангиогенез сосудистой системы печени по результатам гистологического исследования, окраска по Ван-Гизону

в портальных трактах. Неоангиогенез, обусловленный существенной перестройкой внутриорганный сосудистой системы печени при циррозе в портальных трактах и септах у лабораторных животных, достоверно ($p < 0,05$) увеличился с $7,22 \pm 0,15$ до $9,23 \pm 0,18$ в течение 14 дней. Во всех препаратах среди вновь сформированных сосудов регистрировались мелкие артерии (12,9 %), вены (30,2 %), сосуды микроциркуляторного русла, на долю которых пришлось 62,5 %. Также было отмечено сохранение контуров долек печени, которые также можно определить по положению двух структур: триад меж долькового уровня, которые находятся на стыке долек, и центральной вены, расположенной в центре каждой дольки. Стенка центральных вен образована одним слоем плоских эндотелиальных клеток и тонкой прослойкой соединительной ткани, в просвете которой отмечается стабильный уровень ферментов, в отличие от предыдущих препаратов (рисунок 3). В ходе гистологического исследования препаратов при сроке до 21 суток и более — отмечалась регенерация печени с восстановлением долек, формирование хорошей дольчатой структуры ткани, что свидетельствует о восстановлении тканей печени.

Преобразование зон лазерного воздействия в печени лабораторных животных через 14 суток в зрелую соединительную ткань с новообразованными мелкими артериями (12,9 %), венами (30,2 %), и сосудами микроциркуляторного русла, на долю которых пришлось 62,5 %, в нашем эксперименте обусловлено комплекс-

ным взаимодействием факторов роста и протеолитических ферментов, которые создают необходимые условия для пролиферации и миграции эндотелиальных и гладкомышечных клеток сосудистой стенки и ремоделирования тканей в зонах лазерной фенестрации. Данный факт является отражением повышения уровня активности синтетических процессов в печени после стимуляции регенерации лазерной фенестрации.

Таким образом, при воздействии лазерной фенестрации на цирротически изменённую печень в течение 14 суток достоверно нарастали проявления обменно-синтетической и пролиферативной активности в паренхиматозных клетках печени, прослеживалась инволюция склеротических изменений в печени к 21-м суткам после осуществления лазерной реваскуляризации, и, соответственно, достоверно нарастал процесс неоангиогенеза.

Выводы

Изучение морфологии микро каналов на различных сроках показало, что на ранних сроках — сутки-двое — происходит формирование несквозных микро каналов с коагуляционным некрозом и отсутствием кровоизлияния в паренхиму (главное достоинство — безопасность метода); на сроке 14 дней — достоверно происходит неоангиогенез и появление молодых гепатоцитов в микро каналах вне печеночных долек; и при сроке 21 сутки и более — регенерация печени с восстановлением долек [9].

ЛИТЕРАТУРА

1. Hartroft W.S. The sequence of pathologic events in the development of experimental fatty liver and cirrhosis. *Ann NY Acad Sci.* 1954; 57 (6): 633–645.
2. Beckett A.G., Livingstone A.V., Hill K.R. Acute alcoholic hepatitis. *Br Med J.* 1961; 2 (5260): 1113–1119.
3. Hall E.M., Ophüls W. Progressive Alcoholic Cirrhosis: Report of Four Cases. *Am J Pathol.* 1925; 1 (5): 477–494.
4. Гарбузенко Д.В. Механизмы адаптации сосудистого русла к гемодинамическим нарушениям при портальной гипертензии. *Вестник РАМН.* 2013; 1: 52–57.
5. Николаев Г.Ф. Закрытые повреждения печени. Государственное издательство медицинской литературы. 1955; 164 с.
6. Патент РФ на изобретение № 2195345, МПКА61N5/067, опубл. 27.12.2002 Гордов Е.П., Макогон М.М., Суханов В.Б. Способ лазерной реваскуляризации миокарда.
7. Попова И.А. Изучение лазерной фенестрации печени в эксперименте. *Бюллетень медицинских интернет-конференций.* 2011; 1 (1): 79 с.
8. Патент на изобретение RU 2828542 C1, 14.10.2024. Заявка от 03.05.2024. Высоцкий Л.И., Капралов С.В., Абрамов А.М., Полиданов М.А., Волков К.А., Марченко В.С. Способ моделирования экспериментального цирроза печени. Среди соавторов — специалист научно-исследовательского отдела, ассистент кафедры медико-биологических дисциплин Полиданов М.А.
9. Заявка на патент РФ на изобретение № 2024127297 от 17.09.2024. Капралов С.В., Высоцкий Л.И., Полиданов М.А., Абрамов А.М., Волков К.А., Марченко В.С. Способ лечения синдрома портальной гипертензии при циррозе печени в эксперименте.

© Капралов Сергей Владимирович (sergejkapralov@yandex.ru); Полиданов Максим Андреевич (maksim.polidanoff@yandex.ru);
Волков Кирилл Андреевич (maksim.polidanoff@yandex.ru); Высоцкий Лев Ильич (maksim.polidanoff@yandex.ru);
Абрамов Антон Максимович (maksim.polidanoff@yandex.ru); Марченко Владислав Сергеевич (maksim.polidanoff@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ФАКТОРЫ РИСКА РАЗВИТИЯ ГИПЕРПЛАСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РЕПРОДУКТИВНОМ ВОЗРАСТЕ. ОСОБЕННОСТИ КЛИНИЧЕСКОЙ КАРТИНЫ ЗАБОЛЕВАНИЯ

RISK FACTORS FOR THE DEVELOPMENT OF HYPERPLASTIC PROCESSES IN THE REPRODUCTIVE AGE. FEATURES OF THE CLINICAL PICTURE OF THE DISEASE

**N. Kotelnikova
R. Balter
L. Tselkovich
T. Ivanova
O. Ilchenko
M. Podgornaya
Ju. Rudenko**

Summary. Risk factors, causes of development and features of the clinical picture of endometrial hyperplasia in women of reproductive age are considered. 216 patients were examined and treated. The results were processed in the MedCalc medical statistics program, version 15.2. It was determined that all women with hyperplastic processes have secondary infertility. It was found that in every fifth patient, hyperplasia is not accompanied by clinical manifestations, and the transferred somatic and gynecological diseases — they are also risk factors — are the same for the simple and atypical forms.

Keywords: endometrial hyperplasia, anamnesis, risk factors, clinic of simple and atypical endometrial hyperplasia.

Котельникова Надежда Александровна
ИПО СамГМУ Самарский государственный
медицинский университет
setenovana5@mail.ru

Балтер Регина Борисовна
кандидат медицинских наук, профессор, ИПО СамГМУ
Самарский государственный медицинский университет
samaraobsgyn2@yandex.ru

Целкович Людмила Савельевна
доктор медицинских наук., профессор, ИПО СамГМУ
Самарский государственный медицинский университет
samaraobsgyn2@yandex.ru

Иванова Татьяна Владимировна
кандидат медицинских наук, доцент, СамГМУ Самарский
государственный медицинский университет
t.v.ivanova@samsmu.ru

Ильченко Олеся Андреевна
Аспирант, ИПО СамГМУ Самарский государственный
медицинский университет
olesay.ilchenko@gmail.com

Подгорняя Милла Сергеевна
ИПО СамГМУ Самарский государственный
медицинский университет
samaraobsgyn2@yandex.ru

Руденко Юлия Александровна
кандидат медицинских наук, врач — акушер-гинеколог,
ГБУЗ СОКБ имени В.Д. Середавина, г. Самара
rudenco.ya1973@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены факторы риска, причины развития и особенности клинической картины гиперплазии эндометрия у женщин репродуктивного возраста. Обследовано и пролечено 216 пациенток. Результаты обработаны в программе медицинской статистики MedCalc, версия 15.2. Определено, что у всех женщин с гиперпластическими процессами имеет место вторичное бесплодие. Установлено, что у каждой пятой пациентки гиперплазия не сопровождается клиническими проявлениями, а перенесенные соматические и гинекологические заболевания — они же факторы риска — для простой и атипической формы одинаковы.

Ключевые слова: гиперплазия эндометрия, анамнез, факторы риска, клиника простой и атипической гиперплазии эндометрия.

Патология эндометрия в репродуктивном возрасте — это не только риск малигнизации и формирования аденокарциномы эндометрия, но и проблемы, связанные с нарушением репродуктивной функции [1–3].

Рассматривая частоту гиперплазии эндометрия (ГЭ) в структуре гинекологических заболеваний женщин

репродуктивного возраста, отмечено, что это наиболее часто встречающаяся патология, которая составляет 30–50 % всех причин госпитализации в гинекологический стационар [4–6]. С развитием методов ультразвукового исследования (УЗИ) и технологическим прогрессом выявляемость ГЭ при неявных клинических проявлениях не снижается и, по данным различных авторов, составляет 5–6 % от всех УЗИ гениталий [7–9]. Имеются сведения,

что патология эндометрия без аномальных маточных кровотечений в репродуктивном возрасте составляет 7,8–34,9 % [10–12].

Соответственно, целью исследования стал анализ причин, способствующих развитию ГЭ в репродуктивном возрасте, а также выявление особенностей клинической картины заболевания. Для этого в период с 2014 по 2023 г. на базе ГБУЗ «Самарский областной центр планирования семьи и репродукции» было обследовано и пролечено 216 женщин репродуктивного возраста с гиперпластическими процессами эндометрия. У 122 пациенток гистологически была подтверждена простая гиперплазия (ГЭ), эти пациентки вошли в I группу сравнения (средний возраст равен 33,9 [28–44] года). У 94 пациенток была диагностирована атипичная гиперплазия (АГЭ) — II группа сравнения (средний возраст составил 36,3 [29–44] года). В качестве контрольной группы обследовано 24 здоровых женщины, которые входили в программы вспомогательных репродуктивных технологий (ВРТ) в связи с мужским фактором бесплодия (средний возраст определен 36,4 [26–44] года).

Распределение пациенток в группы сравнения проводилось в соответствии с действующей Бинарной классификацией ВОЗ 2014 г.

Критерии включения в группы сравнения:

- репродуктивный возраст;
- наличие гиперплазии эндометрия;
- планирование беременности в течение ближайшего года после окончания лечения.

Критерии исключения из групп сравнения:

- возраст моложе 18 и старше 45 лет;
- отсутствие гиперплазии эндометрия;
- отсутствие планирования беременности.

Критерии включения в группу контроля:

- здоровые женщины репродуктивного возраста;
- отсутствие острых соматических или гинекологических заболеваний;
- отсутствие противопоказаний к вынашиванию беременности;
- подготовка к проведению ЭКО;
- мужской фактор как причина бесплодия.

Полученные результаты общеклинического обследования, данные анамнеза и клинического течения заболевания, были объединены в электронные таблицы Excel, а затем обработаны при помощи программы медицинской статистики MedCalc (версия 15.2).

Рассматривая социальное положение женщин, входящих в группы исследования, сделан вывод, что распределение их было достаточно однородным, и в груп-

пах не зафиксировано ни одной пациентки с вредными условиями труда. Наоборот, все пациентки имели высшее или среднее специальное образование, а треть из них в каждой группе были домохозяйками, большинство женщин работали. Социальные показатели пациенток выделенных групп представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Основные социальные показатели пациенток сравниваемых групп — М (m)

Исследуемый показатель		I группа сравнения (ГЭ) ¹ n=122	II группа сравнения (АГЭ) ² n=94	Группа контроля n=24
Образование	Высшее	31,9 (4,2)	32,9 (4,9)	41,7 (10,3)
	Среднее специальное	68,0 (4,2)	67,0 (4,9)	58,3 (10,3)
Социальное положение	Служащая	28,8 (4,1)	29,8 (4,7)	29,2 (9,5)
	Домохозяйка	31,8 (4,2)	36,2 (4,9)	33,3 (9,8)
	ИП	39,4 (4,4)	34,0 (4,9)	37,5 (10,1)

Важное значение в формировании репродуктивной функции имеет масса тела [13]. В ходе исследования было установлено, что в группе пациенток с ГЭ индекс массы тела (ИМТ) составил 26,01 (0,37), в группе с АГЭ — 26,25 (0,39), а в группе контроля — 26,27 (1,86). Статистически значимых различий ИМТ в группах не определено.

Отмечено, что при обращении за медицинской помощью, жалобы пациенток, вошедших в группы сравнения, были разными (см. табл. 2).

Таблица 2.

Жалобы на момент обращения до верификации диагноза — абс. %, М (m)

Исследуемый показатель	I группа сравнения (ГЭ) ¹ n= 122	II группа сравнения (АГЭ) ² n=94	p ₁₋₂
Меноррагия	29 23,8 (3,8)	11 11,7 (3,3)	p=0,017
Аномальное маточное кровотечение	56 45,9 (4,5)	58 61,7 (5,0)	p=0,020
Боли	16 13,1 (3,1)	6 6,4 (2,5)	p=0,093
Нет жалоб	21 17,2 (3,4)	19 20,1 (4,2)	p=0,592

Примечание. p₁₋₂ — степень достоверности статистического различия между показателями групп

Статистически значимые различия были получены по показателям: меноррагия — в группе с ГЭ на нее указали 23,8 (3,8) % пациенток, среди женщин с АГЭ только



Рис. 1. Показатели менструальной функции женщин с ГЭ и АГЭ

11,7 (3,3) % ($p=0,017$); аномальное маточное кровотечение — 45,9 (4,5) % и 61,7 (5,0) % ($p=0,020$); наличие болевого синдрома — 13,1 (3,1) % и 6,4 (2,5) % ($p=0,093$).

Не было жалоб и выявления гиперплазии эндометрия случайно при проведении УЗИ у 17,2 (3,4) % женщин с ГЭ и у 20,1 (4,2) % пациенток с АГЭ ($p=0,592$). При этом боли при ГЭ и АГЭ были связаны с наличием сопутствующей гинекологической патологии, такой, как миома матки и/или аденомиоз, хронические воспалительные процессы матки и придатков [14].

Что касается менструальной функции женщин сравниваемых групп до развития гиперпластического процесса в эндометрии, то ее особенности показаны на рисунке 1.

При рассмотрении особенностей менструальной функции, отмечено, что почти у половины женщин в группах менструации были обильными, у каждой 5-й пациентки в обеих группах продолжительность менструального кровотечения составляла более семи дней. На альгоменорею указывали 30,1 (4,4) % женщин с ГЭ и 32,9 (4,9) % с АГЭ ($p=0,671$). Диспареуния зафиксирована у 18,0 (3,5) % пациенток с ГЭ и 22,3 (4,3) % с АГЭ ($p=0,466$). Что касается длительности менструального цикла, то на его продолжительность в пределах 21–24 дней указывали 38,5 (4,4) % женщин с ГЭ и 47,8 (5,1) % пациенток с АГЭ ($p=0,168$), от 25 до 31 дня — 44,3 (4,5) и 38,9 (5,0) %, соответственно ($p=0,423$). У остальных пациенток менструальный цикл продолжался от 32 до 35 дней — 17,2 (3,4) и 13,8 (3,6) % ($p=0,493$), соответственно.

Статистически значимых различий в группах по характеру менструальной функции у женщин с различными формами гиперпластических процессов не выделено.

Далее был проанализирован анамнез перенесенных соматических заболеваний (см. рис. 2).

В диаграмме на рисунке 2 показаны наиболее распространенные патологии, на которые указали женщины в сравниваемых группах. Отмечено, что практически по всем показателям имелись статистически значимые различия между пациентками сравниваемых и контрольной групп. В то же время между данными женщин с ГЭ и АГЭ достоверных различий не обнаружено. Наиболее часто пациентки с гиперпластическими процессами обозначали такие перенесенные заболевания, как доброкачественная патология молочных желез (42,6 (4,5) % у пациенток с ГЭ и 46,8 (5,1) % у женщин с АГЭ, $p=0,537$), метаболический синдром (56,5 (4,5) % в I группе сравнения и 44,7(5,1) % во II группе сравнения, $p=0,08$), патология системы пищеварения (стеатогепатоз, панкреатит, патология желчного пузыря) (40,2 (4,5) и 27,6 (4,6) %, соответственно, $p=0,05$), гипотиреоз (21,3 (3,7) и 18,1 (4,0) %, соответственно, $p=0,557$).

Что касается гинекологического анамнеза, то данные о нем представлены на рисунке 3.

Среди перенесенных гинекологических заболеваний возможно участвующих в патогенезе гиперплазий эндометрия можно отметить следующие:

- миома матки — 52,5 (4,4) % пациенток с ГЭ и 63,8 (4,9) % женщин с АГЭ ($p=0,081$);
- эндометрит — 41,8 (4,5) и 38,3 (5,0) %, соответственно ($p=0,603$);
- воспалительные заболевания шейки матки — 63,9 (4,4) и 72,3 (4,6) %, соответственно ($p=0,188$).

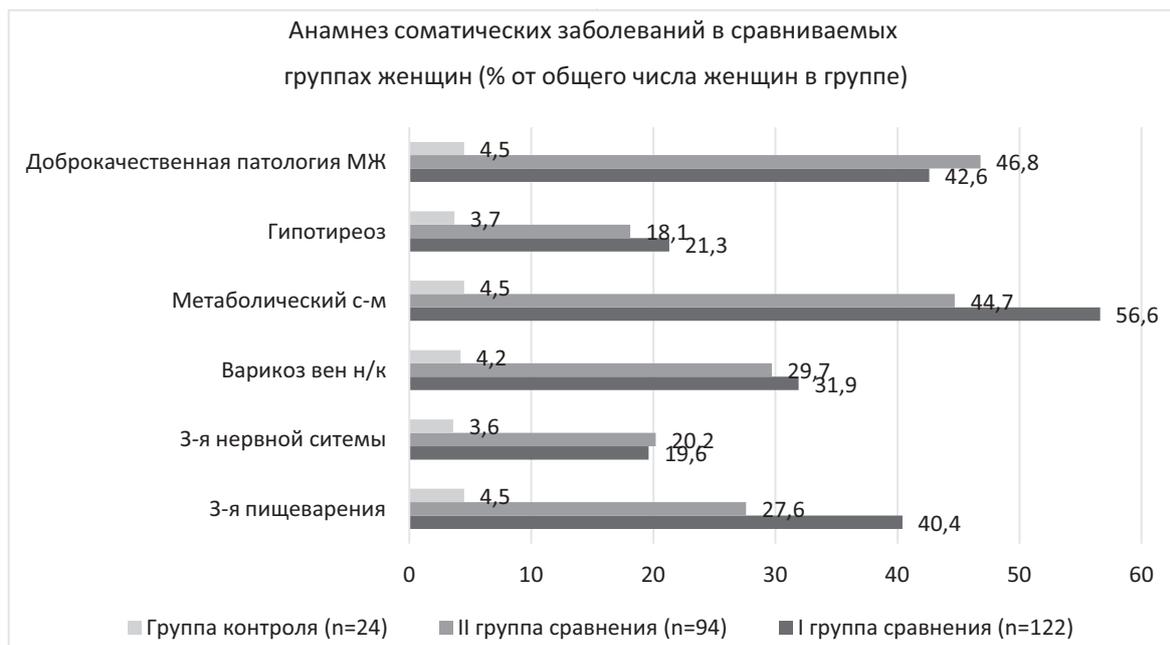


Рис. 2. Перенесенные соматических заболевания у женщин сравниваемых групп

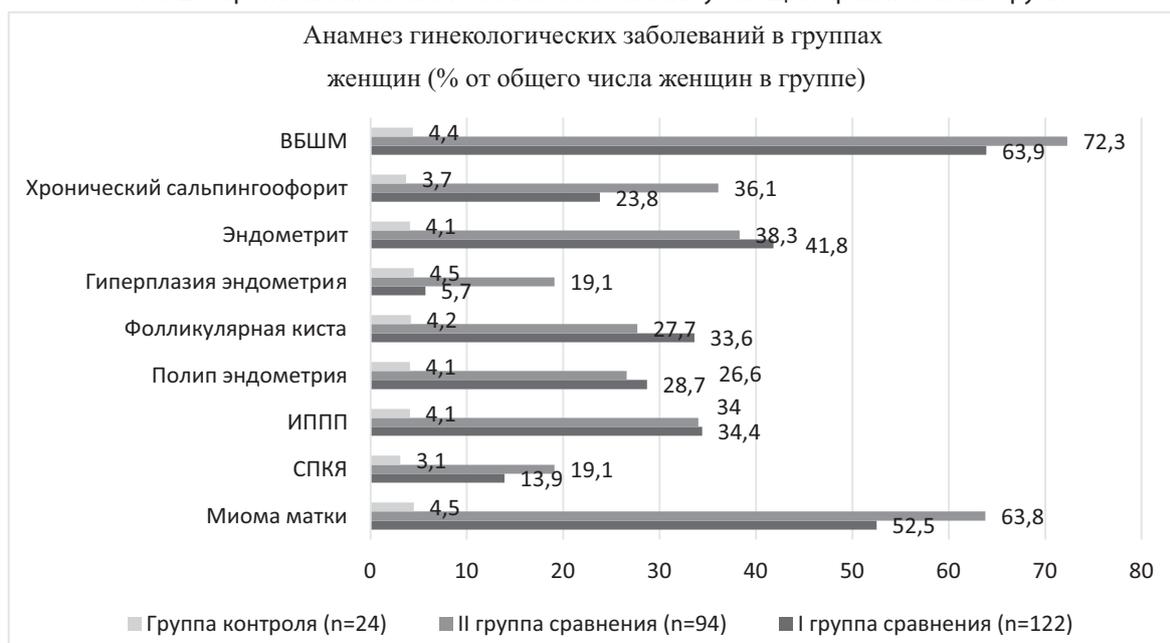


Рис. 3. Перенесенные гинекологические заболевания у женщин сравниваемых групп

Определено, что у 5,7 % женщин в I группе и у 19,1 % пациенток во II группе гиперплазия эндометрия оказалась рецидивирующей ($p=0,003$). Кроме того, у 33,6 (4,3) % женщин с ГЭ и у 27,7 (4,6) % с АГЭ ($p=0,349$) имелись указания на перенесенные фолликулярные кисты, лечение которых проводилось консервативно. Выявлено, что у подавляющего большинства пациенток групп сравнения перенесенная гинекологическая патология была сочетанной. В контрольной группе на сочетанную гинекологическую патологию в анамнезе указало только две пациентки, у остальных женщин в анамнезе встречались те или иные нарушения репродуктивного здоро-

вья, которые к моменту обследования были полностью восстановлены.

Также определено, что в анамнезе у женщин сравниваемых групп были перенесенные хирургические вмешательства (см. рис. 4).

Наиболее часто у пациенток с гиперплазиями эндометрия отмечались такие вмешательства, как выскабливание полости матки — 65,6 (4,3) % у женщин с ГЭ и 75,5 (4,5) % с АГЭ ($p=0,113$). Достаточно часто проводилась цистэктомия, таких пациенток в I группе сравнения было



Рис. 4. Показатели частоты оперативных вмешательств в анамнезе у женщин сравнимых групп

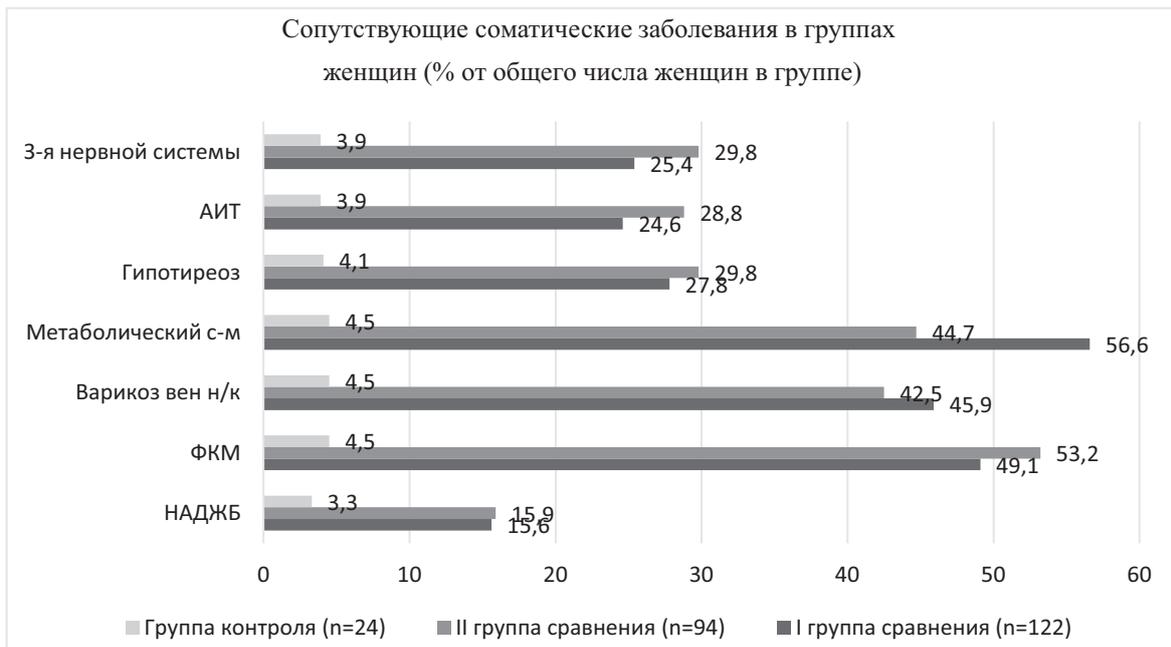


Рис. 5. Сопутствующие соматические заболевания у женщин сравнимых групп

14,7 (3,2) %, во II группе — 17,0 (3,9) % ($p=0,648$). В анамнезе 9,8 (2,7) % женщин с ГЭ и 5,3 (2,3) % пациенткам с АГЭ была проведена миомэктомия ($p=0,205$).

Далее в процессе исследования проанализировано текущее состояние здоровья женщин, поступивших в стационар по поводу лечения гиперпластического процесса в эндометрии (см. рис. 5).

В процессе обследования женщин было выяснено, что у большинства из них имеется ряд хронических

экстрагенитальных заболеваний, причем почти у трети пациенток первых двух групп он носил сочетанный характер. Однако в момент их госпитализации острых состояний, являющихся противопоказанием к проведению хирургического вмешательства (гистероскопии, выскабливания полости матки), у женщин обнаружено не было. Большинство патологий так или иначе оказались связаны с нарушением гормонального фона (гипотиреоз, фиброзно-кистозная мастопатия, метаболический синдром, стеатогепатоз, аутоиммунный тиреозит).

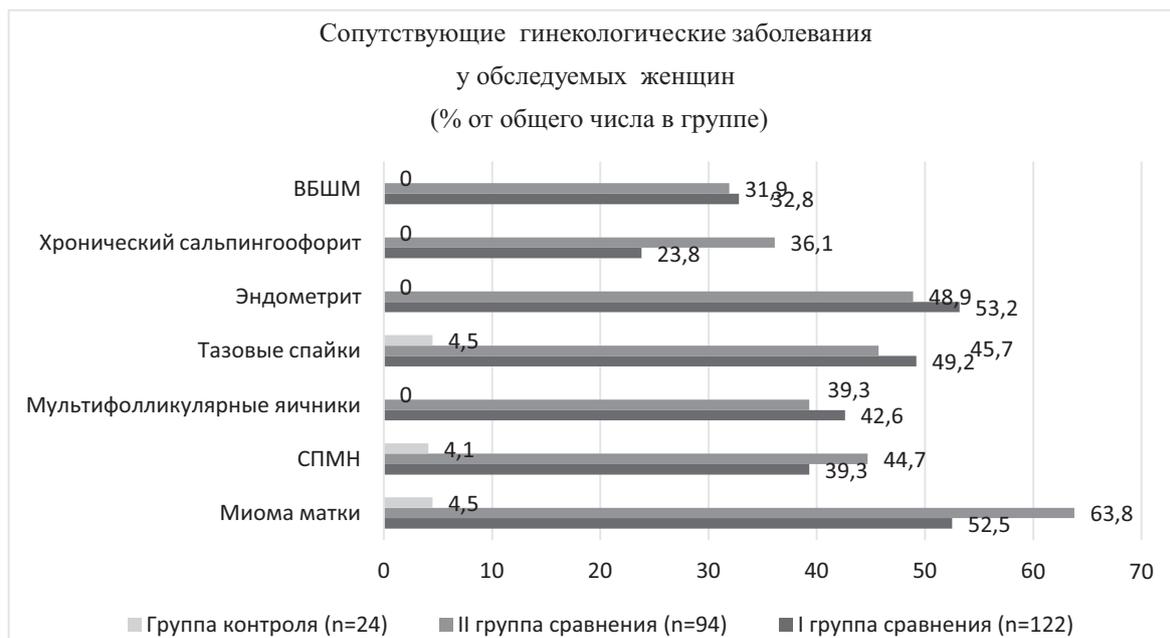


Рис. 6. Сопутствующие гинекологические заболевания у женщин сравниваемых групп



Рис. 7. Показатели репродуктивного анамнеза женщин с гиперпластическими процессами в эндометрии

В контрольной группе случаи с указанными патологиями зафиксированы как единичные.

Что касается сопутствующих гинекологических патологий, то, в основном, это были хронические состояния, связанные с перенесенным воспалительным процессом или гиперэстрогенией (см. рис. 6).

Отмечено, что более чем у половины пациенток сравниваемых групп регистрировалась миома матки. Из распространенных и значимых в патогенезе гиперплазий заболеваний отмечены такие, как эндометриит — в группе с ГЭ данных пациенток было 53,2 (4,5) %, в группе с АГЭ — 48,9 (5,2) %, ($p=0,532$), а также мультифоллику-

лярные яичники (МФЯ) — 42,6 (4,5) и 39,3 (5,1) %, соответственно ($p=0,628$).

Определено, что в анамнезе большинства пациенток сравниваемых групп имела место беременность, однако ее исходы были различными (см. рис. 7).

Рассматривая реализацию репродуктивной функции женщин с гиперплазиями, определено, что среди пациенток с ГЭ было только 5 (4,1 %) женщин, у которых не было ни одной беременности, а в группе с АГЭ таких пациенток не зафиксировано. Вместе с тем все пациентки в обеих группах указывали на отсутствие беременности в период от трех до пяти лет перед поступлением

в стационар без применения каких-либо средств контрацепции. Данный факт расценивается как вторичное бесплодие, так как установлено, что все женщины, входящие в группы исследования, жили регулярной половой жизнью. При этом только 22 (18,0 %) пациентки с ГЭ и 13 (13,8 %) — с АГЭ использовали какие-либо методы контрацепции.

Таким образом, рассматривая анамнез и имеющуюся к моменту развития гиперплазии эндометрия сопутствующую гинекологическую и соматическую патологию, можно сделать следующие *выводы*:

1. В структуре гинекологических и экстрагенитальных заболеваний у пациенток сравнимых групп (с ГЭ и АГЭ) статистически значимых различий не обнаружено, что позволяет считать установленные анамнестические данные не избирательными для формирования типа гиперплазии.
2. В структуре перенесенных и сопутствующих соматических заболеваний преобладали патологии, оказывающие влияние на синтез половых гормонов, а именно: метаболический синдром, сопровождающийся висцеральным ожирением, гиперто-

нией и инсулинорезистентностью; стеатогепатоз; гипотиреоз [15, 16]. Среди гинекологических патологий [17] — хронические воспалительные заболевания органов репродуктивной системы, кистозные изменения яичников (фолликулярные кисты или мультифолликулярные изменения в яичниках), гиперпластические процессы матки [18] (миома матки, полипы эндометрия, у 5,1 % пациенток с ГЭ и у 19,1 % с АГЭ гиперпластические процессы эндометрия до начала настоящего исследования).

3. У 17,2 (3,4) % женщин с ГЭ и у 20,1 (4,2) % пациенток с АГЭ отсутствовали какие-либо жалобы, связанные с гиперпластическим процессом [19–21], наличие которого было установлено при проведении УЗИ во время текущего гинекологического осмотра.
4. У всех пациенток зафиксировано нарушение репродуктивной функции, поскольку в течение 3–5 лет до начала исследования при наличии регулярной половой жизни отсутствовала беременность и у большинства имелись нарушения менструального цикла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джанашвили Л.Г., Назаренко Т.А., Балахонцева О.С., Мартиросян Я.О., Пронин С.М., Калинина Е.А., Бирюков А.М. Реализация репродуктивной функции у больных с типичной гиперплазией и раком эндометрия I стадии. *Акушерство и гинекология*. 2020; 4:45–51. <https://dx.doi.org/10.18565/aig.2020.4.45-51>
2. Доброхотова Ю.Э., Сапрыкина Л.В. Гиперплазия эндометрия. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2018:112. URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970444238.html>
3. Ерофеева Л.Г., Сидоркина А.Г., Новопашина Г.Н., Ерофеев Б.Б. Современное представление о проблеме гиперплазии эндометрия. *Научное обозрение. Медицинские науки*. 2022; 6:82–88. <https://science-medicine.ru/ru/article/view?id=1308>
4. Габидуллина Р.И., Смирнова Г.А., Нухбала Ф.Р., Валеева Е.В., Орлова Ю.И., Шакиров А.А. Гиперпластические процессы эндометрия: современная тактика ведения пациентов. *Consilium Medicum*. 2019;21(6):53–58. DOI: 10.26442/20795696.2019.6.190472
5. Завалко А.Ф., Котельникова Н.А. Гиперплазия эндометрия — патогенетические аспекты, классификация и распространённость явлений среди пациенток репродуктивного возраста (обзор литературы). *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»*. 2016;1:22–27. <https://sciup.org/14343956>
6. Павловская М.А. Гиперплазия эндометрия у женщин фертильного возраста: клиника, диагностика, патогенез и возможности терапии. *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*. 2015;2(50):123–127. <http://journal-grsmu.by/index.php/ojs/article/view/61>
7. Атабекова Л.А., Виноградова Н.М., Шарапова Е.И., Бурков С.Г. Значение эхографии в комплексной диагностике гиперпластических процессов эндометрия в условиях поликлиники. *SonoAce International*. 2006; 14:29–34. <https://masters.donntu.ru/2010/fknt/kozlov/library/8.htm>
8. Пустотина О.А. Гиперплазия эндометрия по данным УЗИ. Разбор виновных дел. Научно-образовательный портал «Экспертология». 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=JirQtXNYeA>; Интернет:<http://expertologiya.ru/>
9. Heremans R.T., Van Den Bosch, Valentin L., Vinants L., Pascual M.A., Fruscio R., Testa A.K., Buonomo F., Guerriero S., Epstein E., Born T., Timmerman D., Leone F.P. Ultrasound features of endometrial pathology in women without abnormal uterine bleeding: results of the International Study on the Analysis of Endometrial Tumors (IETA3). *Ultrasound obstetric and gynecological examination*. 2022;60(2):243–255. <https://doi.org/10.1002/uog.24910>
10. Казачкова Э.А., Затворницкая А.В., Воропаева Е.Е., Казачков Е.Л. Гиперплазия эндометрия, сочетающаяся с хроническим эндометритом: клинико-морфологические особенности. *Уральский медицинский журнал*. 2020;3(186):36–41. <http://elib.usma.ru/handle/usma/18959>
11. Клинические рекомендации. Гиперплазия эндометрия. М.: Министерство здравоохранения Российской Федерации. 2021:45. https://www.rzn8gb.ru/pub/att/9_1344_482.pdf
12. Локшин В.Н., Валиев Р.К., Карибаева Ш.К., Карибаева К.Д., Сатбаева Э.Б., Соколенко Е.Г., Абдикаримова Р.Б., Лежебокова Э.А. Внутриматочная патология у пациенток с бесплодием. *Проблемы репродукции*. 2018;24(4):28–32. DOI:10.17116/repro20182404128
13. Маринкин И.О., Шпагина Л.А., Лисова Е.С., Котова О.С., Кузнецова Г.В., Локтин Е.М., Кармановская С.А. Гиперплазия эндометрия у женщин с коморбидным ожирением, работающих в условиях контакта с органическими растворами. *Акушерство и гинекология*. 2023; 3:57–64. <https://dx.doi.org/10.18565/aig.2022.289>
14. Koskas M., Uzan J., Luton D., Rouzier R., Darai E. Prognostic factors of oncologic and reproductive outcomes in fertility-sparing management of endometrial atypical hyperplasia and adenocarcinoma: systematic review and meta-analysis. *Fertil Steril*. 2014;101(3):785–794. [https://www.fertstert.org/article/S0015-0282\(13\)03288-3/fulltext](https://www.fertstert.org/article/S0015-0282(13)03288-3/fulltext)

15. Ильина И.Ю., Доброхотова Ю.Э. Роль окислительного стресса в развитии гинекологических заболеваний. *Акушерство и гинекология*. 2021; 2:150–156. [https://dx.doi.org/10.18565/aig.2021.2.150–156](https://dx.doi.org/10.18565/aig.2021.2.150-156)
16. Мкоян Г.Ю., Арутюнян А.Г., Айрапетян М.М. К вопросу об оптимизации терапии женщин с гиперпластическими процессами эндометрия и гипотиреозом. *Акушерство и гинекология*. 2020; 5:144–149. [https://dx.doi.org/10.18565/aig.2020.5.144–49](https://dx.doi.org/10.18565/aig.2020.5.144-49)
17. Котельникова Н.А., Ильченко О.А., Балтер Р.Б. Особенности гинекологического и соматического здоровья у женщин с гиперпластическими процессами эндометрия. Интеллектуальный потенциал общества как драйвер инновационного развития науки. 2024: 111–114. <https://aeterna-ufa.ru/events/nk-607>
18. Котельникова Н.А., Целкович Л.С., Иванова Т.В. Влияние микробиоты полости матки у женщин с гиперплазией эндометрия на процесс малигнизации. Интеллектуальный потенциал общества как драйвер инновационного развития науки. 2024:114–118. <https://aeterna-ufa.ru/events/nk-607>
19. Котельникова Н.А., Балтер Р.Б., Ларионова С.Н. Изменение гормонального профиля на фоне проводимой терапии у женщин с гиперпластическими процессами эндометрия. Современные задачи и перспективные направления инновационного развития науки. 2024: 89–92. <https://aeterna-ufa.ru/events/nk-615>
20. Котельникова Н.А., Балтер Р.Б., Иванова Т.В. Состояние рецепторного аппарата эндометрия у женщин репродуктивного возраста, страдающих гиперплазией. Современные задачи и перспективные направления инновационного развития науки. 2024: 86–89. <https://aeterna-ufa.ru/events/nk-615>
21. Котельникова Н.А., Ильченко О.А., Тюмина О.В. Значение иммуногистохимического исследования (ИГХ) для прогноза малигнизации гиперплазии эндометрия у женщин репродуктивного возраста (Рос-Анализ). Современные задачи и перспективные направления инновационного развития науки. 2024:93–95. <https://aeterna-ufa.ru/events/nk-615>

© Котельникова Надежда Александровна (semenovana5@mail.ru); Балтер Регина Борисовна (samaraobsgyn2@yandex.ru);
Целкович Людмила Савельевна (samaraobsgyn2@yandex.ru); Иванова Татьяна Владимировна (t.v.ivanova@samsmu.ru);
Ильченко Олеся Андреевна (olesay.ilchenko@gmail.com); Подгорняя Милла Сергеевна (samaraobsgyn2@yandex.ru);
Руденко Юлия Александровна (rudenco.ya1973@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ КОНСЕРВАТИВНОГО МЕДИКАМЕНТОЗНОГО ОБЕЗБОЛИВАНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ТРАВМАТИЧЕСКИМИ АМПУТАЦИЯМИ КОНЕЧНОСТЕЙ В РАННЕМ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ

MODERN PRINCIPLES OF CONSERVATIVE DRUG PAIN RELIEF FOR PATIENTS WITH TRAUMATIC LIMB AMPUTATIONS IN THE EARLY POSTOPERATIVE PERIOD

**P. Krainukov
E. Kim
R. Gudantov
A. Borisova
D. Agafonov
N. Goncharov**

Summary. This article is devoted to a review of non-opioid analgesics used for pain relief in patients with mine blast wounds (MBW) accompanied by traumatic limb amputations in the early postoperative period, which are recommended in modern clinical practice.

Currently, there are several different schemes of conservative drug pain relief for patients with pain syndrome after amputations, but they often include opioid drugs, which entail serious side effects. In this regard, the aim of our work was to analyze the possibility of using modern drugs for pain relief in patients with limb amputations due to MVR in the early postoperative period without the use of narcotic analgesics and regional pain relief methods, to assess the advantages and disadvantages of non-opioid analgesics based on literature data.

Materials and methods. This article reviews studies that analyze modern drugs used to relieve pain in patients in the early postoperative period. When collecting information, articles from such information resources as: Google Scholar, ELibrary, Pubmed, NCBI, PCM; Springer; Elsevier, EMBASE, Web of Science and PsychINFO were used.

Research results. Currently, such groups as gabapentinoids, non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs), NMDA receptor antagonists, central analgesics and others are used for the treatment and prevention of postoperative pain.

Keywords: pain syndrome, central analgesics, gabapentinoids, non-steroidal anti-inflammatory drugs, NMDA receptor antagonists.

Крайнюков Павел Евгеньевич

ФКУ «Центральный военный клинический госпиталь им. П.В. Мандрыка», г. Москва;

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», г. Москва

Ким Евгений Александрович

ФКУ «Центральный военный клинический госпиталь им. П.В. Мандрыка», г. Москва

Гудантов Рустам Борисович

ФКУ «Центральный военный клинический госпиталь им. П.В. Мандрыка», г. Москва

rusgudantov@gmail.com

Борисова Арина Валерьевна

ФКУ «Центральный военный клинический госпиталь им. П.В. Мандрыка», г. Москва

Агафонов Дмитрий Евгеньевич

ФКУ «Центральный военный клинический госпиталь им. П.В. Мандрыка», г. Москва

Гончаров Николай Александрович

ФКУ «Центральный военный клинический госпиталь им. П.В. Мандрыка», г. Москва

Аннотация. Данная статья посвящена обзору не опиоидных анальгетиков, используемых для обезболивания пациентов с минно-взрывными ранениями (МВР), сопровождающимися травматическими ампутациями конечностей, в раннем послеоперационном периоде, которые рекомендованные в современной клинической практике.

В настоящее время существует несколько различные схемы консервативного медикаментозного обезболивания пациентов с болевым синдромом после ампутаций, но зачастую они включают в себя прием опиоидных препаратов, что влечет за собой серьезные побочные эффекты. В связи с этим, целью нашей работы было проанализировать возможность применения современных лекарственных препаратов для обезболивания пациентов с ампутациями конечностей вследствие МВР в раннем послеоперационном периоде без использования наркотических анальгетиков и регионарных методов обезболивания, оценить преимущества и недостатки не опиоидных анальгетиков исходя из литературных данных.

Материалы и методы. В этой статье рассмотрены исследования, в которых проанализированы современные лекарственные препараты, применяемые для обезболивания пациентов в раннем послеоперационном периоде. При сборе информации были использованы статьи из таких информационных ресурсов как: Академия Google, ELibrary, Pubmed, NCBI, PCM; Springer; Elsevier, EMBASE, Web of Science и PsychINFO.

Результаты исследования. В настоящее время для лечения и профилактики послеоперационной боли используются такие группы как габапентиноиды, нестероидные противовоспалительные средства (НПВС), антагонисты НМДА-рецепторов, центральные анальгетики и прочие.

Ключевые слова: болевой синдром, центральные анальгетики, габапентиноиды, нестероидные противовоспалительные средства, антагонисты НМДА-рецепторов.

Острая послеоперационная боль встречается часто: более 20 % пациентов испытывают сильную боль в первые 24 часа после оперативного вмешательства, несмотря на проводимое послеоперационное обезболивание, и эта цифра практически не изменилась за последние 30 лет [1].

Формирование болевого синдрома осуществляет многоуровневой ноцицептивной системой, включающей в себя сеть ноцицепторов и нейронов, которые расположены в разных структурах центральной нервной системы, реагирующих на различные воздействия. Основные уровни образования болевого синдрома состоят из трансдукции (активация периферических рецепторов механическими стимуляциями и медиаторами боли), происходит формирование потенциала действия; трансмиссии (передача ноцицептивных стимулов по афферентным аксонам из зоны повреждения в спинальные и супраспинальные структуры); модуляции (подавление тормозными интернейронами II пластины задних рогов спинного мозга и нисходящими тормозными влияниями активации нейронов 2-го порядка) и перцепции (обработка ноцицептивной информации в коре головного мозга с формированием ощущений и эмоционально-аффективных компонентов боли) [2].

Обезболивание пациентов в раннем послеоперационном периоде является краеугольным камнем успешного лечения после хирургического вмешательства, ускоряет заживление ран и препятствует формированию хронического болевого синдрома [3]. Однако значительная часть пациентов продолжает испытывать выраженную послеоперационную боль. В перекрестном наблюдательном исследовании от 2016 года из более чем 15 000 пациентов, перенесших операцию, 11 % сообщили о сильной боли, а 37 % об умеренной боли в первые 24 часа [4]. В другом исследовании, проведенном в 2013 году, были опубликованы данные показывающие, что из 50 523 пациентов до 47,2 процентов пациентов испытывали сильную боль (оценка по числовой шкале не менее 8) в течение первых 24 часов после операции в зависимости от типа выполненной операции [5]. Более того, умеренная или сильная боль продолжается в течение всего периода послеоперационного восстановления [6].

В то же время у пациентов с травматической ампутацией конечности нередко развивается фантомная боль, которая сочетает в себе нейропатический и ноцицептивный компоненты.

Статистика возникновения боли после ампутации, включая фантомные боли, значительно варьируется. Примерно 30–80 % пациентов испытывают хроническую боль после ампутации. В это число входят как фантомные боли, так и боли в культе. В частности, фантомная боль

затрагивает около 64 % ампутантов, что делает её наиболее распространённым видом пост-ампутационной боли. Риски её возникновения увеличиваются, если до ампутации и в раннем послеоперационном периоде пациент уже испытывал сильную боль [7]. Исследования показывают, что взрывные травмы, приводящие к ампутации конечностей, являются одной из основных причин развития фантомной боли среди военнослужащих, особенно у тех, кто пережил минно-взрывные ранения [8].

Так же стоит помнить, что интенсивность боли в раннем послеоперационном периоде является этиологическим фактором возникновения хронического болевого синдрома и это еще одна причина для выявления наиболее эффективного метода купирования болевого синдрома в раннем послеоперационном периоде.

Оптимальным методом обезболивания при МВР конечностей являются регионарные методики, но, к сожалению, они не всегда доступны по самым разным причинам: отсутствие технической возможности, инфицирование места пункции, системный воспалительный процесс, непереносимость местных анестетиков, сопутствующая патология, прием антикоагулянтов, сроки лечения и пр.

Известно, что применение опиоидных анальгетиков рассматривалось в качестве основы обезболивания в раннем послеоперационном периоде, но они, в свою очередь, обеспечивают только антиноцицептивный эффект, но не препятствуют развитию гипералгезии (уровень доказательности I). В то же время эффективность обезболивания при традиционном назначении опиоидов в качестве монотерапии не превышает 25–30 % [9]. Проблема заключается в том, что опиоидные анальгетики все чаще подвергаются пристальному вниманию из-за опасений по поводу переносимости, нерационального использования и побочных эффектов. Последние годы считается, что только короткие курсы опиоидов могут быть подходящими для отдельных пациентов для контроля острой послеоперационной боли [10]. Так же стоит учитывать, что несмотря на регулярное использование опиоидов, пациенты могут по-прежнему испытывать умеренную или сильную послеоперационную боль, которую трудно контролировать [11].

Упреждающее введение опиоидов было связано с гипералгезической реакцией. Одно из исследований показало, что введение высоких доз фентанила может быть связано с лучшим контролем боли при введении, но связано с более выраженным болевым синдромом через 4,5–6,5 часов после этого («гипералгезия») [12].

Помимо всего выше сказанного использование опиоидных анальгетиков ассоциировано с высоким риском развития целого ряда нежелательных явлений, среди

которых атония ЖКТ, тошнота, сонливость, снижение когнитивных функций, утомление, повышенный риск потери равновесия (риск падений) эндокринопатии [13], нарушений сна (в том числе из-за развития апноэ [14], угнетения дыхательной функции, вплоть до остановки дыхания [15], а также иммуносупрессии [16]. Кроме этого, опиоидные анальгетики ассоциированы с высоким риском возникновения лекарственной зависимости [17]. В странах Евразийского экономического союза (ЕАЭС) приняты строгие правила по контролю за наркотическими (опиоидными) анальгетиками. С одной стороны, данные правила призваны снизить уровень наркомании и тем самым направлены на улучшение общественного здоровья, а с другой — они ограничивают доступность опиоидных анальгетиков для терапии болевого синдрома [18].

Обзор литературы

Нестероидные противовоспалительные средства (НПВС) — это одна из самых часто используемых групп не опиоидных анальгетиков. Они действуют путем ингибирования циклооксигеназы (ЦОГ), что приводит к снижению синтеза простагландинов, ответственных за воспаление и боль. Обладают такими преимуществами как: анальгезирующий эффект при умеренном болевом синдроме, противовоспалительный эффект. При их применении не угнетается сознание, гемодинамика и дыхание, стабилизируются вегетативные реакции. Доказано, что НПВС угнетают таламический ответ на ноцицептивную стимуляцию, препятствуют повышению концентрации простагландинов в спинномозговой жидкости в ответ на активацию NMDA-рецепторов, тормозят развитие вторичной гипералгезии [19]. Большинство препаратов группы НПВС имеет длительный период полувыведения, что предупреждает резкое возобновление болевых ощущений. Но также имеется ряд недостатков: увеличивается риск гастроинтестинальных осложнений (язвы, кровотечения желудочно-кишечного тракта), побочные эффекты со стороны сердечно-сосудистой системы (повышение АД, сердцебиение, тахикардия, усугубление сердечной недостаточности, заболевания периферических сосудов, вазодилатация, гипокоагуляция, агранулоцитоз, анемия, гемолиз, тромбоцитопения), а также усугубляет явления почечной недостаточности [20].

НПВС, в отличие от опиоидных анальгетиков, являются препаратами патогенетической терапии острой послеоперационной боли. С точки зрения патофизиологии острой боли, оптимальным считается введение 1-й дозы НПВС за 20–30 мин до кожного разреза (принцип предупреждающей анальгезии). Такая методика позволяет существенно снизить интенсивность боли и потребность в послеоперационном назначении опиоидных анальгетиков. При сочетанном назначении с опиоидными анальгетиками НПВС позволяют снизить их эффек-

тивную суточную дозу на 38–40 % (опиоидсберегающий эффект), а также снизить частоту ряда присущих опиоидам побочных эффектов [21].

Кетопрофен

Одним из самых распространенных НПВС является кетопрофен. Он неселективный НПВС, который используется для лечения как острой, так и хронической боли. Его действие происходит за счет ингибирования ЦОГ-1 и ЦОГ-2, что проявляется обезболивающим и противовоспалительным эффектами. Langford et al. провел мета-анализ, показывающий, что кетопрофен по эффективности наравне с морфином, когда речь заходит о купировании острой послеоперационной боли [22]. Однако проявляется повышенным риском негативных проявлений со стороны ЖКТ. Помимо сильной анальгезирующей активности, препарат обладает еще одним преимуществом, таким как доступность для пациентов. Препарат существует и в таблетированной, и инъекционной, и в гелевой формах. Но есть и минусы, такие как повышение риска язв и желудочно-кишечных кровотечений при длительном применении, поэтому он противопоказан у пациентов с заболеваниями ЖКТ.

В исследовании Tugwell P. et al., которое включало 500 пациентов, кетопрофен показал высокую эффективность в снижении послеоперационной боли, но требовал краткосрочного применения для минимизации побочных эффектов [2]. Еще одно исследование Huskisson, E. C. et al. доказало, что данный препарат в комбинации с ингибиторами протонной помпы снижает риск желудочно-кишечных осложнений [23].

Ибупрофен

Ибупрофен — неселективный ингибитор ЦОГ-1 и ЦОГ-2 [24]. Хотя его противовоспалительные свойства могут быть слабее, чем у некоторых других НПВС, он обладает выраженными анальгезирующими и жаропонижающими свойствами. Его эффекты обусловлены ингибирующим действием на циклооксигеназы, которые участвуют в синтезе простагландинов [25].

Данный препарат был оценен как самый безопасный традиционный НПВС системой отчетности о спонтанных побочных реакциях на лекарства [26], но несмотря на то, что побочные реакции со стороны желудочно-кишечного тракта у него реже, чем у аспирина, все равно являются наиболее распространенными побочными эффектами. Согласно данным клинических испытаний, серьезные реакции ЖКТ, требующие отмены лечения из-за кровавой рвоты, пептической язвы и сильной боли в желудке или рвоты, показали частоту 1,5 % при приеме ибупрофена по сравнению с 1 % при приеме плацебо и 12,5 % при приеме аспирина [27]. Ибупрофен был потенциаль-

ной причиной желудочно-кишечного кровотечения [28] увеличивая риск язвы желудка и его повреждения, почечной недостаточности, носового кровотечения [29] апоптоза [30] сердечной недостаточности, гиперкалиемии [31], спутанности сознания и бронхоспазма [32]. Было подсчитано, что у 1 из 5 пациентов, принимающих НПВП в течение длительного периода времени, разовьется повреждение желудка, которое может протекать бессимптомно [33].

Существует исследование, в котором комбинация парацетамола и ибупрофена лучше снижает общую потребность в морфине после ортопедических операций по сравнению с введением изолировано парацетамола или ибупрофена. Такая комбинация обеспечивает адекватное управление болью, чтобы помочь ранней активизации [34].

В еще одном исследовании демонстрируется, что внутривенный ибупрофен можно безопасно вводить до операции и продолжать введение в послеоперационном периоде в качестве компонента мультимодального лечения боли [35].

Целекоксиб

Целекоксиб — селективный ингибитор ЦОГ-2 ферментов, он довольно распространен в лечении боли в раннем послеоперационном периоде. В отличие от других НПВС, целекоксиб показывает меньше побочных эффектов со стороны желудочно-кишечного тракта, что является одним из главных критериев для его выбора при продолжительном лечении, но значимым отрицательным эффектом от применения целекоксиба является высокий риск сердечно-сосудистых осложнений, что ограничивает его применение у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями или с высоким риском из развития.

В исследовании Nussmeier N. A. et al. от 2018 году было показано, что потребность в опиоидных анальгетиках, у пациентов, принимающих целекоксиб, снизилась на 40 % [36]. Так же было проведено похожее исследование Moore et al., и оно доказало, что пациенты испытывали меньшую потребность в опиоидных анальгетиках, а уровень боли в первые 48 часов у пациентов, которые принимали целекоксиб в раннем послеоперационном периоде, был ниже по сравнению с группой плацебо [37]. А также Nissen S. E. et al. в 2016 году провел большую работу, доказавшую, что, целекоксиб безопаснее по сравнению с другими НПВП, но у пациентов с высоким сердечно-сосудистым риском рекомендуется соблюдать осторожность [38].

Эторикоксиб

Из селективных ингибиторов ЦОГ-2 так же набирает популярность в клинической практике эторикоксиб.

Данный препарат используется для лечения острого болевого синдрома и обладает противовоспалительной активностью. Эторикоксиб действительно показывает хорошие результаты при обезболивании в раннем послеоперационном периоде. Ding et al. доказал, что данный препарат обеспечивает лучший обезболивающий эффект в течение 48 часов после операций по сравнению с ибупрофеном, и имеет меньшую вероятность развития побочных эффектов со стороны желудочно-кишечного тракта по сравнению с другими НПВС [39]. Но эторикоксиб, также, как и целекоксиб, не рекомендован для пациентов с серьезными сердечными заболеваниями и может вызывать сердечно-сосудистые осложнения при длительном применении. Gaskell H. исследовал 720 пациентов и доказал, что эторикоксиб снижает потребность в опиоидах более чем на 50 % в раннем послеоперационном периоде [40]. А в исследовании Richy F. et al. можно наблюдать выраженный обезболивающий эффект при приеме данного препарат при лечении послеоперационной боли, при этом с минимальным риском желудочно-кишечных осложнений [41].

Набуметон

Набуметон — новый препарат из класса НПВС. Он не является кислотным и после абсорбции подвергается обширному метаболизму с образованием основного циркулирующего активного метаболита 6-метокси-2-нафтилуксусной кислоты (6-MNA), который является гораздо более мощным ингибитором преимущественно циклооксигеназы (ЦОГ)-2. Как и другие НПВС, набуметон может повышать риск осложнений со стороны ЖКТ [42]. Но McQuay H. et al. в 2021 году провел исследование, которое показывает, что данный препарат продемонстрировал меньший риск гастроинтестинальных осложнений по сравнению с традиционными НПВС [43]. Но в то же время было проведено исследование, в котором 3,69 % пациентов, принимавших набуметон, имели осложнение в виде острого панкреатита, по сравнению с теми, кто никогда его не использовал [44]. Еще одно исследование 2022 года доказало эффективность набуметона при длительном применении для лечения воспалительных заболеваний без существенных побочных эффектов [45].

Антагонисты NMDA-рецепторов

Антагонисты NMDA рецептора (NMDA-антагонисты) — класс анестетиков, ингибирующих действие N-метил-D-аспартатного (NMDA) рецептора [46].

NMDA-рецептор — ионотропный рецептор глутамата, селективно связывающий N-метил-D-аспартат. Структурно NMDA-рецептор представляет собой гетеротетрамер NR1 и NR2. В неактивной форме канал рецептора закрыт ионом магния. В результате деполяризации

мембран постсинаптического отдела, на которой расположен рецептор, ион магния удаляется. При этом, для того чтобы рецептор функционировал, в синаптическую щель должен поступить глутамат. Такое активирование рецептора приводит к открытию ионного канала. Такая активация рецептора приводит к открытию ионного канала, неселективного к катионам, что ведет к притоку в клетку Na^+ и в небольшом объеме Ca^{2+} , а K^+ покидает клетку [47].

Всего выделяют четыре категории антагонистов:

- конкурентные (блокирующие место связи рецептора с глутаматом)
- глициновые антагонисты (блокирующие глициновый сайт)
- неконкурентные антагонисты аллостерического действия (связывающиеся с аллостерическими сайтами)
- неконкурентные антагонисты прямого действия (блокирующие сам ионный канал)

Кетамин

Препарат известен с 1962 года под названием «CI-581» (clinical investigation 581), когда его синтезировал Келвин Стивенс [48]. Его начали применять в 1965 году на американских солдатах во Вьетнаме, но широко стал применяться в анестезиологии только в 1970 году.

Анальгетический эффект кетамина обусловлен тем, что он связывается с рецепторами внутренней поверхности каналов NMDA-рецепторов, таким образом, препятствуя формированию гипервозбудимости нейронов. Кроме того, кетамин повышает эффективность собственной антиоцицептивной защиты организма, воздействуя, в частности, на моноаминергические механизмы. Неконкурентный антагонист NMDA-рецепторов кетамин не только предупреждает развитие гиперальгезии, но и усиливает анальгетический эффект опиоидов. Кетамин применяют для моно- и комбинированного наркоза. Он показан в экстренной хирургии для пациентов, которые нуждаются в повышении инотропной и хронотропной чувствительности сердечной мышцы.

Есть мнение, что использование относительно больших доз опиоидных анальгетиков короткого действия во время операции без добавления малых доз кетамина опасно формированием хронического послеоперационного болевого синдрома. Целесообразность использования кетамина в схемах периоперационного обезболивания подтверждена данными доказательной медицины [49].

Преимущества кетамина заключается в том, что он эффективен для лечения боли, которая плохо контролируется НПВП, не вызывает угнетения дыхания, может

быть полезен для предотвращения развития хронической боли. К недостаткам относят возможные психомиметические побочные эффекты (галлюцинации, дезориентация), а также требуется контроль за состоянием пациента в условиях стационара.

Исследовательские работы продемонстрировали неэффективность однократных болюсных доз кетамина для уменьшения послеоперационной боли [50]. Более того, болюсы в 1 мг/кг, вводимые при индукции анестезии, были явно неэффективны в исследовании, где не было уменьшено ни интенсивности боли, ни использования опиоидов [51].

Катадолон (флупиртин)

Флупиртин не является ни опиоидом, ни НПВП. Он лишен отрицательных эффектов, характерных для обычно применяемых анальгетических средств, но в то же время эффективен в уменьшении ощущении боли.

Катадолон действует косвенно как антагонист рецептора N-метил-D-аспартата (NMDA) путем активации каналов K^+ [52]. Он вызывает дозозависимое снижение опосредованного рецептором NMDA глутамата, индуцированного повышением внутриклеточной концентрации Ca^{++} [53].

Установлено, что флупиртин обладает лучшим анальгетическим эффектом с минимальными побочными эффектами по сравнению со стандартными препаратами. При боли в раннем послеоперационном периоде катадолон показал 69 % снижение оценки боли через 6 ч после приема по сравнению с плацебо, у которого снижение составило всего 26 %. Флупиртин также показал большую эффективность в снижении боли по сравнению с ибупрофеном и парацетамолом [54].

В исследовании у 40 ортопедических пациентов для оценки эффективности в снижении послеоперационной боли, сравнивающее флупиртин с диклофенаком были получены данные показывающие, что данный препарат и диклофенак были одинаково эффективны в снижении послеоперационной боли [55]. Катадолон был также эффективен, как и опиоидные анальгетики, в снижении послеоперационной боли, но с меньшими побочными эффектами [56]. В двойном слепом исследовании у 50 женщин, перенесших абдоминальную гистерэктомию и получавших 100 мг флупиртина и 60 мг ди-гидрокодеина в течение 3 дней, оба препарата показали одинаковую эффективность в снижении послеоперационной боли [57].

В долгосрочных исследованиях, проведенных для ревматических заболеваний, большинство побочных реакций возникали в течение 6 месяцев лечения, сре-

ди которых наиболее распространенными были головокружение (11 %), сонливость (9 %), зуд (9 %), сухость во рту и чувство переполнения желудка (5 %), тошнота и мышечный тремор (2 %) [58]. Другими побочными эффектами были изжога, рвота, нарушение сна, седация, головная боль, усталость и подъем настроения. Доза 100 и 200 мг вызвала незначительное повышение систолического артериального давления с небольшим изменением частоты сердечных сокращений и других гематологических параметров [59]. Редкими и серьезными побочными эффектами были повышение уровня трансаминаз, лекарственный гепатит, атаксия, тремор, беспокойство и нервозность.

Габапентиноиды

Механизм действия габапентиноидов связан с модуляцией активности кальциевых каналов и уменьшением высвобождения нейротрансмиттеров, что в следствии снижает передачу болевых сигналов. Как правило они используются для контроля нейропатической боли, но и часто применяются в мультимодальных схемах обезболивания после операций. К этой группе относят габапентин, прегабалин и другие.

Габапентин

Габапентин блокирует тоническую фазу ноцицепции, вызванную формалином и каррагинаном, оказывая мощное ингибирующее действие при нейропатической боли у пациентов с механической гипералгезией [60].

В исследовании 2016 года Clarke et al., который анализировал работу габапентина, было установлено, что он уменьшает послеоперационную боль и снижает потребность в опиоидах у пациентов, перенесших крупные абдоминальные операции [61].

Однако в другом исследовании никакой разницы в оценке боли через 24 ($P = 0,87$), 48 ($P = 0,15$) и 72 ($P = 0,85$) ч, связанной с использованием габапентина, выявлено не было. А также не было обнаружено никакой разницы при обезболивании морфином, габапентином и плацебо через 48 ч после ортопедических операций ($DM = -8,14$, 95 % ДИ $-18,55$ до $2,28$, $P = 0,13$). Помимо этого частота побочных эффектов, связанных с опиоидами, включая тошноту, зуд, седацию и головокружение, не различалась между группами габапентина и плацебо. Однако, исследование показало, что габапентин может снижать частоту зуда после ортопедических операций ($RR = 0,35$, 95 % ДИ $0,12$ до $0,99$, $P = 0,05$) [62]. Также было проведено исследование, оценивающее габапентиноиды (габапентин, прегабалин) у пациентов в раннем послеоперационном периоде. Было выявлено, что значимый анальгетический эффект не был достигнут. Хотя и риск послеоперационной тошноты и рвоты был не-

сколько ниже, нежелательные явления в виде головокружения и нарушения зрения были более выраженными [63].

Прегабалин

Прегабалин — это производное ингибирующего нейротрансмиттера γ -аминомасляной кислоты. Это лиганд $\alpha_2\text{-}\delta$ ($\alpha_2\text{-}\delta$), обладающий анальгезирующим, противосудорожным, анксиолитическим и модулирующим сон действием. Препарат связывается с субъединицей $\alpha_2\text{-}\delta$ кальциевых каналов, что приводит к снижению высвобождения нескольких нейротрансмиттеров, включая глутамат, норадреналин, серотонин, дофамин и вещество Р [64].

Было исследование, которое показало, что предоперационное введение прегабалина оказало благоприятное влияние на управление болью у пациентов в раннем послеоперационном периоде. Предоперационное введение прегабалина могло снизить использование опиоидных препаратов и побочные эффекты, связанные с опиоидами [65].

Исследования Kalso et al. от 2017 года показали, что прегабалин уменьшает послеоперационную боль и предотвращает развитие хронического болевого синдрома у пациентов, перенесших травматологические операции [66]. Но в то же время, метаанализ, проведенный Chen Z., поддерживает использование прегабалина в предоперационном периоде у пациентов, перенесших ортопедическую операцию на нижних конечностях. Однако, использование прегабалина было связано с последующим усилением головокружения и сонливости у пациентов. Нет никаких доказательств в поддержку дальнейшего использования прегабалина после операций или использования более 150 мг прегабалина в день для лечения боли в раннем послеоперационном периоде [67].

Неопиодные анальгетики центрального действия

Центральные не опиоидные анальгетики действуют на центральную нервную систему, блокируя болевые импульсы через механизм ингибирования обратного захвата моноаминов, таких как серотонин и норадреналин. Эти анальгетики отличаются от опиоидных тем, что не активируют опиоидные рецепторы, снижая риск развития зависимости и респираторной депрессии [68]. Кроме того, они могут модулировать активность NMDA-рецепторов, уменьшая центральную сенсibilизацию к боли [69].

Преимущества таких препаратов заключаются в их эффективности при умеренной боли и меньшем риске привыкания, что делает их полезными для пациентов, которым требуется длительное обезбоживание. Однако

они могут быть менее эффективными при сильной боли, а побочные эффекты включают тошноту, головокружение и тахикардию [70]. Это ограничивает их применение при выраженных болевых синдромах и требует сочетания с другими анальгетиками для достижения более стойкого эффекта [71].

Трамадол — синтетическое обезболивающее средство центрального действия с двумя различными синергетическими механизмами действия, выступающее одновременно в качестве слабого опиоидного агониста и ингибитора обратного захвата моноаминовых нейромедиаторов [72]. Он открывает ионные каналы K^+ и Ca^{2+} , вызывая гиперполяризацию мембран, и тормозит проведение болевых импульсов, а также активирует опиоидные рецепторы (μ -, Δ -, κ -) на пре- и постсинаптических мембранах афферентных волокон ноцицептивной системы и в желудочно-кишечном тракте. Тормозит разрушение катехоламинов, что стабилизирует их концентрацию в центральной нервной системе. Его всё чаще назначают по всему миру в качестве альтернативы сильнодействующим опиоидным препаратам для лечения острой и хронической боли.

В одном из исследований было показано, что эффективность трамадола для купирования послеоперационной боли варьирует от умеренной до сильной. Самое главное, что в отличие от опиоидов, данный препарат не оказывает клинически значимого воздействия на дыхательную или сердечно-сосудистую системы. Применение трамадола обосновано у пациентов с сердечно-легочной дисфункцией, включая пожилых людей, страдающих ожирением, у пациентов с нарушением функции печени или почек, а также в случаях, когда применение нестероидных противовоспалительных препаратов не рекомендуются или их необходимо применять с осторожностью [73].

Трамадол взаимодействует с другими препаратами, которые имеют тот же метаболический путь и используют те же ферменты, поэтому применение препарата у пациентов следует тщательно контролировать, чтобы избежать его неправильного использования и связанных с ним побочных эффектов. Однако, у трамадола также много побочных эффектов и поэтому данный препарат следует тщательно выбирать для лечения пациентов с учетом соотношения риска и пользы, и пациенты должны находиться под тщательным наблюдением на предмет любых возможных побочных эффектов [74].

Стоит помнить, что резкое прекращение приема трамадола увеличивает риск развития синдромов отмены как опиоидов, так и ингибиторов обратного захвата серотонина и норадреналина [75]. Так же было установлено, что вероятность угнетения дыхания при приеме трамадола меньше по сравнению с морфином, в то же время

угнетение дыхания возникает при применении трамадола с анестетиками, алкоголем и другими седативными препаратами [76]. У пациентов, которые принимают трамадол в течение длительного времени, наблюдались случаи гипералгезии [77]. Длительное применение трамадола вызывает различные распространенные психиатрические эффекты, такие как гиперстимуляция ЦНС, тревога, эйфория, нервозность, нарушение сна, бессонница, депрессия, возбуждение, апатия и деперсонализация, в редких случаях галлюцинации, ночные кошмары, зависимость и абстинентный синдром [78].

Различные желудочно-кишечные расстройства, наблюдаемые при приеме трамадола, включают тошноту, запор, рвоту, диспепсию, сухость во рту, диарею, боли в животе, метеоризм, боль в горле, вирусный гастроэнтерит, зубная боль, аппендицит и панкреатит [79].

Нефопам (акупан)

Данный препарат ингибирует центральный обратный захват серотонина, норадреналина и дофамина и взаимодействует с α_2 -адренорецепторами, а также модулирует кальциевые и натриевые каналы глутаматергического пути и тем самым снижает активацию постсинаптических глутаматергических рецепторов, таких как N-метил-D-аспартат (NMDA), который играет особую роль в появлении гипералгезии [80]. Препарат не имеет побочных эффектов ни опиоидных анальгетиков (не угнетает дыхание), ни НПВС (не влияет на ЖКТ). И при этом Girard et al. показал в своем исследовании выраженный анальгезирующий эффект у пациентов после операций, отмечая уменьшение потребности в опиоидах на 30 % [61]. Некоторые исследования показали эффективность Нефопама в модулировании периперационной боли [81].

Но стоит помнить, что с нефопамом необходимо учитывать некоторые побочные эффекты, такие как тошнота, рвота и потливость, головокружение, сонливость, легкая головная боль, астения, спутанность сознания и тахикардия, которые связаны с его центральным механизмом действия [82]. К недостаткам так же можно отнести необходимость внутривенного или внутримышечного введения, что ограничивает его применение в амбулаторных условиях. Но в то же время он не вызывает толерантности или физической зависимости, не оказывает гемодинамических эффектов, не вызывает угнетения дыхания и не обладает седативным эффектом [83].

В 2021 году Pickering G. et al. провел работу, в которой доказал значительное уменьшение боли в раннем послеоперационном периоде с использованием Акупана без угнетения функции дыхания [84]. А также в 2019 году было показано, что комбинация нефопама и НПВС обеспечивает синергетический эффект при лечении боли без увеличения частоты побочных эффектов [85].

Тафалгин

Тафалгин — это комбинированный препарат, включающий метамизол и кофеин. Он имеет выраженное анальгезирующее действие и является эффективным для лечения боли в раннем послеоперационном периоде после вмешательств разного объема. Применение данного препарата связано с низкой частотой возникновения нежелательных реакций, отсутствием дыхательной депрессии, характерной для опиоидных агонистов. Поэтому его можно рекомендовать применять в клинических целях в качестве послеоперационной обезболивающей терапии после различных видов операций.

Исследование, проведенное в 2020 году, показало, что Тафалгин эффективен при лечении боли после абдоминальных операций, снижая потребность в опиоидах на 30 % (Journal of Pain Research, 2020) [86]. А также, согласно результатам клинических исследований, применение тафалгина при приемлемом уровне безопасности позволило сохранить достаточный уровень обезболивания (NRS <3 баллов), сопоставимый с таковым при введении раствора морфина подкожно. Кроме того, перевод пациентов на тафалгин дал возможность снизить частоту типичных нежелательных эффектов, вызванных приемом опиоидов [87].

Так совсем недавно было проведено исследование, в котором было проанализированы данные об эффективности и безопасности Тафалгина в послеоперационном обезболивании в различных областях хирургии. Действительно значительное снижение болевого синдрома в общих группах больных отмечается уже на 15 минуте после приема Тафалгина и достигало минимального уровня через 40 минут после приема лекарства. Процент ответивших на обезболивание препаратом составил 96.5 %. При приеме препарата часто отмечалось незначительное снижение (на 10–15 мм рт. ст.) давления (1,7 % случаев) и головокружение (1 % случаев). У некоторых пациентов появлялось сразу несколько побочных эффектов [88].

В исследовании от 2019 года были продемонстрированы результаты, показывающие, что мефенамовая кис-

лота (аналог тафалгина) эффективна при лечении послеоперационной боли после ортопедических операций, однако высокий риск желудочно-кишечных осложнений ограничивает её длительное использование [89].

Вывод

В настоящее время не существует идеального анальгетика или метода лечения острой послеоперационной боли. Разрешить вопрос об адекватном обезболивании в раннем послеоперационном периоде можно лишь реализовав в клинике концепцию мультимодальной анальгезии, предусматривающей одновременное назначение двух и более анальгетиков и/или методов обезболивания, обладающих различными механизмами действия и позволяющих достичь адекватной анальгезии при минимуме побочных эффектов. Мультимодальная анальгезия в настоящее время считается оптимальным методом выбора для послеоперационного обезболивания. Анализируя современные принципы консервативного медикаментозного обезболивания пациентов в раннем послеоперационном периоде, можно сказать, что более широко стали применяться неопиоидные анальгетики (центральные анальгетики, НПВС и прочие), являющиеся базисом схем мультимодальной анальгезии. Помимо этого, мультимодальный характер послеоперационного обезболивания с использованием минимальных доз препаратов, минимизирует риск побочных эффектов. Но, даже несмотря на это, эффективность послеоперационного обезболивания и удовлетворенность пациентов качеством анальгезии недостаточны, особенно в раннем послеоперационном периоде.

Таким образом, очевидна высокая социально-экономическая значимость создания и внедрения в рутинную клиническую практику новых эффективных и безопасных обезболивающих лекарственных средств, оказывающих выраженное антиноцицептивное действие, не вызывающих лекарственной зависимости, не ассоциированных с нежелательными явлениями, характерными для опиоидов, и обеспечивающих безопасную альтернативу пероральным препаратам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Small C., Laycock H. Acute postoperative pain management //Journal of British Surgery. — 2020. — Т. 107. — №. 2. — P.70–80.
2. Овечкин А.М. Послеоперационная боль: состояние проблемы и современные тенденции послеоперационного обезболивания //Регионарная анестезия и лечение острой боли. — 2015. — Т. 9. — №. 2. — С. 29–39.
3. Крайнюков П.Е. Иммобилизация в хирургии гнойно-воспалительных заболеваний кисти/ Крайнюков П.Е., Кокорин В.В., Матвеев С.А.— М.: ООО «Издательство «ПЛАНЕТА»,2020— С. 170–171.
4. PQIP Project Team et al. Perioperative Quality Improvement Programme-Annual Report 2018-19. — 2019.
5. Gerbershagen H.J. et al. Pain intensity on the first day after surgery: a prospective cohort study comparing 179 surgical procedures //Anesthesiology. — 2013. — Т. 118. — №. 4. — P.934–944.
6. Chapman C.R. et al. Improving individual measurement of postoperative pain: the pain trajectory //The journal of Pain. — 2011. — Т. 12. — №. 2. — P.257–262.
7. Гудантов Р.Б. Лечение фантомной боли в нижней конечности методом пульсовой радиочастотной абляции / Р.Б. Гудантов, В.С. Соловьев, Е.П. Крайнюков // Военно-медицинский журнал. — 2023. — Т. 344, № 10. — P. 15–20.

8. Le Feuvre P., Aldington D. Know pain know gain: proposing a treatment approach for phantom limb pain //BMJ Military Health. — 2014. — Т. 160. — №. 1. — P. 16–21.
9. Волчков В.А., Ковалев С.В., Кубынин А.Н. Современные аспекты послеоперационного обезболивания (обзор литературы) //Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина. — 2018. — Т. 13. — №. 3. — С. 245–270.
10. Meissner W. et al. Improving the management of post-operative acute pain: priorities for change //Current medical research and opinion. — 2015. — Т. 31. — №. 11. — P. 2131–2143.
11. Rojals V.M. et al. New Insights Into the Pharmacological Management of Postoperative Pain: A Narrative. — 2022.
12. Mauermann E. et al. Does fentanyl lead to opioid-induced hyperalgesia in healthy volunteers? A double-blind, randomized, crossover trial //Anesthesiology. — 2016. — Т. 124. — №. 2. — P. 453–463.
13. Daniell H.W. Hypogonadism in men consuming sustained-action oral opioids //The Journal of Pain. — 2002. — Т. 3. — №. 5. — P. 377–384.
14. Walker J.M. et al. Chronic opioid use is a risk factor for the development of central sleep apnea and ataxic breathing //Journal of Clinical Sleep Medicine. — 2007. — Т. 3. — №. 5. — P. 455–461.
15. Boom M. et al. Non-analgesic effects of opioids: opioid-induced respiratory depression //Current pharmaceutical design. — 2012. — Т. 18. — №. 37. — P. 5994–6004.
16. Bennett M., Paice J.A., Wallace M. Pain and opioids in cancer care: benefits, risks, and alternatives //American Society of Clinical Oncology Educational Book. — 2017. — Т. 37. — P. 705–713.
17. Kosten T.R., George T.P. The neurobiology of opioid dependence: implications for treatment //Science & practice perspectives. — 2002. — Т. 1. — №. 1. — P. 13.
18. Невзорова Д.В. и др. Доступность опиоидных анальгетиков в лечении хронической боли в России. Современное состояние проблемы. Обзор //Pallium: паллиативная и хосписная помощь. — 2020. — №. 2. — P. 4–10.
19. McCormack K., Brune K. Dissociation between the antinociceptive and anti-inflammatory effects of the nonsteroidal anti-inflammatory drugs: a survey of their analgesic efficacy //Drugs. — 1991. — Т. 41. — №. 4. — P. 533–547.
20. Бутров А.В. и др. Современные подходы к фармакотерапии послеоперационной боли с применением ненаркотических анальгетиков в травматологии и ортопедии //Consilium medicum. — 2009. — Т. 11. — №. 9. — P. 59–62.
21. Langford R.M., Mehta V., Myles P.S. «Perioperative ketoprofen in pain management: A systematic review and meta-analysis». European Journal of Anaesthesiology. 2017.
22. Tugwell P. et al. «Ketoprofen in Postoperative Pain: A Clinical Review». Annals of Internal Medicine, 2017.).
23. Huskisson E.C. et al. «Gastrointestinal Safety of Ketoprofen with PPIs». Gastroenterology Review, 2020.).
24. Chavez M.L., DeKorte C.J. Valdecoxib: a review //Clinical therapeutics. — 2003. — Т. 25. — №. 3. — P. 817–851.
25. Wahbi A.A. et al. Spectrophotometric methods for the determination of Ibuprofen in tablets //Pakistan journal of pharmaceutical sciences. — 2005. — Т. 18. — №. 4. — P. 1–6.
26. Tripathi K.D. Non-steroidal anti-inflammatory drugs and anti-pyretic analgesics //Essentials of medical pharmacology. — 2003. — Т. 5. — P. 176.
27. Tsokos M., Schmoltdt A. Contribution of nonsteroidal anti-inflammatory drugs to deaths associated with peptic ulcer disease: a prospective toxicological analysis of autopsy blood samples //Archives of pathology & laboratory medicine. — 2001. — Т. 125. — №. 12. — P. 1572–1574.
28. Oermann C.M., Sockrider M.M., Konstan M.W. The use of anti-inflammatory medications in cystic fibrosis: trends and physician attitudes //Chest. — 1999. — Т. 115. — №. 4. — P. 1053–1058.
29. Gambero A. et al. Comparative study of anti-inflammatory and ulcerogenic activities of different cyclo-oxygenase inhibitors //Inflammopharmacology. — 2005. — Т. 13. — P. 441–454.
30. Durkin E., Moran A.P., Hanson P.J. Apoptosis induction in gastric mucous cells in vitro: lesser potency of Helicobacter pylori than Escherichia coli lipopolysaccharide, but positive interaction with ibuprofen //Journal of Endotoxin Research. — 2006. — Т. 12. — №. 1. — P. 47–56.
31. Vale J.A., Meredith T.J. Acute poisoning due to non-steroidal anti-inflammatory drugs: clinical features and management //Medical toxicology. — 1986. — Т. 1. — P. 12–31.
32. Bushra R., Aslam N. An overview of clinical pharmacology of Ibuprofen //Oman medical journal. — 2010. — Т. 25. — №. 3. — P. 155.
33. Rang H.P. et al. Anti-inflammatory and immunosuppressant drugs //Pharmacology. — 1999. — Т. 5. — P. 248.
34. Lubis A.M. et al. The use of combination paracetamol and ibuprofen in postoperative pain after total knee arthroplasty, a randomized controlled trial //Pain physician. — 2021. — Т. 24. — №. 8. — P. 1199.
35. Southworth S.R. et al. An integrated safety analysis of intravenous ibuprofen (Caldolor®) in adults //Journal of pain research. — 2015. — P. 753–765.
36. Nussmeier N.A. et al. «The Role of Celecoxib in Postoperative Pain Reduction». The New England Journal of Medicine, 2018.
37. Moore P.A. et al. Benefits and harms associated with analgesic medications used in the management of acute dental pain: an overview of systematic reviews //The Journal of the American Dental Association. — 2018. — Т. 149. — №. 4. — P. 256–265. e3.
38. Nissen S.E. et al. «PRECISION Study: Cardiovascular Safety of Celecoxib». The New England Journal of Medicine, 2016
39. Ding X., Sun Y., Wang X., et al. «Efficacy and safety of etoricoxib in the treatment of postoperative pain after orthopedic surgery: A randomized clinical trial». The Journal of Pain. 2019
40. Gaskell H. et al. «Etoricoxib for Postoperative Pain Control». British Journal of Anaesthesia, 2008
41. Richey F. et al. «Efficacy and Safety of Etoricoxib in Post-Surgical Pain». Pain Management, 2021
42. Hedner T. et al. Nabumetone: therapeutic use and safety profile in the management of osteoarthritis and rheumatoid arthritis //Drugs. — 2004. — Т. 64. — P. 2315–2343.

43. McQuay H. et al. «The Safety Profile of Nabumetone in Long-Term Use». *British Medical Journal*, 2021
44. Hung S.C. et al. Nabumetone use and risk of acute pancreatitis in a case-control study // *Pancreatology*. — 2016. — Т. 16. — №. 3. — P. 353–357.
45. Scott D. et al. «Efficacy of Nabumetone in Inflammatory Diseases». *Journal of Clinical Pharmacology*, 2022
46. Lim D.K. Ketamine associated psychedelic effects and dependence // *Singapore Med J*. — 2003. — Т. 44. — №. 1. — P. 31–34.
47. Овечкин А.М., Ефременко И.В. Фармакотерапия острой послеоперационной боли, основанная на применении препаратов, воздействующих на NMDA-рецепторный комплекс // *Анестезиология и реаниматология*. — 2013. — №. 3. — P. 63–69.
48. Jansen K. Ketamine: Dreams and realities. — *Multidisciplinary Association for Psychedelic Studies*, 2004.
49. Macintyre P.E. et al. Acute pain management: scientific evidence. — *Australian and New Zealand College of Anaesthetists*, 2010.
50. Faiz H.R. et al. Intravenous acetaminophen is superior to ketamine for postoperative pain after abdominal hysterectomy: results of a prospective, randomized, double-blind, multicenter clinical trial // *Journal of pain research*. — 2014. — P. 65–70.
51. Avidan M.S. et al. PODCAST Research Group: Intraoperative ketamine for prevention of postoperative delirium or pain after major surgery in older adults: An international, multicentre, double-blind, randomised clinical trial // *Lancet*. — 2017. — Т. 390. — №. 10091. — P. 267–275.
52. Kornhuber J. et al. Neuronal potassium channel opening with flupirtine // *Fortschritte der Neurologie-psychiatrie*. — 1999. — Т. 67. — №. 10. — P. 466–475.
53. Rupalla K., Cao W., Kriegelstein J. Flupirtine protects neurons against excitotoxic or ischemic damage and inhibits the increase in cytosolic Ca²⁺ concentration // *European journal of pharmacology*. — 1995. — Т. 294. — №. 2–3. — P. 469–473.
54. Ceccarelli G., Ciampini M., Frontespezi S. Flupirtine: the first Italian experience // *Postgraduate Medical Journal*. — 1987. — Т. 63. — P. 105–108.
55. Mastronardi P. et al. Analgesic activity of flupirtine maleate: a controlled double-blind study with diclofenac sodium in orthopaedics // *Journal of international medical research*. — 1988. — Т. 16. — №. 5. — P. 338–348.
56. Riethmüller-Winzen H. Flupirtine in the treatment of post-operative pain // *Postgraduate Medical Journal*. — 1987. — Т. 63. — P. 61–65.
57. Moore R.A. et al. Comparison of flupirtine maleate and dihydrocodeine in patients following surgery // *British Journal of Anaesthesia*. — 1983. — Т. 55. — №. 5. — P. 429–432.
58. Herrmann W.M., Kern U., Aigner M. On the adverse reactions and efficacy of long-term treatment with flupirtine: preliminary results of an ongoing twelve-month study with 200 patients suffering from chronic pain states in arthrosis or arthritis // *Postgraduate medical journal*. — 1987. — Т. 63. — P. 87–103.
59. Hummel T. et al. Dose-related analgesic effects of flupirtine // *British journal of clinical pharmacology*. — 1991. — Т. 32. — №. 1. — P. 69–76.
60. Rose M.A., Kam P.C.A. Gabapentin: pharmacology and its use in pain management // *Anaesthesia*. — 2002. — Т. 57. — №. 5. — P. 451–462.
61. Moore R.A., Wiffen P.J., Derry S., Straube S. «Combining ibuprofen and paracetamol for acute pain: a systematic review». *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2015
62. Kang J. et al. The efficacy of perioperative gabapentin for the treatment of postoperative pain following total knee and hip arthroplasty: a meta-analysis // *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. — 2020. — Т. 15. — P. 1–9.
63. Verret M. et al. Perioperative use of gabapentinoids for the management of postoperative acute pain: a systematic review and meta-analysis // *Anesthesiology*. — 2020. — Т. 133. — №. 2. — P. 265–279.
64. Gajraj N.M. Pregabalin: its pharmacology and use in pain management // *Anesthesia & Analgesia*. — 2007. — Т. 105. — №. 6. — P. 1805–1815.
65. Akdoğan M. et al. Effects of preoperative pregabalin on postoperative pain control in total knee arthroplasty surgery // *Journal of Investigative Surgery*. — 2021. — Т. 34. — №. 8. — P. 848–852.
66. Singh P.K., Jain M., Pandey M. «Mefenamic acid for postoperative analgesia: A comparative clinical study». *International Journal of Surgery*. 2019
67. Chen Z. et al. The preemptive effects of oral pregabalin on perioperative pain management in lower limb orthopedic surgery: a systematic review and meta-analysis // *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. — 2022. — Т. 17. — №. 1. — P. 237.
68. Girard-Thernier C., et al. «Mechanisms of action of central non-opioid analgesics». *Pain Management*, 2017
69. Beloeil H., et al. «Pharmacological mechanisms of central analgesics». *European Journal of Pain**, 2019
70. Girard-Thernier, C., et al. «Mechanisms of action of central non-opioid analgesics». *Pain Management*, 2017
71. Beloeil H., et al. «Pharmacological mechanisms of central analgesics». *European Journal of Pain**, 2019
72. Lee C.R., McTavish, D. & Sorkin E.M. Tramadol. *Drugs* 46, 313–340 (1993).
73. Scott L.J., Perry C.M. Tramadol: a review of its use in perioperative pain // *Drugs*. — 2000. — Т. 60. — P. 139–176.
74. Subedi M. et al. An overview of tramadol and its usage in pain management and future perspective // *Biomedicine & Pharmacotherapy*. — 2019. — Т. 111. — P. 443–451.
75. Grond S., Sablotzki A. Clinical pharmacology of tramadol // *Clinical pharmacokinetics*. — 2004. — Т. 43. — P. 879–923.
76. Wu H., Wu G. In response: the cause of fatal respiratory depression is combination of clindamycin and fentanyl, rather than tramadol // *Pain Physician*. — 2016. — Т. 19. — №. 2. — P. 362.
77. Lee S.H. et al. Tramadol induced paradoxical hyperalgesia // *Pain Physician*. — 2013. — Т. 16. — №. 1. — P. 41.
78. Barsotti C.E., Мусык М.В., Reyes J. Withdrawal syndrome from tramadol hydrochloride // *The American journal of emergency medicine*. — 2003. — Т. 21. — №. 1. — P. 87–88.
79. Subedi M. et al. An overview of tramadol and its usage in pain management and future perspective // *Biomedicine & Pharmacotherapy*. — 2019. — Т. 111. — P. 443–451.
80. Mather G.G. et al. Nefopam enantiomers: preclinical pharmacology/toxicology and pharmacokinetic characteristics in healthy subjects after intravenous administration // *Chirality: The Pharmacological, Biological, and Chemical Consequences of Molecular Asymmetry*. — 2000. — Т. 12. — №. 3. — P. 153–159.
81. McLintock T.T. C. et al. Assessment of the analgesic efficacy of nefopam hydrochloride after upper abdominal surgery: a study using patient controlled analgesia // *Journal of British Surgery*. — 1988. — Т. 75. — №. 8. — P. 779–781.

82. Durrieu G. et al. Overview of adverse reactions to nefopam: an analysis of the French Pharmacovigilance database //Fundamental & clinical pharmacology. — 2007. — Т. 21. — №. 5. — P. 555–558.
83. Bhatt A.M., Pleuvry B.J., Maddison S.E. Respiratory and metabolic effects of oral nefopam in human volunteers //British Journal of Clinical Pharmacology. — 1981. — Т. 11. — №. 2. — P. 209.
84. Pickering G. et al. «The Role of Nefopam in Acute Pain Management». Pain and Therapy, 2021
85. Bouhassira D. et al. «Synergistic Effects of Nefopam and NSAIDs». European Journal of Pain, 2019
86. Ivanov S. et al. «The Effectiveness of Tafalgin in Postoperative Pain Management». Journal of Pain Research, 2020
87. Косоруков В.С. и др. Тафалгин — отечественный инновационный тетрапептидный препарат для подкожного введения: обзор результатов клинических исследований I и II фаз //Опухоли головы и шеи. — 2022. — Т. 12. — №. 2. — С. 89–107.
88. Карелов А.Е. и др. Селективный опиоидный агонист Тафалгин® как компонент послеоперационного обезболивания в различных областях хирургии: наблюдательное многоцентровое исследование «НИКИТА» //Опухоли головы и шеи. — 2024. — Т. 14. — №. 2. — С. 36–47.
89. Rajat S. et al. An insight of non-steroidal anti-inflammatory drug mefenamic acid: A review //GSC Biological and Pharmaceutical Sciences. — 2019. — Т. 7. — №. 2.

© Крайнюков Павел Евгеньевич; Ким Евгений Александрович; Гудантов Рустам Борисович (rusgudantov@gmail.com);
Борисова Арина Валерьевна; Агафонов Дмитрий Евгеньевич; Гончаров Николай Александрович
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ИЗУЧЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕНЕСЕННОГО COVID-19 НА РАЗВИТИЕ ГРАНУЛЕМАТОЗНОГО ПЕРИОДОНТИТА И ПОСЛЕДУЮЩУЮ ИМПЛАНТАЦИЮ У ГРУППЫ ПАЦИЕНТОВ

Мелкумян Гор Акопович

стоматолог-хирург, имплантолог, ортопед,
главный врач клиники Новадент, г. Москва;
ведущий специалист клиники Wellmed, г. Ереван
melkumyan.gor@gmail.com

A RETROSPECTIVE STUDY OF THE IMPACT OF SUBSEQUENT COVID-19 ON THE DEVELOPMENT OF GRANULOMATOUS PERIODONTITIS AND SUBSEQUENT IMPLANTATION IN A GROUP OF PATIENTS

G. Melkumyan

Summary. This article analyzes more than 30 cases of patients with granulomatous periodontitis after coronavirus infection of varying severity. All patients had typical clinical manifestations: pain upon biting, fever, and hyperemia in the affected teeth. In four cases, there was an absence of the alveolar bone wall and the presence of fistulas. CT scans of all patients showed granulomas and areas of destruction of different sizes. Statistical analysis indicated that the highest frequency of involvement was observed in teeth 1.6, 2.6, and 4.6. This may be explained by the fact that the 6th teeth are most frequently exposed to dental treatment due to increased masticatory load.

Keywords: COVID-19, SARS-CoV-2, coronavirus, granulomatous periodontitis, tooth loss, implantation.

Аннотация. В настоящей статье было проанализировано более 30 случаев пациентов с гранулематозным периодонтитом после перенесенной коронавирусной инфекции разной тяжести. Все пациенты имели типичные клинические проявления: боль при надкусывании, температура, гиперемия в области пораженных зубов. В четырех случаях наблюдалась отсутствие альвеолярной стенки и свищи. На снимках КТ у всех пациентов присутствовали гранулемы и очаги деструкции разных размеров. При этом анализ статистических данных показал, что самой высокой частотой поражения отличались зубы 1.6, 2.6 и 4.6. Это может объясняться тем, что 6-е зубы наиболее часто подвергаются стоматологическому лечению из-за повышенной жевательной нагрузки.

Ключевые слова: COVID-19, SARS-CoV-2, коронавирус, гранулематозный периодонтит, выпадение зубов, имплантация.

Введение

Согласно ВОЗ, люди пожилого возраста, имеющие сопутствующие заболевания, такие как рак, диабет, сердечно-сосудистые заболевания или хронические респираторные инфекции, наиболее подвержены тяжелым осложнениям COVID-19 [18]. Но нередки случаи развития тяжелых осложнений после перенесенной коронавирусной инфекции у значительной части молодых пациентов с неотяженным анамнезом [14]. Тяжелая форма COVID-19 возникает не только из-за вирусного бремени, но и из-за дерегулированного иммунного и воспалительного ответа. При умеренном и тяжелом течении COVID-19 наблюдается усиление врожденного ответа хозяина, что приводит к выбросу в периферический кровоток про-воспалительных цитокинов [18]. Известно, что коронавирус вызывает воспалительные процессы в легких и других органах, вплоть до развития цитокинового шторма. Воспаление, в свою очередь, запускает активацию коагуляции в виде так называемого иммунотромбоза [5]. Ключевой особенностью иммунотромбоза

является то, что воспалительный процесс, затрагивает эндотелий альвеолярных сосудов, что может играть ключевую роль в гиперкоагуляции, тромбозе и полиорганном повреждении [5, 18, 22]. Известно, что это системное патологическое состояние эндотелия кровеносных сосудов способствует свертыванию крови, и существует множество доказательств, связывающих его с заболеваниями полости рта [22].

Гиперкоагуляционное состояние COVID-19 может вызывать нарушения коагуляции, которые лежат в основе многих тяжелых осложнений, связанных с этим заболеванием, в том числе и заболевания полости рта [18]. Потенциальную опасность для организма человека представляют деструктивные формы апикального периодонтита, поскольку длительное воспаление тканей периодонта является наиболее частой причиной потери зубов и формирования очагов одонтогенной инфекции, что может привести к возникновению воспалительных заболеваний челюстно-лицевой области [5].

Как нами было показано ранее [6], существует взаимосвязь между возникновением гранулематозного периодонтита и перенесенным COVID-19. Целью данного ретроспективного исследования является доказательство этой связи и анализ возможных причин на более масштабной выборке пациентов.

Материалы и методы

В исследовании принимали участие 31 пациент: 18 мужчин и 13 женщин. Возраст пациентов варьировался от 24 до 64 лет. Все пациенты перенесли Covid-19, подтвержденный методом ПЦР исследования. Диагноз гранулематозный периодонтит выставлялся на основании обследования, проведенного на томографическом аппарате Planmeca 3D Plus. Данные были проанализированы при помощи программы SPSS версия 23.0. Время, прошедшее от момента заболевания до обращения за стоматологической помощью, зафиксировано в пределах от 2-х лет до 3-х месяцев. Клинико-демографические характеристики пациентов представлены на Рисунке 1.

Результаты и дискуссия

Все пациенты имели типичные клинические проявления: боль при надкусывании, температура, гиперемия в области пораженных зубов. В четырех случаях наблюдалась отсутствие альвеолярной стенки и свищи.

На снимках КТ у всех пациентов присутствовали гранулемы и очаги деструкции разных размеров. Размеры гранулем пораженных зубов представлены в Таблице 1.

Исследование показало, что самой высокой частотой поражения отличались зубы 1.6, 2.6 и 4.6. Это может объясняться тем, что 6-е зубы наиболее часто подвергаются стоматологическому лечению из-за повышенной жевательной нагрузки. Частота поражения зубов отражена на рисунке 2.

При этом наиболее страдающими от гранулематозного периодонтита квадрантами стали 1 и 3, что наглядно показано на рисунке 3.

В результате лечения всем пациентом было проведено удаление пораженных зубов с последующей установкой имплантата. Все исследуемые пациенты показали хорошую приживаемость имплантата и формирование хорошего сгустка крови во время операции (Рисунок 4). В связи с этим можно выдвинуть гипотезу о возможном гиперкоагуляционном статусе пациентов после перенесенного Covid 19.

В проспективном исследовании Marouf et al. было обнаружено, что повышенный уровень Д-димера, ответственного за гиперкоагуляционный статус, ассоциируется с количеством потерянных зубов [19].

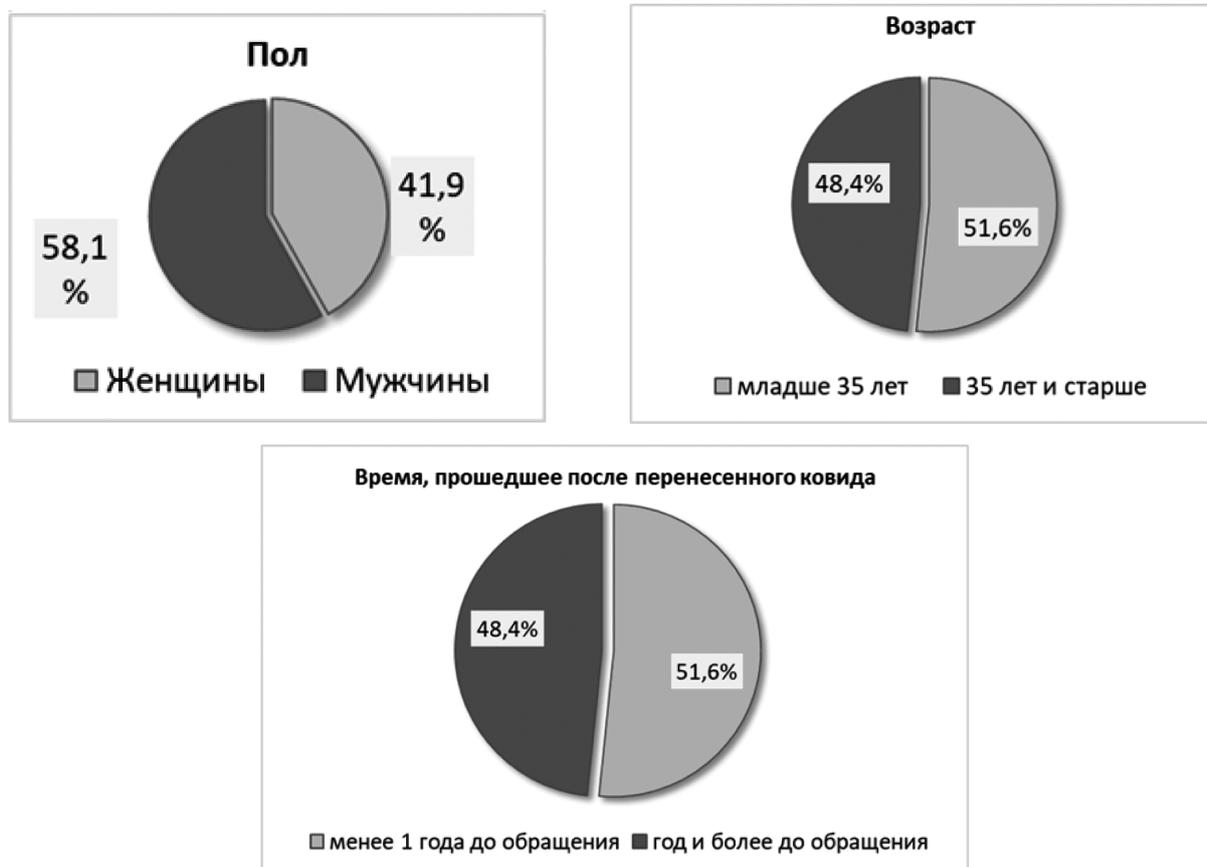


Рис. 1. Диаграммы клинико-демографических характеристик

Таблица 1.

Сводная таблица размеров гранул

Зуб	Среднее	Размер гранулемы			
		<= 6 мм	6,01–7,5 мм	7,51–9 мм	> 9 мм
		N	N	N	N
1.2	10,3	0	0	0	1
1.3	4,3	1	0	0	0
1.4	5,3	1	2	0	0
1.5	6,0	1	2	0	0
1.6	7,1	1	2	1	1
1.7	8,9	0	1	2	1
2.1	8,1	0	0	1	0
2.2	8,0	0	0	1	0
2.4	4,5	1	0	0	0
2.5	10,2	0	2	0	2
2.7	12,8	0	1	0	1
3.3	7,8	0	0	1	0
3.5	3,4	1	0	0	0
3.6	6,4	3	0	1	1
3.7	6,0	2	1	0	0
4.5	5,0	1	0	0	0
4.6	7,8	1	2	2	1
4.7	6,7	1	2	0	0

Инфекция и осложнения COVID-19 коррелируются со многими системными заболеваниями. Более того, тяжелая форма COVID-19 имеет много общих воспалительных биомаркеров с гранулематозным периодонтитом. По-



Рис. 3. Квадранты поражения гранулематозным периодонтитом



Рис. 4. Пример формирования хорошего естественного кровяного сгустка во время имплантации

этому можно выдвинуть гипотезу о потенциальной связи между этими двумя заболеваниями. Речь идет о двух отдельных возможных ассоциациях: во-первых, о риске повышенного первичного инфицирования SARS-CoV-2 у лиц с периодонтитом, и, во-вторых, о риске быстрого бессимптомного развития деструктивных форм гранулематозного периодонтита с потерей зубов у пациентов,

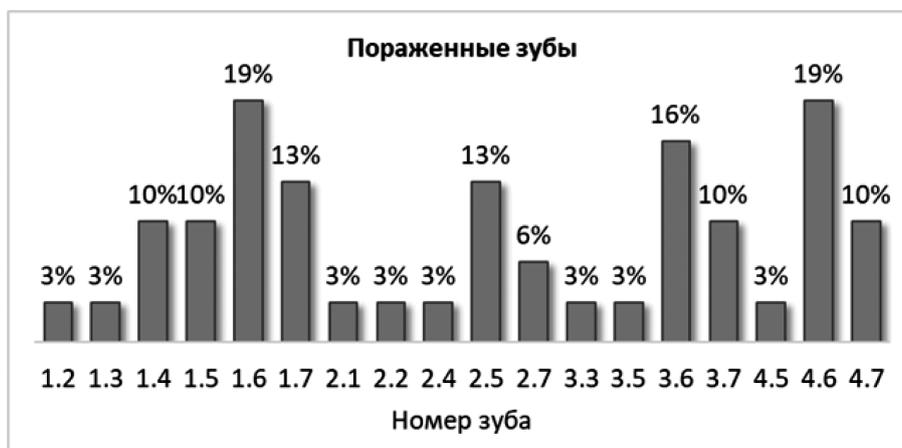


Рис. 2. Диаграмма частоты поражения зубов

перенесших COVID-19. К настоящему времени несколько клинических исследований подтвердили эту гипотезу.

Безусловно, данная гипотеза требует дальнейших широкомасштабных исследований с анализом биохимических параметров крови пациентов.

Заключение

Понимание механизмов, лежащих в основе взаимосвязи между периодонтитом и COVID-19, является перспективной областью исследований, которые могут привести к открытию новых механических мишеней, стратификации риска и новых мер вмешательства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьева Н.А., Воробьева А.И. ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ Д-ДИМЕРА ПРИ COVID-19 // Проблемы стандартизации в здравоохранении. 2021. №5-6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognosticheskaya-znachimost-d-dimera-pri-covid-19>.
2. Григорьев С.С., Акмалова Г.М., Епишова А.А., Чернышева Н.Д., Гимранова И.А., Азнагулов А.А. COVID-19 И СТОМАТОЛОГИЯ // Современные проблемы науки и образования. — 2023. — № 1; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32445>
3. Кабалоева Д.В. Влияние новой коронавирусной инфекции COVID-19 на стоматологический статус пациента — молекулярные аспекты (обзор литературы) / Д.В. Кабалоева, А.Б. Аккалаев, И.К. Базаева [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. — 2023. — №6 (132). — URL: <https://research-journal.org/archive/6-132-2023-june/10.23670/IRJ.2023.132.98> — DOI: 10.23670/IRJ.2023.132.98
4. Кабалоева Д.В. Проявления COVID-19 в полости рта (обзор литературы) / Д.В. Кабалоева, А.Б. Аккалаев, А.С. Цирихова // Международный научно-исследовательский журнал. — 2023. — №8 (134). — URL: <https://research-journal.org/archive/8-134-2023-august/10.23670/IRJ.2023.134.29> (дата обращения: 30.07.2024). — DOI: 10.23670/IRJ.2023.134.29
5. Когина Эльвира Наилевна. Оптимизация комплексного лечения хронического апикального периодонтита зубов: автореферат дис. кандидата медицинских наук: 14.01.14 / Когина Эльвира Наилевна; [Место защиты: Башкир. гос. мед. ун-т]. — Уфа, 2019. — 22 с.
6. Мелкумян Г.А. Потеря зубов в результате гранулематозного периодонтита после перенесенной коронавирусной инфекции. анализ 8-ми случаев из практики. DOI 10.37882/2223-2966.2024.7-2.21
7. Саблина Галина Иннокентьевна, Ковтонюк Петр Алексеевич, Соболева Наталья Николаевна, Зеленина Тамара Григорьевна, Татаринова Елена Николаевна Систематика хронических периодонтитов и их место в МКБ-10 // БМЖ. 2011. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistematika-hronicheskikh-periodontitov-i-ih-mesto-v-mkb-10>
8. Campus G., Diaz Betancourt M., Cagetti M.G., Giacaman, R.A., Manton D.J., Douglas G., Carvalho T.S., Carvalho J.C., Vukovic A., Cortés-Martínez F.J. et al. The COVID-19 pandemic and its global effects on dental practice. An international survey. *J. Dent.* 2021, 114, 103749 DOI: 10.1016/j.jdent.2021.103749
9. Farshidfar N., Jafarpour D., Hamedani S., Dziedzic A., Tanasiewicz M. Proposal for Tier-Based Resumption of Dental Practice Determined by COVID-19 Rate, Testing and COVID-19 Vaccination: A Narrative Perspective. *J Clin Med.* 2021 May 14;10(10):2116. doi: 10.3390/jcm10102116. PMID: 34068858; PMCID: PMC8153624.
10. Haura Syafin, Muhammad Ramaditto Reksoprodjo, Vera Julia, Maudina Dwi Heriasti, Dwi Ariawan, Lilies Dwi Sulistyani, Yudy Ardilla Utomo, Muhammad, Farid Ratman Comparison of distribution and frequency of impacted teeth before and during COVID-19 pandemic in dental hospital: a descriptive study, *Padjadjaran Journal Volume 35, Number 3, November 2023, 225–229* DOI:10.24198/pjd.vol35no3.50127
11. Johnson R.E., Foy T.E., Ellingsen T.A., Nelson J.L., Dillon J.K. Odontogenic Infections: Disease Burden During COVID-19 at a Single Institution. *J Oral Maxillofac Surg.* 2021; 79(4): 830–5. DOI: 10.1016/j.joms.2020.10.015
12. Pacheco D., Peres G., Vargas S., Siquiera A., Rodrigues V., et al. Impactos da COVID-19 na Odontologia. *Rev Odontol Contemp.* 2020; 4(2sup2): 1–7. DOI: 10.31991/v4n2sup22020rocjofpmcovid
13. Salgarello S., Salvadori M., Mazzoleni F., Francinelli J., Bertoletti P., Audino E., Garo M.L. The New Normalcy in Dentistry after the COVID-19 Pandemic: An Italian Cross-Sectional Survey. *Dent. J.* 2021, 9, 86. DOI:10.3390/dj9080086
14. Sadeq Ali Al-Maweri, Mohammed Nasser Alhaji, Esam Halboub, Faleh Tamimi, Nosizana Mohd Salleh, Mohammed Sultan Al-Ak'hali, Saba Kassim, Saleem Abdulrab, Lamya Anweigi and Marwan Mansoor Ali Mohammed. The impact of periodontal disease on the clinical outcomes of COVID-19: A systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health* (2023) 23:658 <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03378-0>
15. Al-Maweri S.A., Halboub E., Warnakulasuriya S. Impact of COVID-19 on the early detection of oral cancer: A special emphasis on high-risk populations. *Oral Oncol.* 2020;106: 104760. DOI:10.1016/j.oraloncology.2020.104760
16. Wadhwa S., Dave S., Daily M.L., Nardone A., Li R., Rosario J., Cantos A., Shah J., Lu H.H., McMahon D.J., et al. The role of oral health in the acquisition and severity of SARS-CoV-2: a retrospective chart review. *Saudi Dent J.* 2022;34(7):596–603
17. Buduneli N., Baylas H., Aksu G., Kütükçüler N. Prepubertal periodontitis associated with chronic granulomatous disease. *J Clin Periodontol.* 2001 Jun;28(6):589–93. doi: 10.1034/j.1600-051x.2001.028006589.x. PMID: 11350528.
18. Marouf N., Cai W., Said K.N., Daas H., Diab H., Chinta V.R., Hssain A.A., Nicolau B., Sanz M., Tamimi F. Association between periodontitis and severity of COVID-19 infection: A case-control study. *J Clin Periodontol.* 2021 Apr;48(4):483–491. doi: 10.1111/jcpe.13435. Epub 2021 Feb 15. PMID: 33527378; PMCID: PMC8014679.
19. Marouf N., Cai W., Said K.N., Daas H., Diab H., Chinta V.R., Hssain A.A., Nicolau B., Sanz M., Tamimi F. Association between periodontitis and severity of COVID-19 infection: A case-control study. *J Clin Periodontol.* 2021 Apr;48(4):483–491. doi: 10.1111/jcpe.13435. Epub 2021 Feb 15. PMID: 33527378; PMCID: PMC8014679.
20. Guardado-Luevanos I., Bologna-Molina R., Zepeda-Nuño J.S., Isordia-Espinoza M., Molina-Frecherо N., González-González R., Pérez-Pérez M., López-Verdín S. Self-Reported Periodontal Disease, and Its Association with SARS-CoV-2 Infection. *Int J Environ Res Public Health.* 2022 Aug 18;19(16):10306. doi: 10.3390/ijerph191610306. PMID: 36011941; PMCID: PMC9407774.
21. Qi M., Sun W., Wang K., Li W., Lin J., Gong J., Wang L. Periodontitis and COVID-19: Immunological Characteristics, Related Pathways, and Association. *Int J Mol Sci.* 2023 Feb 3;24(3):3012. doi: 10.3390/ijms24033012. PMID: 36769328; PMCID: PMC9917474.
22. Li Q., Ouyang X., Lin J. The impact of periodontitis on vascular endothelial dysfunction. *Front Cell Infect Microbiol.* 2022 Sep 2; 12:998313. doi: 10.3389/fcimb.2022.998313. PMID: 36118034; PMCID: PMC9480849.
23. Shiu H.T., Goss B., Lutton C., Crawford R., Xiao Y. Formation of blood clot on biomaterial implants influences bone healing. *Tissue Eng Part B Rev.* 2014 Dec;20(6):697–712. doi: 10.1089/ten.TEB.2013.0709. Epub 2014 Jul 22. PMID: 24906469.

ПОСТКОВИДНЫЙ СИНДРОМ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ). ЧАСТЬ II

POSTCOVID SYNDROME
(LITERATURE REVIEW). PART II

**I. Nikiforov
D. Fedotov
G. Kostyuk
L. Burygina
M. Belova
V. Istomina**

Summary. A review of the literature is devoted to neuropsychiatric disorders in the postcovid period. The main symptoms of neurological, mental, including cognitive disorders, hypotheses of their occurrence, the phenomenon of «brain fog», mechanisms of neurodegeneration, chronic fatigue syndrome are described. The role of systemic and neuroinflammation, endothelial dysfunction and coagulopathy is emphasized.

Keywords: postcovid syndrome, systemic inflammation, endothelial dysfunction, vasculitis, asthenic syndrome, cognitive impairment, myalgic encephalomyelitis.

Никифоров Игорь Анатольевич

доктор медицинских наук, профессор, Академия
постдипломного образования, ФГБУ «Федеральный
научно-клинический центр специализированных видов
медицинской помощи и медицинских технологий,
Федеральное медико-биологическое агентство России
narkolog.ipk@mail.ru

Федотов Дмитрий Дмитриевич

кандидат медицинских наук, доцент, Академия
постдипломного образования, ФГБУ «Федеральный
научно-клинический центр специализированных видов
медицинской помощи и медицинских технологий,
Федеральное медико-биологическое агентство России
double_dee@mail.ru

Костюк Георгий Петрович

доктор медицинских наук, профессор,
главный врач ГБУЗ г. Москва, «Психиатрическая
клиническая больница № 1 им. Н.А. Алексеева
pkb1@zdrav.mos.ru

Бурьгина Лариса Андреевна

кандидат медицинских наук,
главный врач ГБУЗ г. Москвы «Психиатрическая
клиническая больница № 4 им. П.Б. Ганнушкина
pkb4@zdrav.mos.ru

Белова Майя Юрьевна

врач-психиатр, заведующий филиалом
«Психиатрический стационар им. В.А. Гиляровского»
ГБУЗ г. Москва, «Психиатрическая клиническая
больница № 4 им. П.Б. Ганнушкина
pkb4-pb3@zdrav.mos.ru

Истомина Виктория Витальевна

врач-психиатр, заведующий общепсихиатрическим
отделением № 19 «Психиатрического стационара
им. В.А. Гиляровского» — филиала Государственного
бюджетного учреждения здравоохранения, г. Москва
«Психиатрическая клиническая больница № 4
им. П.Б. Ганнушкина
pkb4-pb3@zdrav.mos.ru

Аннотация. Обзор литературы посвящен нейropsychиатрическим расстройствам в постковидном периоде. Описаны основные симптомы неврологических, психических, в том числе когнитивных расстройств, гипотезы их возникновения, феномен «мозгового тумана», механизмы нейродегенерации, синдром хронической усталости. Подчеркивается роль системного и нейровоспаления, эндотелиальной дисфункции и коагулопатии.

Ключевые слова: постковидный синдром, системное воспаление, эндотелиальная дисфункция, васкулит, астенический синдром, когнитивные нарушения, миалгический энцефаломиелит.

Пандемия, вызванная SARS-CoV-2 (COVID-19), и её долгосрочные последствия оказали существенное влияние на здоровье людей во всем мире. По мере расширения представлений о новом коронавирусе стало известно, что SARS-CoV-2 отличается от других возбудителей респираторных инфекций выраженной нейротропной активностью и ассоциирован с высокой частотой неврологических и психических расстройств с тенденцией к длительному течению в постковидном периоде [1].

Из неврологических расстройств, которые возникли в первые 6 месяцев после острой фазы COVID-19 авторы, наиболее часто сообщали о сенсомоторных расстройствах (91 % случаев), эмоциональных/аффективных расстройствах (88 %), когнитивной дисфункции (85 %), нарушениях сна (79 %), головной боли (77 %), ухудшении памяти (73 %), нарушении обоняния/вкуса (58 %). Отмечено и наличие у больных депрессии/тревоги (27 % случаев), одышки (21 %), нарушения зрения (20 %), онемения/покалывания (19 %), гипосмии/гипогевзии (16 %), нарушения мочеиспускания (14 %), спутанности сознания/головокружения (13 %), головной боли (10 %), постуральной нестабильности (9 %), трудности с глотанием (6 %), когнитивных нарушений (18 %), постурального тремора (14 %), двигательных/сенсорных нарушений (8 %) [2].

Другими исследователями установлено, что в течение 6 месяцев после острой инфекции COVID-19 могут выявляться поражения нервов/нервных корешков/сплетений (в 2,9 % случаев), бессонница (2,7 %) ишемический инсульт (0,8 %), деменция (0,7 %), поражение нервно-мышечных синапсов или мышц (0,5 %), внутричерепное кровоизлияние (0,3 %), паркинсонизм (0,1 %), энцефалит (0,1 %), синдром Гийена-Барре (0,1 %) [3].

Значительное число научных работ посвящено нейропсихиатрическим последствиям COVID-19.

Психические, в том числе когнитивные, расстройства при постковидном синдроме

Неврологические и когнитивные расстройства считаются основной особенностью постковидного синдрома (ПКС) и включают в себя следующие симптомы:

- сенсорные;
- нарушение памяти;
- расстройства мышления;
- парестезии;
- головокружение;
- нарушение равновесия;
- нарушения чувствительности к свету и шуму;
- потеря обоняния и вкуса;
- вегетативная дисфункция [4, 5, 6];
- астенический синдром (у 32 % перенесших COVID-19) [7, 8, 9].

- спутанность сознания [10];
- ухудшение зрительно-пространственной ориентировки и исполнительных функций («мозговой туман») [11];
- идеаторная заторможенность [8, 12];
- посттравматическое стрессовое расстройство;
- сниженный фон настроения;
- повышенная тревожность;
- нарушение сна (бессонница ночью, сонливость днем) [8];
- ухудшение способности концентрировать внимание [13];
- нарушение (замедление, снижение качества) переключения с одной задачи на другую [8];
- навязчивые мысли и ритуалы [12];
- суицидальные мысли;
- злоупотребление алкоголем и каннабиноидами [14, 15].

По мнению авторов, когнитивные нарушения в ПКС сопоставимы с теми, что наблюдаются при легком алкогольном опьянении или 10 годами когнитивного старения [16]. В процессе развития ПКС тяжесть когнитивных расстройств может возрастать (через 2 месяца они у 16 %, через 12 месяцев после заражения у 26 %).

С этим процессом коррелировала степень активации кинуренинового пути (присутствие метаболитов хиновой кислоты, 3-гидроксиантралиновой кислоты, и кинуренина) [17].

Отмечено, что когнитивные расстройства проявляются независимо от тревожных и депрессивных [17, 18] и встречаются с одинаковой частотой, как у амбулаторных, так и у госпитализированных контингентов больных. При этом когнитивные расстройства оказались более долгоживущими чем аффективные и сохранялись не менее 2-х лет [19].

Возможными механизмами когнитивных расстройств авторы называют:

- нейровоспаление [20, 21];
- повреждение кровеносных сосудов вследствие эндотелиальной дисфункции и коагулопатии;
- кровоизлияния в мозг;
- повреждение нейронов, апоптоз [5, 22, 23, 24];
- формирование пептидов в амилоидные комки, токсичные для нейронов [25];
- гипометаболизм коры и ствола мозга [26, 27];
- клеточная дисрегуляция и потеря миелина наряду с повышением реактивности микроглии [28, 29];
- уменьшение толщины серого вещества в орбитофронтальной коре и парагиппокампальной извилине (маркеры повреждения тканей первичной обонятельной коры головного мозга);
- общее уменьшение размеров мозга [30];

- накопление в центральной нервной системе высоких уровней митохондриальных белков, шипов SARS-CoV-2 и белков нуклеокапсида [31];
- окислительный стресс [32];
- хроническая гипоксемия и гипоксия мозга [22];
- низкий уровень кортизола в крови, дисфункция оси гипоталамус-гипофиз-надпочечники [25, 33];
- дисфункция внутренних органов (печень, почки, легкие) [35].

Задержка появления когнитивных расстройств составляет около 1 месяца, что связывают с более молодым возрастом [36].

Нейрокогнитивные симптомы со временем могут нарастать и держаться дольше, чем желудочно-кишечные и респираторные [4, 17, 37].

Отечественные авторы дают развернутую картину работы этих механизмов при COVID-19:

1. Активация S-белком SARS-CoV-2 рецептора TLR4, провоцирующая нейровоспаление и микро-глиальный фагоцитоз синаптических белков, что приводит к ухудшению памяти. Пациенты, инфицированные SARS-CoV-2, несущие полиморфизм гена, связанного с TLR4, подвергаются более высокому риску отсроченного нарушения памяти.
2. Колонизация вирусом COVID-19 головного мозга приводит к гибели нейронов и воспалению. SARS-CoV-2 может концентрироваться вокруг гиппокампа, ствола и кровеносных сосудов головного мозга — областей, густо «населенных» нейронами, связанных с памятью и познанием.
3. Провоцирование SARS-CoV-2 нарушения регуляции выработки цитокинов с последующим усилением активности микроглии, нейровоспаления, повреждения нейронов и синаптических структур. Это может быть важным механизмом, приводящим к ухудшению памяти и снижению исполнительных функций.
4. COVID-19 может привести к тканевой гипоксии и микрососудистым поражениям, снижая перфузию головного мозга и целостность гематоэнцефалического барьера, что ухудшает когнитивные функции таких областей мозга, как гиппокамп.
5. COVID-19 может привести к симпатическому возбуждению и метаболическим нарушениям, таким как гипергликемия, гипергомоцистеинемия и резистентность к инсулину, влияя на среду мозга и когнитивные функции [38].

Особый интерес у исследователей вызывает феномен «brain fog» («мозговой туман»), основными проявлениями которого являются:

- заторможенность, замедленность мышления;
- трудность сосредоточения внимания;

- спутанность сознания;
- ослабление памяти.

Он чаще встречается у мужчин (42,3 %), чем у женщин (29,1 %) и по данным отдельных исследований держится более 7 месяцев от начала заболевания (7,6±2,7 мес.).

Большинство исследователей отмечает, что закономерность возникновения когнитивных нарушений после COVID-19 изучена недостаточно. Выделяют несколько путей и механизмов развития нейродегенерации.

1. Образование и отложение амилоидных бляшек (Aβ) может быть обусловлено тем, что Aβ — белок с противомикробными свойствами, продуцирующийся в ответ на нейроинвазию как часть врожденного иммунного ответа.
2. Аллель гена ApoE — патологическая изоформа ApoE-ε является фактором риска как для болезни Альцгеймера, так и для COVID-19, он нарушает проницаемость ГЭБ, затрудняет элиминацию Aβ из паренхимы мозга.
3. Провоспалительные цитокины могут проникать через поврежденный ГЭБ, а воспалительные изменения в нервной ткани могут приводить к развитию когнитивных нарушений.
4. SARS-CoV-2 может индуцировать активацию микроглии, что приводит к гибели нейронов; активация микроглии сопровождается оксидативным стрессом, а увеличение уровня оксида азота характеризуется нейротоксическими свойствами и может инициировать развитие болезни Альцгеймера [39].

Особенности когнитивных расстройств при ПКС

- Степень нейропсихологического дефицита коррелировала с тяжестью заболевания в острой фазе [15, 39, 40, 41].

По сравнению с неболевшими COVID-19 у инфицированных отмечается снижение когнитивных функций при легком течении в 1,71 раза, при тяжелом — в 4,87 раза. У 21 % переболевших наблюдается прогрессирующее снижение когнитивных функций [42];

- структура нейропсихиатрических последствий COVID-19 напоминала таковую после инфекции SARS-CoV-1 через 30–50 месяцев после заболевания [43];
- частое возникновение тревожных и депрессивных расстройств (являются наиболее инвалидизирующими болезнями среди 25 основных причин во всем мире для обоих полов) [44, 45];
- профиль нейрокогнитивного дефицита при ПКС напоминает таковой при большой депрессии [15];
- риск развития когнитивных расстройств не зависит от условий лечения пациентов, он равным

образом затрагивает как стационарных, так и амбулаторных больных COVID-19 [38, 46];

- наличие предшествующих психических и неврологических расстройств при COVID-19 является безусловным фактором увеличения нейропсихологических симптомов у пациентов [47, 48];
- изменение структуры головного мозга и нарушение когнитивных функций может возникать и вследствие легких форм COVID-19 [40, 49];
- у пациентов, перенесших COVID-19 в большей степени уменьшался объем серого вещества в орбитофронтальной коре и парагиппокампальной извилине, регистрировалось уменьшение общего объема головного мозга [15, 41];
- когнитивные расстройства осложняют коморбидные соматоневрологические расстройства: артериальная гипертензия, сахарный диабет, ожирение, табакокурение [50, 51, 52];
- наличие выраженной гипоксии как следствие поражения легких при COVID-19 [10];
- слабая активация лобно-центрально-височных отделов правого полушария коры головного мозга, что связывают с «истощением» центральных механизмов регуляции вегетативной нервной системы после перенесенного COVID-19 [53];
- выраженность астенической симптоматики (слабость, боли и тяжесть в мышцах, дефицит энергии, упадок сил, снижение либидо) [9, 53, 54];
- генерализованное замедление ЭЭГ (предположительно отражает диффузную энцефалопатию) [53, 55, 56];
- неврологические и психиатрические симптомы при ПКС встречаются на 44 % чаще, чем у выживших после гриппа [57];
- склонность к длительному течению [8, 58, 59];
- у 1/3 госпитализированных с COVID-19 пациентов диагноз психического расстройства в постковидный период поставлен впервые [60];
- в областях мозга, отвечающих за эмоциональную сферу и обоняние выявлено состояние гипометаболизма [61].

Миалгический энцефаломиелит (синдром хронической усталости)

Миалгический энцефаломиелит (МЭ) — мультисистемное нейроиммунное заболевание, которое часто возникает после перенесенной вирусной или бактериальной инфекции.

Критерии заболевания включают «существенное снижение или ухудшение способности участвовать в профессиональной, образовательной, социальной или личной деятельности на уровне, характерном до заболевания» в течение не менее 6 месяцев, сопровождающиеся:

- глубокой усталостью;
- постнагрузочным утомлением;
- недомоганием;
- отсутствием чувства отдохновения после ночного сна;
- ортостатической непереносимостью [62].

До 75 % людей с этим диагнозом не могут работать полный рабочий день, а у 25 % МЭ протекает в тяжелой форме [63].

Около половины людей с ПКС соответствуют критериям МЭ [64, 65, 66, 67];

В структуре МЭ при ПКС обнаружены следующие стойкие отклонения от нормы:

- снижение функций естественных клеток — киллеров;
- истощение Т-клеток;
- митохондриальная дисфункция;
- сосудистые аномалии (деформация эритроцитов, уменьшение объема крови);
- нарушение потребления кислорода;
- нарушение обмена жирных и аминокислот;
- нейровоспаление;
- снижение мозгового кровотока;
- повышение уровня желудочкового лактата;
- активация тучных клеток [67];
- реактивация герпесвирусов: EBV, HHV-6, HHV-7 и цитомегаловируса человека [68, 69, 70];

Феномен постуральной ортостатической тахикардии (POTS) может встречаться у 67 % пациентов с ПКС [71].

Другие состояния, обычно коморбидные ЭМ:

- заболевания соединительной ткани, включая синдром Элерса-Данлоса;
- гипермобильность суставов;
- нейроортопедические заболевания позвоночника;
- эндометриоз [72, 73].

Заключение

Авторы, занимающиеся исследованием всех аспектов ПКС, высказываются о целесообразности комплексной программы исследований этого феномена, включая методы:

- нейровизуализации;
- нейроиммунологии;
- метаболического профилирования.

Нужны дальнейшие исследования состояний:

- системного и нейровоспаления;
- гипоперфузии и мозгового кровотока;
- заболевания соединительной ткани вследствие COVID-19;

- аутоимунной реакции;
- вирусной персистенции;
- внутричерепной гипертензии;
- гипермобильности;
- кровеносного русла (измененных Т и В-клеток, иммунных изменений);
- процесса реактивации вирусов герпеса;
- изменений в микробиоте кишечника.

Исследователи считают целесообразным:

- увеличить число клинических испытаний новых препаратов для лечения COVID-19;
- обеспечить репрезентативность выборок при исследовании групп населения, переболевших но-

вой инфекцией (цветные сообщества, люди с низкими доходами, психически больные, пожилые люди);

- повысить интерес к роли коморбидных заболеваний в течении ПКС;
- разработать модель оптимальной тактики системы здравоохранения и других социальных институтов в период пандемии.

Особое значение предается подготовке медицинских и исследовательских кадров в вопросах инфекционных заболеваний, их профилактике, лечению и реабилитации в пост-болезненный, в т. ч. постковидный период [74, 75, 76, 77, 78].

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляков Н.А. и др. Отсроченные психические, неврологические и соматические расстройства, ассоциированные с COVID-19 // ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии. — 2024. — Т. 15. — №. 4. — С. 53–62.
2. Pilotto A. et al. Long-term neurological manifestations of COVID-19: prevalence and predictive factors // Neurological Sciences. — 2021. — Т. 42. — С. 4903–4907.
3. Taquet M. et al. 6-month neurological and psychiatric outcomes in 236 379 survivors of COVID-19: a retrospective cohort study using electronic health records // The Lancet Psychiatry. — 2021. — Т. 8. — №. 5. — С. 416–427.
4. Davis H.E. et al. Characterizing long COVID in an international cohort: 7 months of symptoms and their impact // Eclinicalmedicine. — 2021. — Т. 38.
5. Spudich S., Nath A. Nervous system consequences of COVID-19 // Science. — 2022. — Т. 375. — №. 6578. — С. 267–269.
6. Almfarrjij I., Munro K.J. One year on: an updated systematic review of SARS-CoV-2, COVID-19, and audio-vestibular symptoms // International journal of audiology. — 2021. — Т. 60. — №. 12. — С. 935–945.
7. Ceban F. et al. Fatigue and cognitive impairment in post-COVID-19 Syndrome: A systematic review and meta-analysis // Brain, behavior, and immunity. — 2022. — Т. 101. — С. 93–135.
8. Беляков Н.А. и др. Динамика пандемии COVID-19 и формирование постковидного периода в России // ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии. — 2021. — Т. 13. — №. 2. — С. 7–19.
9. Мосолов С.Н. Длительные психические нарушения после перенесенной острой коронавирусной инфекции SARS-CoV-2 // Современная терапия психических расстройств. — 2021. — №. 3. — С. 2–23.
10. Улюкин И.М. и др. Особенности когнитивных нарушений в динамике инфекции COVID-19 // Вестник психотерапии. — 2023. — Т. 1. — №. 83. — С. 62–72.
11. Rhie S.J., Jung E.Y., Shim I. The role of neuroinflammation on pathogenesis of affective disorders // Journal of exercise rehabilitation. — 2020. — Т. 16. — №. 1. — С. 2.
12. Скальный А. Ковид и постковид: микроэлементы и витамины для защиты и восстановления здоровья. — М.: Эксмо, 2022. 249 с.
13. Goërtz Y.M.J. et al. Persistent symptoms 3 months after a SARS-CoV-2 infection: the post-COVID-19 syndrome? // ERJ open research. — 2020. — Т. 6. — №. 4.
14. Robillard R. et al. Emerging New Psychiatric Symptoms and the Worsening of Pre-existing Mental Disorders during the COVID-19 Pandemic: A Canadian Multisite Study: Nouveaux symptômes psychiatriques émergents et détérioration des troubles mentaux préexistants durant la pandémie de la COVID-19: une étude canadienne multisite // The Canadian Journal of Psychiatry. — 2021. — Т. 66. — №. 9. — С. 815–826.
15. Ениколопов С.Н. и др. Влияние пандемии COVID-19 на состояние здоровья людей, страдающих психическими заболеваниями // Психиатрия. — 2023. — Т. 21. — №. 2. — С. 72–88.
16. Holdsworth D.A. et al. Comprehensive clinical assessment identifies specific neurocognitive deficits in working-age patients with long-COVID // PLoS One. — 2022. — Т. 17. — №. 6. — С. e0267392.
17. Cysique L.A. et al. Post-acute COVID-19 cognitive impairment and decline uniquely associate with kynurenine pathway activation: a longitudinal observational study // Medrxiv. — 2022. — С. 2022.06.07.22276020.
18. Woo M.S. et al. Frequent neurocognitive deficits after recovery from mild COVID-19 // Brain communications. — 2020. — Т. 2. — №. 2. — С. fcaa205.
19. Taquet M. et al. Neurological and psychiatric risk trajectories after SARS-CoV-2 infection: an analysis of 2-year retrospective cohort studies including 1 284 437 patients // The Lancet Psychiatry. — 2022. — Т. 9. — №. 10. — С. 815–827.
20. Visser D. et al. Long COVID is associated with extensive in-vivo neuroinflammation on [18F] DPA-714 PET // medRxiv. — 2022. — С. 2022.06.02.22275916.
21. Frere J.J. et al. SARS-CoV-2 infection in hamsters and humans results in lasting and unique systemic perturbations after recovery // Science translational medicine. — 2022. — Т. 14. — №. 664. — С. eabq3059.
22. Rutkai I. et al. Neuropathology and virus in brain of SARS-CoV-2 infected non-human primates // Nature communications. — 2022. — Т. 13. — №. 1. — С. 1745.
23. Nalbandian A. et al. Post-acute COVID-19 syndrome // Nature medicine. — 2021. — Т. 27. — №. 4. — С. 601–615.
24. Elul M.A. et al. Neurological associations of COVID-19 // The Lancet Neurology. — 2020. — Т. 19. — №. 9. — С. 767–783.

25. Charnley M. et al. Neurotoxic amyloidogenic peptides in the proteome of SARS-CoV-2: potential implications for neurological symptoms in COVID-19 //Nature communications. — 2022. — Т. 13. — №. 1. — С. 3387.
26. Guedj E. et al. 18F-FDG brain PET hypometabolism in patients with long COVID //European journal of nuclear medicine and molecular imaging. — 2021. — Т. 48. — №. 9. — С. 2823–2833.
27. Hugon J. et al. Cognitive decline and brainstem hypometabolism in long COVID: a case series //Brain and behavior. — 2022. — Т. 12. — №. 4. — С. e2513.
28. Fernández-Castañeda A. et al. Mild respiratory SARS-CoV-2 infection can cause multi-lineage cellular dysregulation and myelin loss in the brain //BioRxiv. — 2022. <https://doi.org/10.1101/2022.01.07.475453>
29. Peters E.M.J. et al. Can stress interact with SARS-CoV-2? A narrative review with a focus on stress-reducing interventions that may improve defence against COVID-19 //Psychotherapie, Psychosomatik, Medizinische Psychologie. — 2021. — Т. 71. — №. 2. — С. 61–71.
30. Douaud G. et al. SARS-CoV-2 is associated with changes in brain structure in UK Biobank //Nature. — 2022. — Т. 604. — №. 7907. — С. 697–707.
31. Peluso M.J. et al. SARS-CoV-2 and mitochondrial proteins in neural-derived exosomes of COVID-19 //Annals of neurology. — 2022. — Т. 91. — №. 6. — С. 772–781.
32. Villaume W.A. Marginal BH4 deficiencies, iNOS, and self-perpetuating oxidative stress in post-acute sequelae of Covid-19 //Medical Hypotheses. — 2022. — Т. 163. — С. 110842.
33. Klein J. et al. Distinguishing features of Long COVID identified through immune profiling //Nature. — 2023. — Т. 623. — №. 7985. — С. 139–148.
34. Su Y. et al. Multiple early factors anticipate post-acute COVID-19 sequelae //Cell. — 2022. — Т. 185. — №. 5. — С. 881–895. e20.
35. Iadecola C., Anrather J., Kamel H. Effects of COVID-19 on the nervous system //Cell. — 2020. — Т. 183. — №. 1. — С. 16–27. e1.
36. Apple A.C. et al. Risk factors and abnormal cerebrospinal fluid associate with cognitive symptoms after mild COVID-19 //Annals of clinical and translational neurology. — 2022. — Т. 9. — №. 2. — С. 221–226.
37. Jason L.A. et al. COVID-19 symptoms over time: comparing long-haulers to ME/CFS //Fatigue: biomedicine, health & behavior. — 2021. — Т. 9. — №. 2. — С. 59–68.
38. Беляков Н.А. и др. Отсроченные психические, неврологические и соматические расстройства, ассоциированные с COVID-19 //ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии. — 2024. — Т. 15. — №. 4. — С. 53–62.
39. Лобзин В.Ю., Литвиненко И.В., Пушкарёв В.А. Когнитивные нарушения у перенесших COVID-19: «туман в голове» или дебют нейродегенерации? //Бюллетень Национального общества по изучению болезни Паркинсона и расстройств движений. — 2022. — №. 2. — С. 138–140.
40. Hampshire A. et al. Cognitive deficits in people who have recovered from COVID-19 //EClinicalMedicine. — 2021. — Т. 39.
41. Никифоров И.А., Костюк Г.П., Бурьгина Л.А., Белова М.Ю., Истомина В.В. Психические расстройства в период пандемии COVID-19 // Вестник Всероссийского общества специалистов по медико-социальной экспертизе, реабилитации и реабилитационной индустрии. — 2024. — № 3–4. — С. 104–124.
42. Liu Y.H. et al. One-year trajectory of cognitive changes in older survivors of COVID-19 in Wuhan, China: a longitudinal cohort study //JAMA neurology. — 2022. — Т. 79. — №. 5. — С. 509–517.
43. Troyer E.A., Kohn J.N., Hong S. Are we facing a crashing wave of neuropsychiatric sequelae of COVID-19? Neuropsychiatric symptoms and potential immunologic mechanisms //Brain, behavior, and immunity. — 2020. — Т. 87. — С. 34–39.
44. GBD 2019 Diseases and Injuries Collaborators. Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 //Lancet. — 2020. — Т. 396. — №. 10258. — С. 1204–1222.
45. GBD 2019 Mental Disorders Collaborators et al. Global, regional, and national burden of 12 mental disorders in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 //The Lancet Psychiatry. — 2022. — Т. 9. — №. 2. — С. 137–150.
46. Hüfner K. et al. Who is at risk of poor mental health following coronavirus disease-19 outpatient management? //Frontiers in medicine. — 2022. — Т. 9. — С. 792881.
47. Molina J.D. et al. Neuropsychological symptom identification and classification in the hospitalized COVID-19 patients during the first wave of the pandemic in a Front-Line Spanish Tertiary Hospital //Frontiers in Psychiatry. — 2022. — Т. 13. — С. 838239.
48. Louapre C. et al. Clinical characteristics and outcomes in patients with coronavirus disease 2019 and multiple sclerosis //JAMA neurology. — 2020. — Т. 77. — №. 9. — С. 1079–1088.
49. Poletti S., Palladini M., Mazza M.G. et al. Long-term consequences of COVID-19 on cognitive functioning up to 6 months after discharge: role of depression and impact on quality of life. Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci 272, 773–782 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00406-021-01346-9>
50. Ткачева О.Н. и др. Новая коронавирусная инфекция SARS-CoV-2 у пациентов пожилого и старческого возраста: особенности профилактики, диагностики и лечения. Согласованная позиция экспертов Российской ассоциации геронтологов и гериатров //Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2020. — Т. 19. — №. 3. — С. 127–150.
51. Reddy R.K. et al. The effect of smoking on COVID-19 severity: A systematic review and meta-analysis //Journal of medical virology. — 2021. — Т. 93. — №. 2. — С. 1045–1056.
52. Cummings M.J. et al. Epidemiology, clinical course, and outcomes of critically ill adults with COVID-19 in New York City: a prospective cohort study //The lancet. — 2020. — Т. 395. — №. 10239. — С. 1763–1770.
53. Изнак А.Ф. и др. Взаимосвязи клинических, нейрофизиологических и нейроиммунологических показателей у больных депрессией, перенесших COVID-19 //Психиатрия. — 2023. — Т. 21. — №. 2. — С. 28–37.
54. Эбзеева Е.Ю. и др. Дефицит электролитов на фоне новой коронавирусной инфекции и постковидного астенического синдрома //Русский медицинский журнал. Медицинское обозрение. — 2021. — Т. 5. — №. 5. — С. 245–251.
55. Pastor J., Vega-Zelaya L., Martin Abad E. Specific EEG encephalopathy pattern in SARS-CoV-2 patients //Journal of clinical medicine. — 2020. — Т. 9. — №. 5. — С. 1545.

56. Petrescu A.M., Taussig D., Boullieret V. Electroencephalogram (EEG) in COVID-19: a systematic retrospective study //Neurophysiologie Clinique. — 2020. — Т. 50. — №. 3. — С. 155–165.
57. Taquet M. et al. Bidirectional associations between COVID-19 and psychiatric disorder: retrospective cohort studies of 62 354 COVID-19 cases in the USA //The Lancet Psychiatry. — 2021. — Т. 8. — №. 2. — С. 130–140.
58. Пашковский В.Э. и др. Нейрокогнитивный синдром при COVID-19. Клинические случаи //Психиатрия. — 2022. — Т. 20. — №. 1. — С. 26–34.
59. Петрищев Н.Н. и др. COVID-19 и сосудистые нарушения (обзор литературы) //Регионарное кровообращение и микроциркуляция. — 2020. — Т. 19. — №. 3. — С. 90–98.
60. Varatharaj A. et al. Neurological and neuropsychiatric complications of COVID-19 in 153 patients: a UK-wide surveillance study //The Lancet Psychiatry. — 2020. — Т. 7. — №. 10. — С. 875–882.
61. Guedj E. et al. 18 F-FDG brain PET hypometabolism in post-SARS-CoV-2 infection: substrate for persistent/delayed disorders? //European journal of nuclear medicine and molecular imaging. — 2021. — Т. 48. — С. 592–595.
62. Committee on the Diagnostic Criteria for Myalgic Encephalomyelitis/Chronic Fatigue Syndrome, Board on the Health of Select Populations, & Institute of Medicine. Beyond Myalgic Encephalomyelitis //Chronic Fatigue Syndrome: Redefining an Illness (National Academies Press, 2015).
63. Bateman L. et al. Myalgic encephalomyelitis/chronic fatigue syndrome: essentials of diagnosis and management //Mayo clinic proceedings. — Elsevier, 2021. — Т. 96. — №. 11. — С. 2861–2878.
64. Mancini D.M. et al. Use of cardiopulmonary stress testing for patients with unexplained dyspnea post–coronavirus disease //Heart Failure. — 2021. — Т. 9. — №. 12. — С. 927–937.
65. Kedor C. et al. A prospective observational study of post-COVID-19 chronic fatigue syndrome following the first pandemic wave in Germany and biomarkers associated with symptom severity //Nature communications. — 2022. — Т. 13. — №. 1. — С. 5104.
66. Haffke M. et al. Endothelial dysfunction and altered endothelial biomarkers in patients with post-COVID-19 syndrome and chronic fatigue syndrome (ME/CFS) // Journal of Translational Medicine. — 2022. — Т. 20. — №. 1. — С. 138.
67. Twomey R. et al. Chronic fatigue and postexertional malaise in people living with long COVID: an observational study //Physical therapy. — 2022. — Т. 102. — №. 4. — С. pzac005.
68. ME Association et al. Index of ME/CFS published research–Nov 2022. 224 Index of ME/CFS Published Research //The ME Association <https://meassociation.org.uk>. — 2022.
69. Keller B.A., Pryor J.L., Giloteaux L. Inability of myalgic encephalomyelitis/chronic fatigue syndrome patients to reproduce VO 2 peak indicates functional impairment //Journal of translational medicine. — 2014. — Т. 12. — С. 1–10.
70. Saha A.K. et al. Erythrocyte deformability as a potential biomarker for chronic fatigue syndrome //Blood. — 2018. — Т. 132. — С. 4874.
71. Larsen N.W. et al. Characterization of autonomic symptom burden in long COVID: a global survey of 2,314 adults //Frontiers in neurology. — 2022. — Т. 13. — С. 1012668.
72. Boneva R.S. et al. Endometriosis as a comorbid condition in chronic fatigue syndrome (CFS): secondary analysis of data from a CFS case-control study //Frontiers in Pediatrics. — 2019. — Т. 7. — С. 195.
73. Bragée B. et al. Signs of intracranial hypertension, hypermobility, and craniocervical obstructions in patients with myalgic encephalomyelitis/chronic fatigue syndrome //Frontiers in neurology. — 2020. — Т. 11. — С. 828.
74. Komaroff A.L., Lipkin W.I. ME/CFS and Long COVID share similar symptoms and biological abnormalities: road map to the literature //Frontiers in Medicine. — 2023. — Т. 10. — С. 1187163.
75. Davis H.E. et al. Long COVID: major findings, mechanisms and recommendations //Nature Reviews Microbiology. — 2023. — Т. 21. — №. 3. — С. 133–146.
76. Шматова Ю.Е. Психическое здоровье населения в период пандемии COVID-19: тенденции, последствия, факторы и группы риска //Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. — 2021. — Т. 14. — №. 2. — С. 201–224.
77. Шахбази Т.А., Никифоров И.А., Костюк Г.П., Бурьгина Л.А., Белова М.Ю. «Психические расстройства при коронавирусной инфекции». Учебное пособие. — М.: 2020. — 22 с.
78. Никифоров И.А., Костюк Г.П., Бурьгина Л.А., Белова М.Ю., Истомина В.В., Аронов П.В., Горин Г.А. Психические расстройства коморбидные COVID-19 (обзор литературы) //Вестник Медицинского стоматологического института. — 2023. — №2. — С. 36–43.

© Никифоров Игорь Анатольевич (narkolog.ipk@mail.ru); Федотов Дмитрий Дмитриевич (double_dee@mail.ru);
 Костюк Георгий Петрович (pkb1@zdrav.mos.ru); Бурьгина Лариса Андреевна (pkb4@zdrav.mos.ru);
 Белова Майя Юрьевна (pkb4-pb3@zdrav.mos.ru); Истомина Виктория Витальевна (pkb4-pb3@zdrav.mos.ru)
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РОЛЬ МАГНИЯ В РАЗВИТИИ КАРИЕСА

THE ROLE OF MAGNESIUM
IN THE DEVELOPMENT OF CARIES

A. Petrova
M. Malezhik
M. Grudina
I. Shnitova

Summary. Magnesium ranks fourth in the elemental composition of the human body after potassium, calcium, and sodium. It is recognized as a fundamental constant that controls human health. The study of magnesium deficiency has acquired particular importance in the last decade, when it became known that this element is involved in many physiological processes that ensure the normal functioning of the body. Magnesium regulates the synthesis of carbohydrates, the amount of sugar is normalized, which prevents the development of caries. Magnesium is an important factor for dental health, as well as metabolism in the body, protein synthesis, the work of the circulatory system, proper absorption of carbohydrates and lipids from food, the pancreas, blood clotting, and elimination of toxins.

Keywords: magnesium, function, metabolism, caries, examination.

Петрова Александра Моисеевна

Кандидат медицинских наук,
Читинская государственная медицинская академия
Petam2014@yandex.ru

Малежик Маргарита Сергеевна

Кандидат медицинских наук, доцент,
Читинская государственная медицинская академия
rita.malezhik@mail.ru

Грудина Мария Анатольевна

Клинический ординатор,
Читинская государственная медицинская академия
grudina.mashenka@mail.ru

Шнитова Ирина Валерьевна

Читинская государственная медицинская академия
shnitovairina@yandex.ru

Аннотация. Магний занимает четвертое место в элементном составе организма человека после калия, кальция и натрия. Он признан основополагающей константой, контролирующей здоровье человека. Особое значение изучение дефицита магния приобрело в последнее десятилетие, когда стало известно, что этот элемент участвует во многих физиологических процессах, обеспечивающих нормальную жизнедеятельность организма. Магний регулирует синтез углеводов, нормализуется количество сахара, что препятствует развитию кариеса. Магний является важным фактором для здоровья зубов, а также обмена веществ в организме, синтеза белков, работы системы кровообращения, правильного усвоения углеводов и липидов из пищи, работы поджелудочной железы, свертывания крови, выведения токсинов.

Ключевые слова: магний, функция, обмен, кариес, обследование.

Роль такого нутриента как магний в организме огромна. Магний является вторым по распространенности внутриклеточным катионом и четвертым по распространенности катионом в организме, играет важную физиологическую роль во многих функциях организма. Эта роль достигается благодаря двум важным свойствам — способности образовывать хелаты с важными внутриклеточными анионными лигандами, особенно АТФ, и его способности конкурировать с кальцием за сайты связывания на белках и мембранах [12, с. 47].

Немаловажно его значение для развития и нормального функционирования нервной системы. С неврологической точки зрения магний играет важную роль в передаче нервных импульсов и нервно-мышечной проводимости. Он также выполняет защитную функцию против чрезмерного возбуждения, которое может привести к гибели нейрональных клеток (эксайтотоксичность), и был вовлечен в развитие многочисленных неврологических расстройств [8, с. 1].

Также магний играет большую роль в минеральном обмене. Ферментативная активность как печеночной 25-гидроксилазы, так и почечной 1 α -гидроксилазы является магний-зависимым процессом. Витамин D транспортируется в крови в связанном виде с белками-переносчиками, и основным переносчиком является белок, связывающий витамин D. Важно отметить, что активность белка, связывающего витамин D, также зависит от магния. Витамин D в свою очередь поддерживает гомеостаз магния в организме за счет увеличения всасывания его в кишечнике [13 с.184–185]. Данный витамин очень важен для регулирования гомеостаза кальция и фосфатов, влияет на рост и поддержание нормальной структуры костей, а также процессов реминерализации/демнерализации твердых тканей зуба. Магний регулирует концентрацию кальция в клеточной мембране. Регуляция происходит за счет магний чувствительного рецептора плазматической мембраны (ген CASR), который поддерживает необходимую концентрацию катионов и играет важную роль в поддержании катионного гомеостаза [3, с. 90].

Магний принимает участие в метаболизме таких гормонов, как паратгормон, гормонов щитовидной железы, половых гормонов, инсулина. Паратгормон стимулирует реабсорбцию магния в почечных канальцах, всасывание в кишечнике и высвобождение иона из костей. С другой стороны, магний необходим для нормальной функции паращитовидных желез, метаболизма витамина D и адекватной чувствительности тканей-мишеней к ПТГ и активным метаболитам витамина D.

Дефицит магния обычно связан с гипопаратиреозом, низкой выработкой активных метаболитов витамина D, в частности $1,25(\text{OH})_2$ витамина D_3 , и резистентностью к ПТГ и витамину D.

Напротив, избыток магния, подобно кальцию, подавляет секрецию ПТГ. Метаболизм костей нарушается как при положительном, так и при отрицательном балансе магния [5, с. 1]. Уровни паратиреоидного гормона и магния в сыворотке крови сложным образом зависят друг от друга и до конца не изучены [2, с. 403].

Роль Mg в синтезе гормонов щитовидной железы может быть косвенной, т.е. он действует на стадии поглощения йода и стадии деиодирования во время синтеза гормонов щитовидной железы [6, с. 2]. Метилирование катехолэстрогенов осуществляется при участии фермента катехол-О-метилтрансферазы (КОМТ), синтез и активность которого кодируется геном COMT, расположенным на хромосоме 22q11 [15, с. 245]. О-метилтрансфераза (COMT) представляет собой SAM— и Mg^{2+} -зависимую метилтрансферазу [10, с.1]. Таким образом магний участвует в регулировании метилирования катехолэстрогенов, тем самым принимая участие в метаболизме половых гормонов. Низкие уровни Mg^{2+} приводят к нарушению активности тирозинкиназы, пострецепторному нарушению действия инсулина, изменению клеточного транспорта глюкозы и снижению утилизации глюкозы клетками, что способствует периферической инсулинорезистентности при СД2. Дефицит магния запускает хроническое системное воспаление, которое также усиливает инсулинорезистентность. [7, с. 1].

Магний находится в костях и твердых тканях зуба в виде магниевых апатитов $\text{Ca}_9\text{Mg}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, который придает прочность костям и твердым тканям зуба за счет снижения кристалличности апатита и сжатия его кристаллической решетки [9, с. 1]. При определении состава эмали и дентина методом нейтронной активации (Neutron Activation Analysis — NAA) содержание Ca в эмали составило 37,1 вес.%, Mg 0,39 вес.%, Na — 0,72 вес.%, Cu — 11,9 ppm, в дентине — Ca — 26,9 вес.%, Mg — 0,74 вес.%, Na 0,72 вес.%, Cu — 7,1 ppm [1, с. 22]. Магний важен для минерализации зубов за счет его участия в формировании полноценной структуры кристаллов гидроксиапатита. Из различных исследований кон-

центрации магния в сыворотке крови и его взаимосвязи с костью, проведенных с 2009 года, было показано, что более низкие значения связаны с наличием остеопороза и что около 30–40 % обследованных (в основном женщин в менопаузе) страдают гипомагниемией [11, с. 734]. Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что при дефиците магния развивается не только остеопороз, но и деминерализация твердых тканей зубов.

Актуальность

Проблема дефицита макро- и микронутриентов в современном мире является актуальной за счет: истощения почвы, нерационального питания, использование фармакологических препаратов, которые являются ингибиторами многих нутриентов (КОК, антациды, ИПП и так далее); заболевания ЖКТ, дисбактериоз кишечника, агропромышленные технологии (ранний сбор, технологии ускоренного созревания), стресс. Эти факторы приводят к недостатку необходимых веществ для организма. «По данным Института питания РАМН, среди населения России широко распространены различные отклонения в пищевом статусе, в числе которых дефицит витаминов и минералов [4, с. 34]. Распространенность дефицита магния (ДМ) в России является высокой и не уступает этому показателю в странах Европы. По данным российского многоцентрового исследования у пациентов многопрофильных стационаров, распространенность ДМ составила 47,8 %. В популяции беременных женщин распространенность ДМ оказалась значительно выше: согласно результатам многоцентрового исследования MAGIC, проходившего в 2012 г. в 10 городах России с участием 1130 женщин, данный показатель составил 81,2 %. Это подтверждено и результатами более крупного исследования MAGIC 2, завершившегося в 2013 г. (12 городов России, 2127 беременных) — в нем распространенность ДМ у беременных составил 80,9 % [13, с. 114].

Цель исследования

Изучить интенсивность кариеса и выявить взаимосвязь с уровнем магния у студентов 3 и 4 курса стоматологического факультета ЧГМА.

Материалы и методы

Проведено стоматологическое обследование 84 студентов 3 и 4 курса стоматологического факультета ЧГМА. Обучающиеся проанкетированы на выявление 12 признаков нехватки магния в организме по валидированному опроснику «Max Health Therapies — Magnesium Status Questionnaire». Ретроспективному анализу подлежали 84 анкеты, включающие вопросы диеты и образа жизни, наличия хронических заболеваний, приема лекарственных средств, состояния нервной системы. Проведен

осмотр 84 студентов с определением интенсивности кариеса. Статистическую обработку данных осуществляли с помощью ЭВМ.

Результаты исследования

При обследовании выявлено 33 % студентов с компенсированной формой кариеса, 36 % с субкомпенсированной формой, 31 % с декомпенсированной формой.

Из всех респондентов 32 % страдают различными хроническими заболеваниями.

Выявлено, что среди студентов с декомпенсированной формой активности кариеса наибольшее количество имели дефицит магния (39 %), с компенсированной формой 7 %, с субкомпенсированной формой 17 %. С компенсированной формой кариеса наибольшее количество респондентов не имеют дефицит магния (36 %), с субкомпенсированной формой 23 %, с декомпенсированной — 23 % студентов. Тогда как у студентов с суб-

компенсированной формой уровень магния на нижней границе нормы.

При обследовании выявлено, что при наличии у исследуемых хронических заболеваний (мигрень, хроническая головная боль, заболевания щитовидной железы, хронические колиты, астма, гиперпаратиреоз, сахарный диабет, различные нарушения сердечного ритма) выявляется дефицит уровня магния или предефицитное состояние. У всех студентов, имеющих в анамнезе хронические головные боли или мигрени, отмечается дефицит магния, а при других заболеваниях также есть и предефицитные состояния.

Выяснено, что у 60 % студентов в ежедневный рацион входят продукты с высоким содержанием сахара. Потребляют каждый день газированные напитки и безалкогольные напитки (соки, энергетики) 27 %. Пять процентов студентов пьют более 3 чашек кофе в день. Фаст-фуд и полуфабрикаты ежедневно потребляют 26 % исследуемых. Придерживаются питания с преобладани-

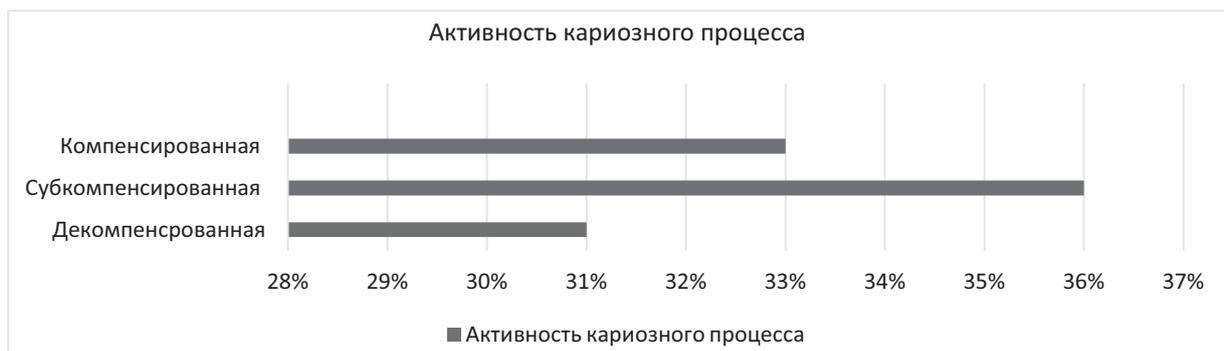


Рис. 1

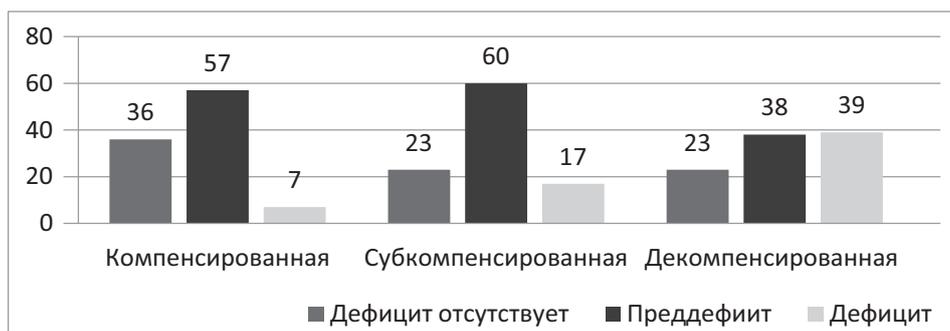


Рис. 2

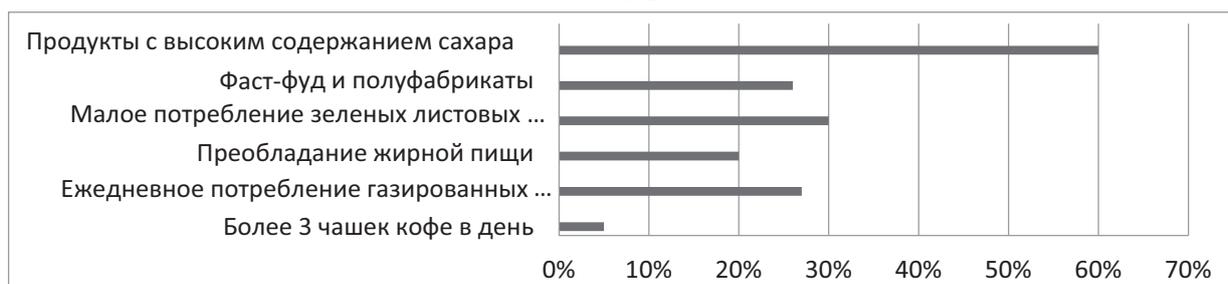


Рис. 3

ем жирной пищи 20 %. Низкое содержание зеленых листовых овощей, семян и орехов в ежедневном рационе наблюдается у 30 % студентов. Физическими упражнениями занимаются 27 % 3 и более раз в неделю, при этом не придерживаются рационального питания, потребляя продукты с высоким содержанием сахара и жирной пищи.

Выводы

На статус магния в организме человека влияет не только общее состояние здоровья (наличие хронических заболеваний и острые состояния), но и образ жизни.

Выявлена обратная корреляция между уровнем магния в организме и интенсивностью кариозного процесса. Чем меньше уровень данного нутриента в организме, тем выше активность кариозного процесса. В раннем детском возрасте уровень магния играет значимую роль в минерализации и закладке зубов, поэтому требуется ранняя диагностика дефицита магния в организме. Необходимо обследование детей на уровень данного нутриента в сыворотке крови, или у более старшей возрастной группы дефицит возможно определить по валидированному опроснику. И в дальнейшем произвести коррекцию магния путем нормализации питания или эндогенного введения препаратов магния.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахмедбейли Р.М. Современные данные о минеральном составе, структуре и свойствах твёрдых зубных тканей // Биомедицина. — 2016. — № 2. — С. 22–27.
2. Vetter T. Magnesium and the parathyroid / T. Vetter, M.J. Lohse. — DOI 10.1097/00041552-200207000-00006 // *Curr Opin Nephrol Hypertens.* — 2002. — Vol. 11 (4). — P. 403–410.
3. Значение магния в физиологии и патологии органов пищеварения страницы / Я.И. Григус, О.Д. Михайлова, А.Ю. Горбунов, Я.М. Вахрушев // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология.* — 2015. — № 6. — С. 89–93.
4. Дроздов В.Н. Рациональное возмещение дефицита витаминов и микроэлементов // *Лечебное дело.* — 2009. — № 3. — С. 34–40.
5. Zofková I. The relationship between magnesium and calciotropic hormones / I. Zofková, R.L. Kancheva // *Magnes Res.* — 1995. — Vol. 8 (1). — P. 77–84.
6. Activities of Serum Magnesium and Thyroid Hormones in Pre-, Peri-, and Post-menopausal Women / B.R. Kolanu, S. Vadakedath, V. Boddula, V. Kandi. — DOI 10.7759/cureus.6554 // *Cureus.* — 2020. — Vol. 12 (1). — P. e6554.
7. Kostov K. Effects of Magnesium Deficiency on Mechanisms of Insulin Resistance in Type 2 Diabetes: Focusing on the Processes of Insulin Secretion and Signaling / K. Kostov. — DOI 10.3390/ijms20061351 // *Int J Mol Sci.* — 2019. — Vol. 20 (6). — P. 1351.
8. Kirkland A.E. The Role of Magnesium in Neurological Disorders / A.E. Kirkland, G.L. Sarlo, K.F. Holton. — DOI 10.3390/nu10060730 // *Nutrients.* — 2018. — Vol. 10 (6). — P. 730.
9. Functional role of inorganic trace elements in dentin apatite tissue — Part 1: Mg, Sr, Zn, and Fe / M.A. Saghiri, J. Vakhnovetsky, A. Vakhnovetsky [et al.]. — DOI 10.1016/j.jtemb.2022.126932 // *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology.* — 2022. — Vol. 71. — P. 126932.
10. Patra N. Computational Investigation of the Interplay of Substrate Positioning and Reactivity in Catechol O-Methyltransferase / N. Patra, E.I. Ioannidis, H.J. Kulik. — DOI 10.1371/journal.pone.0161868 // *PLoS One.* — 2016. — Vol. 11 (8). — P. e0161868.
11. An update on magnesium and bone health / M. Rondanelli, M.A. Faliva, A. Tartara [et al.]. — DOI 10.1007/s10534-021-00305-0 // *Biometals.* — 2021. — Vol. 34 (4). — P. 715–736.
12. Swaminathan R. Magnesium metabolism and its disorders // *Clin Biochem Rev.* — 2003. — Vol. 24 (2). — P. 47–66.
13. Дефицит магния и стресс: вопросы взаимосвязи, тесты для диагностики и подходы к терапии / Е.А. Тарасов, Д.В. Блинов, У.В. Зимовина, Е.А. Сандакова. — DOI 10.17116/terarkh2015879114-122 // *Терапевтический архив.* — 2015. — № 9. — С. 114–121.
14. Uwitonze A. Role of Magnesium in Vitamin D Activation and Function / A. Uwitonze, M. Razzaque. — DOI 10.7556/jaoa.2018.037 // *Journal of Osteopathic Medicine.* — 2018. — Vol. 118 (Issue 3). — P. 181–189.
15. Чагай Н.Б. Метилирование эстрогенов, ожирение и рак молочной железы / Н.Б. Чагай, А.М. Мкртумян // *Проблемы эндокринологии.* — 2018. — № 4. — С. 244–250.

© Петрова Александра Моисеевна (Petam2014@yandex.ru); Малезжик Маргарита Сергеевна (rita.malezzhik@mail.ru); Грудина Мария Анатольевна (grudina.mashenka@mail.ru); Шнитова Ирина Валерьевна (shnitovairina@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОБЗОР МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ, ИСПОЛЗУЕМЫХ В ДИАБЕТОЛОГИИ

OVERVIEW OF MATHEMATICAL MODELS USED IN DIABETOLOGY

**V. Reshetnikov
N. Dementyev
O. Makhmatov
V. Sternin**

Summary. The review focuses on specific aspects of diabetes, such as glucose-insulin dynamics, computer algorithms and devices, sensors and management, mathematical and software aspects, glycemic index, and the cost of diabetes treatment.

Keywords: Glucose-insulin dynamics, glycemic index, computer algorithms, mathematical models.

Решетников Владимир Валентинович

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет

Дементьев Никита Александрович

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет

Махматов Олег Владимирович

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет

Стернин Вадим Евгеньевич

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет

health_informatics@mail.ru

Аннотация. Обзор сосредоточен на конкретных аспектах диабета, таких как глюкозо-инсулиновая динамика, компьютерные алгоритмы и устройства, датчики и управление, математический и программный аспект, гликемический индекс и стоимость лечения диабета.

Ключевые слова: глюкозо-инсулиновая динамика, гликемический индекс, компьютерные алгоритмы, математические модели.

Введение

Математические модели, статистические методы и компьютерные алгоритмы в диабетологии были предложены, в частности, для того, чтобы понять различные аспекты диабета, например: глюкозо-инсулиновую динамику, эпидемиологию диабета и его осложнений, стоимость диабета и рентабельность стратегий борьбы с диабетом. Обзор сосредоточен на конкретных аспектах диабета, таких как глюкозо-инсулиновая динамика [7–13], компьютерные алгоритмы и устройства [14–16], датчики и управление [17,18], математический и программный аспект [19], гликемический индекс [20], стоимость лечения диабета [21, 22].

Глюкозо-инсулиновая динамика

Большинство математических моделей, предложенных в литературе, посвящены глюкозо-инсулиновой динамике, включая тест на внутривенную толерантность к глюкозе (IVGTT), пероральный тест на глюкозу (OGTT) и тест на толерантность к глюкозе (FSIGT). В 1939 Химсворт и Кер сделали первый подход к измерению чувствительности к инсулину *in vivo*. В 1961 году Боли с помощью обычных дифференциальных уравнений, предложил простую модель для расчета концентрации глюкозы и инсулина.

Хотя различные модели (простые и комплексные) были предложены разными авторами [7], начало моделирования глюкозо-инсулиновой динамики стоит начать с так называемой минимальной модели, предложенной Бергманом и Кобелли в начале восьмидесятых годов прошлого века. Те же авторы опубликовали статьи, дополняющие, тестирующие или подтверждающие результаты минимальной модели [7]. Варианты на основе минимальной модели рассматривались разными авторами. Пример из этой категории был предложен Деруичем и Бутаебом, использовавшими модифицированную версию минимальной модели для введения параметров, связанных с физическими упражнениями.

Однако некоторые авторы [19] указывали, что хотя минимальная модель имеет минимальное количество констант (p_0 – p_7), и была, бесспорно, полезна в физиологических исследованиях, она имеет следующие недостатки:

1. Модель в том виде, в каком она была первоначально предложена, следует рассматривать как состоящую из двух отдельных частей. В последней части концентрация глюкозы в плазме рассматривается как известная вынуждающая функция. Другими словами, подгонка параметров модели должна проводиться в два этапа: во-первых, используя записанную концентрацию инсулина в качестве входных данных для получения параме-

тров в двух первых уравнениях, затем используя записанную глюкозу в качестве входных данных для получения параметров в третьем уравнении.

2. Некоторые математические результаты, полученные в этой модели, нереалистичны (проблемы положительного равновесия и неограниченные решения).
3. Вводится искусственная ненаблюдаемая переменная $X(t)$, учитывающая задержку действия инсулина.

Принимая во внимание эти замечания и подчеркивая, что глюкозо-инсулиновая система представляет собой комплексную физиологическую динамическую систему, которую следует рассматривать как единое целое, Де Гаэтано и Арино предложили агрегированную дифференциальную модель с задержкой, называемую динамической моделью.

Мухопадхай и др. (2004) отметили, что эта модель позволяет одновременную оценку обеих параметров секреции инсулина и поглощения глюкозы, чтобы иметь положительные, ограниченные решения и быть глобально асимптотически стабильной перед инъекцией концентрации глюкозы и инсулина. Они предложили расширение путем введения общей весовой функции ω в интегральное ядро задержки реакции поджелудочной железы на глюкозу.

Более общая модель была предложена Ли и др. (2001). Авторы отметили, что, хотя динамическая модель решает проблемы минимальной модели, это неявно или явно влечет за собой несколько предположений, которые могут не быть необходимыми или реалистичными. В частности, некоторые условия взаимодействия слишком специфичны и, следовательно, слишком ограничительны.

Другие модели глюкозо-инсулиновой динамики, использующие оптимальный контроль были предложены разными авторами [18]. В уравнениях управления или в дифференциальных уравнениях в частных производных Кобелли и Томасет обсудили оптимальный план ввода в модель кинетики глюкозы.

Лам и др. использовали слегка модифицированную версию минимальной модели для оценки чувствительности к инсулину.

Интересный обзор математических моделей с использованием управления для глюкозы-инсулина и лечения диабета дан Палермом в его докторской диссертации с примерно 350 ссылками [18]. Автор сосредоточился на прямой ссылке на модель адаптивного управления (DMRAC) и её переформулировки.

Компьютерные алгоритмы

Регуляция концентрации глюкозы в крови в основном достигается путем воздействия на три контрольные переменные: инсулин, питание и физические упражнения. Однако, как подчеркивает Беллацци и др. [15], количественная оценка приемов пищи и физические усилия по-прежнему представляют собой серьезную проблему в наблюдении. Следовательно, квазисовокупность предлагаемой системы контроля должна быть сосредоточена на стратегии инсулинотерапии. Ряд устройств-микросистем и ЭВМ подходы описаны в литературе с открытыми, закрытыми и частично закрытыми алгоритмами. Два отзыва для внутривенного контроля уровня глюкозы в крови и подкожный путь к терапии инсулинозависимого диабета были недавно опубликованы Беллацци и др. [15] и Паркер и др. [16]. Частичный список программных пакетов, имеющихся на коммерческой основе, находится в свободном доступе Макроглу и др. [19].

Стратегия замкнутого цикла

Примером моделей со стратегией замкнутого цикла являются носимые устройства с искусственной поджелудочной железой, предложенные Шимода и др. [18].

Открытый подход

Согласно обзору Бергмана и др. [7], два различных класса методологий были применены, чтобы открыть глюкозо-инсулиновую обратную связь *in vivo*. Первый метод, впервые предложенный Ривеном и его коллегами, и помеченный как тест на поджелудочную железу или тест на подавление инсулина, использует фармакологические средства для ослепления поджелудочной железы к концентрации глюкозы в плазме. Второй подход, помеченный как глюкозный зажим, был предложен Андресом. Метод использует переменную инфузии глюкозы для установки относительно постоянной концентрации глюкозы в плазме с экзогенным инсулином или без него.

Математические модели также предлагаются для борьбы с ухудшением состояния β -клеток.

Эпидемиологические модели, применяемые к диабету

Исторически сложилось так, что с тех пор, как была сформулирована первая модель оспы Бернулли в 1760 году, этому вопросу была посвящена обширная литература. К математическим моделям инфекционных заболеваний, таких как корь, краснуха, малярия, грипп, СПИД, лихорадка Денге и другие относят огромное разнообразие сформулированных, математически проанализированных и применяемых при инфекционных забо-

леваниях моделей. Применение подобных моделей для неинфекционных заболеваний довольно необычны. Многие авторы предлагали эпидемиологические модели диабета и ожирения. Бутаев и Деруич рассмотрели две дискретные модели эволюции диабета без осложнений до стадии сахарного диабета с осложнениями.

Используя уравнения в частных производных, авторы предложили возрастную структурированную непрерывную модель осложнений диабета. Главной задачей авторов было показать, что, хотя диабет неизлечим, момент предотвращения его осложнений (что возможно) улучшит качество жизни людей и уменьшит расходы на национальное здравоохранение и социальные службы. Предполагая, что количество мужчин равно количеству женщин и что диабет влияет на людей двух полов одинаково, формализована непрерывная возрастная структурированная модель уравнениями в частных производных. В том же стиле Бутаев и его коллеги предложили линейные и нелинейные популяционные модели диабета, используя обыкновенные дифференциальные уравнения и их численную реализацию.

Анализ данных, оценка параметров и проверка

Исследования и испытания

Во всем мире различные исследования были посвящены диабету и его осложнениям. Эти исследования использовались непосредственно или косвенно для анализа данных, математического моделирования и проверки параметров. Среди наиболее цитируемых исследований диабета: Исследование Control Complications Trial (DCCT) (Великобритания) и Исследование профилактики диабета (UKPDS).

В первом испытании приняли участие 1441 добровольцев с диабетом I типа и 29 медицинских центра в США и Канаде. Было показано, что осложнения диабета можно уменьшить или, по крайней мере, отсрочить хорошим регулярным гликемическим контролем через интенсивную инсулинотерапию, состоящую из трех или больше инъекций инсулина в день или при использовании насоса инсулина. Основные результаты исследования DCCT были следующими: снижение уровня глюкозы в крови снижает риск заболеваний глаз, почечную недостаточность и заболевания нервов на 76 %, 50 % и 60 % соответственно.

Второе исследование касалось 5000 инсулинозависимых пациентов из 23 центров со всех концов Англии, Шотландии и Северной Ирландии, и в нем было показано, что осложнения диабета можно предотвратить за счет лучшего контроля уровня глюкозы в крови и артериального давления.

Среди 70 статей, опубликованных группой UKPDS, мы приведем здесь лишь некоторые из тех, что используют математические модели. Механизм управления рисками UKPDS использовался в качестве модели риска возникновения коронарной болезни сердца, инфаркта миокарда и инсульта при диабете II типа. Также моделировалось воздействие глюкозы как фактора риска фотокоагуляции при сахарном диабете II типа, тогда как в модели исходов UKPDS было предложено оценить последствия для здоровья в течение жизни пациентов с типом диабета II. Сбор данных, оценка параметров и проверка касалась множества других подобных исследований: Висконсинское эпидемиологическое исследование ретинопатии при диабете (WESDR), Фремингемское исследование (FHS), Программа профилактики диабета (DPP), Оценка предотвращения последствий для здоровья (HOPE), Данные и информация о работодателях плана медицинского страхования (HEDIS), Echantillon de personnes diabétiques (ENTERED), Исследование вмешательства с учетом факторов риска (MRFIT), Защита сердца (HPS), Холестерин и повторяющиеся события (CARE), Ингибиторы АПФ и диабетическая нефропатия, исследование IRMA-2, Исследование нефропатии (IDNT), AtoRvastatin Diabetes Study (CARDS).

Модель Архимеда

До недавнего времени было четыре основных вида математических моделей в здравоохранении:

1. Биологическое моделирование,
2. Клиническая медицина,
3. Исследование операций,
4. Экономические/системные ресурсы.

Модель Архимеда — это новый тип математической модели, включающая все четыре компонента.

Модель Архимеда — это очень подробная, всеобъемлющая, непрерывная имитационная модель. Человек за человеком, объект за объектом, симуляция, охватывающая диапазон от биологических деталей до процессов, логистики, ресурсов и затрат систем здравоохранения. Модель написана в дифференциальных уравнениях, для которых могут быть разные уровни детализации. Уравнения, предположения и источники обобщены в онлайн-приложении (доступно по адресу <http://care.diabetesjournals.org>).

Проверка

Модель Архимеда была проверена в 18 испытаниях, из которых десять испытаний явно имели дело с диабетом. А именно: Control and Complications Trial (DCCT), Проспективное исследование диабета (UKPDS), Программа профилактики (DPP), Профилактическая оценка (HOPE), Субпопуляция больных диабетом HOPE (Micro-

НОРЕ), Исследование защиты сердца (HPS), Холестерин и рекуррентные события (CARE), Ингибиторы АПФ и Исследование диабетической нефропатии, Исследование IRMA-2 и Исследование диабетической нефропатии Ирбесартана (ИДНТ). В общем, необходимо от 10 до 30 уравнений для представления патофизиологии заболевания и рассчитывается влияние конкретного лечения на конкретный результат в конкретной популяции (не включены уравнения для поведения, процессов ухода, логистики и других небологических аспектов модели). Даны функциональные формы уравнения, но значения переменных и частей модели, которые описывают микро— и макро— сосудистые осложнения не представляются. Однако, помимо этих ограничений, модель использовалась для прогнозирования 74 основных исходов, что дало поразительные результаты: в 71 из 74 клинических исходов расхождения между результатами, рассчитанными в модели (ожидаемыми частотами) и наблюдаемыми частотами статистически незначимы.

Другие модели

Другие модели и компьютерные алгоритмы были посвящены бремени, стоимости и экономической эффективности диабета, телемедицине и лечению диабета на дому. В тематическом исследовании Ву предложил модель самоконтроля сахарного диабета II типа.

Обсуждение

Математические модели представляют собой интересные инструменты для понимания болезней. Они дают представление, улучшают интуиции, проясняют предположения для формальной теории, позволяют планирование исследований, оценки параметров, определения чувствительности, оценивают предположения, моделируют простые и сложные явления и предсказания будущего. В случае диабета, простые и комплексные модели занимающихся различными аспектами болезни, используются в течение последних трех десятилетий. В общем, модели настолько просты, что неадекватны, но их преимущество состоит в использовании небольшого количества идентифицируемых параметров. С другой стороны, комплексные модели пытаются представить систему (биологическую, клиническую, экономическую и т. д.) с учетом всех взаимодействий. Это делает их очень сложными и, как правило, неидентифицируемыми. В настоящей статье нашей основной целью был обзор моделей и исследований, посвященных различным аспектам диагностики и лечения сахарного диабета и его осложнений. Мы представили неполный список опубликованных моделей с их теоретическими и прикладными аспектами, указывая, какие гипотезы заставили авторов предлагать новые, модифицированные, обобщенные или альтернативные модели. Но надо сказать, что мы не собирались сравнить все модели или классифициро-

вать их по какому-либо критерию производительности. Даже при наличии моделей их не нужно сравнивать. Для, например, модели Боли — одной из простейших моделей предложено оценивать линейное исчезновение глюкозы и динамику инсулин-глюкозы. Еще одна очень простая модель была предложена в тематическом исследовании Ву, но целью было самолечение диабета II типа. Модель представляет собой тематическое исследование, основанное на одном человеке с диабетом II типа, и к полученным результатам следует относиться с осторожностью.

Дискретная матричная модель, рассмотренная Бутаебом и Деруич тоже проста, но подход полностью отличается, поскольку речь идет о контроле осложнений. Бергман и др. [7] обсуждали семь моделей для выбора «лучшей», которая с тех пор стала известной минимальной моделью (между простой неадекватной и всеобъемлющей неидентифицируемой моделью), они основывали свой отбор по следующим критериям:

1. быть физиологически обоснованной,
2. иметь параметры, которые можно оценить с разумной точностью,
3. иметь параметры со значениями, которые являются разумными и имеют физиологическую интерпретацию,
4. лучше всего может моделировать динамику системы с помощью наименьшего количества идентифицируемых параметров.

Далее были представлены варианты версий минимальной модели, рассматриваемых разными авторами. Например, у Деруича и Бутаеба, физические упражнения считались интересным инструментом, улучшающим чувствительность к инсулину. Авторы подчеркивают, что новый контроль стратегии требует много времени, прежде чем они станут доступными в больших масштабах, особенно в развивающихся странах, где большинство диабетиков изо всех сил пытаются получить инсулиновые дозы, и где их цена превышает индивидуальный доход.

Как указывалось ранее, минимальная модель бесспорно полезна в физиологических исследованиях и служит отправной точкой для многих других моделей. Недостатки, отмеченные Де Гаэтано и Арино, в основном основывались на математической постановке задачи положительного равновесия и неограниченных решений. Но они подчеркнули, что никакой критики не подразумевается в отношении практической полезности минимальной модели. Кстати, они признают, что их группа использует минимальную модель в рутинной оценке чувствительности к инсулину у клинических пациентов. Предложенная так называемая «динамическая модель» не избежала критики, поскольку сделанные предположения были сочтены неверными. Это суждение было сделано Ли и др., которые также критиковали ограничи-

тельный способ использования задержки и предложили более общую модель. В соответствии с этими авторами, их общая модель была построена на исследовании IVGTT, которое фокусируется на метаболизме глюкозы.

Однако, кроме имитационного и математического аспектов (равновесное состояние, колебания уровней глюкозы и инсулина), никаких доказательств реальной производительности не приводилось. Для компьютерных алгоритмов, как подчеркивалось ранее, квазиполнота предложенных систем контроля сосредоточена на инсулинотерапевтической стратегии. Во многих случаях предложенные модели определяются коммерческими целями и доступностью их практического использова-

ния и в этом смысле остаются ограничительными. Наконец, среди сложных всеобъемлющих моделей, модель Архимеда может считаться наиболее показательной.

Заключение

За последние десятилетия были опубликованы многочисленные работы по математическим моделям и компьютерным алгоритмам, используемых в диабетологии. В настоящем обзоре авторы попытались дать неисчерпывающую панораму работ, которые использовали математическое моделирование для различных аспектов диабета, включая глюкозо-инсулиновую динамику, функцию β -клеток, эпидемиологию сахарного диабета, лечение и бремя диабета и его осложнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. World Health Organization. The world health report 2003: Today's challenges. [Электронный ресурс]. Geneva: World Health Organization; 2003. Доступно по: <http://www.who.int/whr/2003/en>.
2. International Diabetes Federation. IFD report 2003. [Электронный ресурс]. Доступно по: <http://www.idf.org/home/index.cfm>.
3. Boutayeb A., Boutayeb S. The burden of non-communicable diseases in developing countries. *International Journal of Equity in Health*. 2005; 2:2.
4. Ratner R.E. Type 2 diabetes mellitus: the grand overview. *Diabet Med*. 1998; 14:54–57.
5. Jiwa F. Diabetes in the 1990s — an overview. *Stat Bull Metrop Co*. 1997;78(1):2–8.
6. The Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. Report of the Expert Committee on the diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. *Diabetes Care*. 1997; 20:1183–1197.
7. Bergman R.N., Finegood D.T., Ader M. Assessment of Insulin Sensitivity In Vivo. *Endocrine Reviews*. 1985;6(1):45–86.
8. Bergman R.N. The minimal model: yesterday, today, and tomorrow. In: Bergman R.N., Lovejoy J.C., editors. *The minimal model Approach and Determination of Glucose Tolerance*. Boston: Louisiana State University Press; 1997. p. 3–50.
9. Bergman R.N. The minimal model of glucose regulation: a biography. In: Novotny, Green, editors. *Mathematical Modeling in Nutrition and Health*. Boston: Kluwer Academic/Plenum; 2001.
10. Nucci G., Cobelli C. Models of subcutaneous insulin kinetics: a critical review. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2000; 62:249–257.
11. Sundell J., Knuuti J. Insulin, and myocardial blood flow. *Cardiovascular Research*. 2003;57(2):312–319.
12. Finegood D.T. Application of the minimal model of glucose kinetics. In: Bergman R.N., Lovejoy J.C., editors. *The minimal model Approach and Determination of Glucose Tolerance*. Boston: Louisiana State University Press; 1997. p. 51–122.
13. Mari A. Mathematical modelling in glucose metabolism and insulin secretion. *Current Opinion Clinical Nutrition Metabolism Care*. 2002; 5:495–501.
14. Lehmann E.D., Deutsch T. Application of computers in diabetes care: a review. II, Computers for decision support and education. *Med Inform*. 1995; 20:303–329.
15. Bellazzi R., Nucci G., Cobelli C. The Subcutaneous Route to Insulin Dependent Diabetes Therapy: Closed-Loop and Partially Closed-Loop Control Strategies for insulin Delivery and Measuring Glucose Concentration. *IEEE Engng Medicine Biol*. 2001;20(1):54–64.
16. Parker R.S., Doyle III F.J., Peppas N.A. The Intravenous Route to Blood Glucose Control: A Review of Control Algorithms for Noninvasive Monitoring and Regulation in Type 1 Diabetic Patients. *IEEE Engineering in Medicine and Biology*. 2001;20(1):65–73.
17. Koschinsky T., Heinemann L. Sensors for glucose monitoring: technical and clinical aspects. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*. 2001; 17:113–123.
18. Palerm CCR. Drug Infusion Control: An Extended Direct Model Reference Adaptive Control Strategy. Ph.D. Thesis. Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, New York; 2003. p. 45–60.
19. Makroglou A., Li J., Kuang Y. Mathematical models and software tools for the glucose-insulin regulatory system and diabetes: an overview. *Applied Numerical Mathematics*. 2006; 56:559–573.
20. Kalergis M., De Grandpre E., Andersons C. The Role of the Glycemic Index in the Prevention and Management of Diabetes: A Review and Discussion. *Canadian Journal of Diabetes*. 2005;29(1):27–38.
21. Atun R, Guroi-Urganci I. Health expenditure: an 'investment' rather than a cost? *International Economics Programme*; 2005. IEP XP 05/01.
22. Boutayeb A. The double burden of communicable and non-communicable diseases in developing countries: A review. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. 2006; 100:191–199.

© Решетников Владимир Валентинович; Дементьев Никита Александрович; Махматов Олег Владимирович;
Стернин Вадим Евгеньевич (health_informatics@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНСЕРВАТИВНОЙ ТАКТИКИ В ЛЕЧЕНИИ ОСТРОГО АППЕНДИЦИТА, ШКАЛЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ АППЕНДИКСА

POSSIBILITIES OF USING CONSERVATIVE TACTICS IN THE TREATMENT OF ACUTE APPENDICITIS, SCALES FOR ASSESSING THE CONDITION OF THE APPENDIX

**S. Khilko
D. Mustafaev
D. Umerova
S. Eminov**

Summary. Acute appendicitis remains one of the most common surgical pathologies requiring surgical intervention. However, recent decades have seen an increase in interest in conservative treatments for this disease, which calls into question traditional approaches to its treatment. Conservative tactics, including antibiotic therapy, can be an effective alternative to surgery, especially in cases of early stages of the disease or in patients with a high risk of complications. At the same time, the need for accurate diagnosis and assessment of the condition of the appendix becomes critically important for choosing the optimal treatment strategy. To do this, various scales and systems are used to objectively assess the degree of inflammation and determine whether conservative therapy is suitable for the patient. The article discusses the possibilities of using conservative tactics in the treatment of acute appendicitis, including the role of modern scales for assessing the condition of the appendix, such as RIPASA, Alvar.

Keywords: acute appendicitis, Alvarado, assessment scales, surgical intervention, ultrasound examination (ultrasound), computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI).

Хилько Сергей Сергеевич

кандидат медицинских наук, доцент,
Крымский федеральный университет
имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
ta.cfuv.ru@mail.ru

Мустафаев Дилявер Айдеревич

Крымский федеральный университет
имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
dilyavermustafaev921@icloud.com

Умерова Джемиле Мустафаевна

Крымский федеральный университет
имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
dzhemile.umerova.02@mail.ru

Эминов Селим Рустемович

Крымский федеральный университет
имени В.И. Вернадского, г. Симферополь
eminov.2282@mail.ru

Аннотация. Острый аппендицит остается одной из наиболее распространенных хирургических патологий, требующих оперативного вмешательства. Однако последние десятилетия отмечаются ростом интереса к консервативным методам лечения этого заболевания, что ставит под вопрос традиционные подходы к его лечению. Консервативная тактика, включающая антибиотикотерапию, может быть эффективной альтернативой хирургическому вмешательству, особенно в случаях ранних стадий заболевания или у пациентов с высоким риском осложнений. Вместе с тем необходимость в точной диагностике и оценке состояния аппендикса становится критически важной для выбора оптимальной стратегии лечения. Для этого используются различные шкалы и системы, позволяющие объективно оценить степень воспаления и определить, подходит ли пациенту консервативная терапия. В статье рассматриваются возможности использования консервативной тактики в лечении острого аппендицита, включая роль современных шкал оценки состояния аппендикса, таких как RIPASA, Альвардо и AIR, а также представляется оценка диагностических шкал состояния аппендикса на основе современных методов визуализации, включая ультразвуковое исследование (УЗИ), компьютерную томографию (КТ) и магнитно-резонансную томографию (МРТ) [1].

Ключевые слова: острый аппендицит, Альвардо, шкалы оценки, хирургическое вмешательство, ультразвуковое исследование (УЗИ), компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ).

Введение

Острый аппендицит остается одним из самых распространенных хирургических заболеваний, требующих неотложной медицинской помощи. Традиционным методом лечения является хирургическое вмешательство — аппендэктомия. Однако в последние десятилетия появился интерес к консервативному лечению острого аппендицита, что может быть оправдано в некоторых клинических ситуациях, например, при флегмонозной форме заболевания, отсутствии перфорации и других осложнений. Для правильного выбора метода лечения и оценки состояния пациента необходимо использовать точные диагностические методы. В этой связи особую роль играют методы визуализационной диагностики, такие как УЗИ, КТ и МРТ. Данная статья посвящена обсуждению возможности использования консервативной тактики в лечении острого аппендицита и критериев оценивания состояния аппендикса с помощью УЗИ, КТ и МРТ.

Консервативное лечение острого аппендицита в последние годы приобретает все большую популярность, особенно при недифференцированном диагнозе или в случаях, когда хирургическое вмешательство сопряжено с высокими рисками. Метод консервативной терапии включает в себя назначение антибиотиков, симптоматическое лечение и наблюдение пациента. Основным показанием для консервативного лечения является флегмонозная форма острого аппендицита, отсутствие перфорации и абсцессов. При наличии перфорации или развившихся осложнений (перитонит, абсцесс) консервативная терапия не является эффективной, и показана экстренная аппендэктомия [2,3].

Преимущества консервативного лечения включают:

- Снижение риска хирургических осложнений (кровотечения, инфицирование раны, послеоперационные абсцессы).
- Меньшая длительность госпитализации.
- Возможность проведения лечения у пациентов с высоким риском операции (пожилые люди, ослабленные больные, пациенты с хроническими заболеваниями).

Однако консервативное лечение также имеет ряд ограничений, таких как возможность поздней диагностики осложнений и необходимость строгого клинического наблюдения, что подчеркивает важность точных методов диагностики.

Для повышения точности диагностики и выбора оптимальной тактики лечения острого аппендицита разработаны специальные шкалы оценки. Эти шкалы основываются на сочетании клинических и лабораторных данных с современными методами визуализации,

такими как ультразвуковое исследование (УЗИ), компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ). Они помогают объективно оценить состояние аппендикса, выявить возможные осложнения и определить наиболее подходящий подход к лечению.

Цель исследования: провести анализ литературных данных, посвященных оценочным шкалам возможностям использования консервативной тактики в лечении острого аппендицита, а также рассмотреть шкалы оценки состояния аппендикса для оптимизации диагностики и выбора тактики лечения.

1. Изучить актуальные шкалы, используемые для оценки состояния аппендикса, с целью оптимизации диагностики.
2. Рассмотреть их эффективность в выборе наиболее подходящей тактики лечения (консервативной или хирургической).
3. Разработать универсальную оценочную шкалу, основанную на данных ультразвукового исследования (УЗИ), компьютерной томографии (КТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ), для повышения точности диагностики и стандартизации лечебного подхода.

Разработка новой шкалы будет направлена на интеграцию диагностических критериев, полученных различными методами визуализации, для создания эффективного инструмента, который позволит не только своевременно выявлять патологию, но и принимать взвешенные решения о дальнейшем лечении.

Методы

Для достижения поставленной цели проведен систематический поиск и анализ результатов публикаций и онлайн ресурсов за период с 2019 по 2024 годы. Все публикации были индексируются в базе данных PubMed, e-Library, Scholar.

Основная часть

Значение шкал оценки состояния аппендикса

Шкалы позволяют стандартизировать диагностику аппендицита, улучшить прогнозирование осложнений и минимизировать случаи необоснованных хирургических вмешательств. Они помогают врачам объективно оценить вероятность воспаления аппендикса и выбрать оптимальную стратегию: консервативное лечение или оперативное вмешательство.

Основные шкалы оценки состояния аппендикса:

Шкала Альвардо (Alvarado Score) — одна из наиболее широко применяемых систем оценки вероятности

острого аппендицита. Включает восемь параметров, разделённых на три группы: симптомы, клинические признаки и лабораторные данные [4,5,8].

Каждому из параметров присваивается определённое количество баллов:

1. Симптомы: миграция боли в правую подвздошную область (1 балл), анорексия (1 балл), тошнота/рвота (1 балл).
2. Признаки: болезненность в правой подвздошной области (2 балла), повышение температуры тела (1 балл).
3. Лабораторные данные: лейкоцитоз (2 балла), сдвиг лейкоцитарной формулы влево (1 балл).

Максимальное количество баллов — 10.

Пороговые значения используются следующим образом:

- 0–4 балла: низкая вероятность аппендицита, не требуется дополнительное вмешательство.
- 5–6 баллов: подозрение на аппендицит, рекомендуется наблюдение и дополнительная диагностика.
- 7–10 баллов: высокая вероятность аппендицита, показана срочная аппендэктомия.

Преимущества и ограничения:

Преимущества Шкалы Альвардо заключаются в её простоте и универсальности, что делает её удобной для использования в условиях ограниченного доступа к визуализационным методам. Однако чувствительность шкалы может снижаться у женщин, детей и пожилых пациентов из-за атипичного течения аппендицита. Для повышения точности диагностики рекомендуется комбинировать шкалу с методами визуализации, такими как УЗИ и КТ.

RIPASA (Raja Isteri Pengiran Anak Saleha Appendicitis) — диагностическая шкала, была разработана для повышения точности диагностики острого аппендицита, особенно в условиях с ограниченным доступом к высокотехнологичным методам. Она предназначена для использования в странах Азии, однако доказала свою эффективность и в других регионах благодаря высокому уровню чувствительности и простоте применения [6,9].

Структура шкалы

RIPASA включает 14 параметров, оцениваемых в баллах. Шкала охватывает клинические симптомы, физикальные признаки, лабораторные данные и дополнительные факторы, такие как возраст, пол и статус иностранца.

Основные параметры включают:

- Боль в правой подвздошной области (1 балл);
- Тошнота и рвота (1 балл);
- Локальная болезненность (1 балл);
- Повышение температуры тела (1 балл);
- Лейкоцитоз (2 балла);
- Ультразвуковые данные об увеличенном аппендиксе (2 балла).

Максимальная сумма баллов составляет 17, при этом:

- <7 баллов — низкий риск аппендицита;
- 7–11 баллов — умеренный риск, требуется наблюдение и дополнительные исследования;
- >12 баллов — высокая вероятность, показана аппендэктомия.

Преимущества и ограничения:

RIPASA имеет чувствительность до 97,5 %, что делает её более точной по сравнению с Альвардо-шкалой. Она особенно полезна при атипичных симптомах аппендицита или у пациентов из групп риска (дети, пожилые). Однако её специфичность ниже, что может приводить к увеличению количества ложноположительных результатов, особенно в популяциях с низкой распространённостью аппендицита. Именение в клинической практике.

Шкала AIR (Appendicitis Inflammatory Response) — это клинический инструмент, для оценки вероятности острого аппендицита, который делает акцент на маркеры воспаления. Разработанная как альтернатива Альвардо и RIPASA, она демонстрирует высокую точность в прогнозировании степени воспаления аппендикса и риска осложнений. AIR-шкала используется в сочетании с клиническими и визуализационными методами диагностики, такими как УЗИ и КТ, что позволяет минимизировать диагностические ошибки и улучшить исходы лечения [7,10].

AIR-шкала оценивает семь параметров, включая клинические признаки и лабораторные показатели:

- Боль в правой подвздошной области (1 балл);
- Тошнота и рвота (1 балл);
- Повышение температуры тела >38°C (1 балл);
- Локальная болезненность в правой подвздошной области (1 балл);
- С-реактивный белок >10 мг/л (2 балла);
- Нейтрофилёз >70 % (2 балла);
- Лейкоцитоз >10×10⁹/л (1 балл).

Максимальная сумма баллов составляет 12.

Вероятность аппендицита делится на категории:

- <5 баллов: низкая вероятность, показано наблюдение.
- 5–8 баллов: умеренная вероятность, рекомендуется визуализация (УЗИ или КТ).

- >8 баллов: высокая вероятность, показана аппендэктомия.

Результаты

Для более точной диагностики и прогноза состояния аппендикса значительную роль играют визуализационные методы, включая МРТ, КТ и УЗИ. Мы разработали оценочную шкалу для анализа состояния аппендикса на основе данных этих исследований.

Оценочная шкала состояния аппендикулярного отростка по данным МРТ может включать следующие критерии:

0 баллов — Нормальное состояние

- Отросток не увеличен, стенки равномерно утолщены, без признаков воспаления.
- Отсутствие жидкости вокруг отростка.
- Нормальная интенсивность сигнала.

1 балл — Легкое воспаление

- Увеличение диаметра отростка (до 6 мм).
- Легкое утолщение стенок.
- Наличие небольшого количества жидкости (до 5 мм) вокруг отростка.

2 балла — Умеренное воспаление

- Увеличение диаметра отростка (6–10 мм).
- Утолщение стенок более 2 мм.
- Наличие жидкости вокруг отростка (до 10 мм).
- Возможно присутствие лимфоузлов вблизи.

3 балла — Выраженное воспаление

- Значительное увеличение диаметра отростка (более 10 мм).
- Сильное утолщение стенок (более 3 мм).
- Обширное скопление жидкости вокруг отростка (более 10 мм).
- Наличие абсцесса или перфорации.

4 балла — Гангренозное воспаление

- Очень выраженное увеличение диаметра отростка.
- Наличие некротических изменений в стенках.
- Признаки перфорации или образования свища.
- Обширное скопление жидкости, включая абсцесс.

Интерпретация результатов:

- 0–1 балл: Нормальное состояние или легкое воспаление — наблюдение.
- 2–3 балла: Умеренное до выраженного воспаления — возможно, требуется оперативное вмешательство.
- 4 балла: Гангренозное воспаление — неотложное хирургическое вмешательство обязательно

Эта шкала может быть адаптирована в зависимости от конкретных клинических условий и рекомендаций специалистов.

Оценочная шкала состояния аппендикулярного отростка по данным УЗИ:

1. Размер аппендикулярного отростка:

- Нормальный: Диаметр до 6 мм.
- Умеренно расширен: Диаметр от 6 до 9 мм.
- Выраженно расширен: Диаметр более 9 мм.

2. Эхогенность стенок аппендикулярного отростка:

- Нормальная: Однородная структура стенок, отсутствие утолщений.
- Умеренное утолщение: Небольшие изменения эхогенности стенок (легкое утолщение).
- Выраженное утолщение: Значительное утолщение стенок отростка с возможным неравномерным эхогенным рисунком (отражает воспаление).

3. Наличие свободной жидкости:

- Отсутствует: нет жидкости в брюшной полости.
- Присутствует: Обнаружена незначительная свободная жидкость, возможно из-за локального воспаления.
- Выраженная жидкость: Значительное количество свободной жидкости, что может свидетельствовать о перфорации или перитоните.

4. Признаки инфильтрации и абсцесса:

- Отсутствуют: Отсутствие признаков инфильтрации или абсцесса.
- Умеренная инфильтрация: Локальная инфильтрация вокруг отростка, но без четко выраженных абсцессов.
- Выраженная инфильтрация/абсцесс: четко выраженная инфильтрация тканей или наличие абсцесса в области аппендикса.

5. Динамика изменения признаков:

- Стабильное состояние: Отсутствие изменений в динамике, признаки, выявленные на первичном УЗИ, остаются без изменений.
- Прогрессирующее ухудшение: Увеличение размера аппендикулярного отростка или ухудшение состояния стенок на повторных исследованиях.
- Обратное развитие: Снижение размеров отростка или нормализация структуры стенок, что может свидетельствовать о саморазрешении воспаления.

Интерпретация шкалы:

- 0–3 балла: Нормальное состояние аппендикулярного отростка (норма или незначительное воспаление).
- 4–6 баллов: Умеренное воспаление, возможный риск развития острого аппендицита.
- 7–9 баллов: Выраженные признаки острого воспаления или осложнений (перфорация, абсцесс, перитонит).

Оценочная шкала состояния аппендикулярного отростка по данным КТ:

Критерии оценки:

1. Диаметр аппендикса:
 - Нормальный (менее 6 мм) — 0 баллов.
 - Увеличенный (6–10 мм) — 1 балл.
 - Резко увеличенный (более 10 мм) — 2 балла.
2. Наличие воспалительных изменений в стенке аппендикса:
 - Нет изменений — 0 баллов.
 - Умеренные изменения (утолщение стенки до 4 мм) — 1 балл.
 - Значительные изменения (утолщение стенки более 4 мм, некроз) — 2 балла.
3. Перфорация аппендикса (наличие утечек контраста или жидкости):
 - Отсутствует — 0 баллов.
 - Небольшая перфорация — 2 балла.
 - Явная перфорация с образованием абсцесса — 3 балла.
4. Наличие парааппендикулярного воспаления (жировая инфильтрация, отек):
 - Нет воспаления — 0 баллов.
 - Умеренная инфильтрация жировой ткани — 1 балл.

- Выраженная инфильтрация с образованием флегмоны — 2 балла.
5. Наличие абсцесса или флегмоны в области аппендикса:
 - Нет абсцесса — 0 баллов.
 - Небольшой абсцесс или флегмона — 2 балла.
 - Образование крупного абсцесса — 3 балла.
 6. Состояние окружающих тканей:
 - Без изменений — 0 баллов.
 - Легкие изменения (отек, небольшая воспалительная реакция) — 1 балл.
 - Выраженные изменения (массивное воспаление или гангрена) — 2 балла.

Интерпретация шкалы:

- 0–3 балла — Низкий риск воспаления аппендикса, возможна консервативная терапия.
- 4–6 баллов — Средний риск, рекомендуется продолжить мониторинг, возможно проведение дополнительных исследований или лечение.
- 7–10 баллов — Высокий риск осложнений, показана операция.

Интерпретация:

1. МРТ:
 - 0–1 балл: Нормальное состояние или легкое воспаление — наблюдение.

Таблица 1.

Шкала бальной оценки состояния аппендикулярного отростка по данным МРТ, УЗИ и КТ

Баллы	МРТ	УЗИ	КТ
0	Нормальное состояние: отросток не увеличен, стенки утолщены равномерно, без признаков воспаления, нет жидкости вокруг отростка, нормальная интенсивность сигнала.	Нормальный размер: до 6 мм, нормальная эхогенность стенок, нет свободной жидкости, отсутствуют признаки инфильтрации или абсцесса, стабильное состояние.	Нормальный размер: менее 6 мм, отсутствие воспалительных изменений в стенке, нет перфорации, отсутствие воспаления в окружающих тканях.
1	Легкое воспаление: увеличение диаметра отростка (до 6 мм), легкое утолщение стенок, небольшое количество жидкости (до 5 мм) вокруг отростка.	Умеренно расширен: от 6 до 9 мм, умеренное утолщение стенок, незначительная жидкость вокруг отростка, умеренная инфильтрация, стабильное состояние.	Увеличение диаметра (6–10 мм), умеренные изменения стенки (утолщение до 4 мм), небольшая перфорация, умеренная инфильтрация жировой ткани.
2	Умеренное воспаление: увеличение диаметра отростка (6–10 мм), утолщение стенок более 2 мм, наличие жидкости (до 10 мм).	Выражено расширен: от 9 мм и более, выраженное утолщение стенок, наличие свободной жидкости (признаки воспаления), выраженная инфильтрация/абсцесс.	Увеличение диаметра (6–10 мм), значительное утолщение стенки (более 4 мм), наличие воспаления, небольшая перфорация, наличие абсцесса или флегмоны.
3	Выраженное воспаление: значительное увеличение диаметра отростка (более 10 мм), сильное утолщение стенок (более 3 мм), обширное скопление жидкости вокруг отростка, возможно наличие абсцесса или перфорации.	Выражено расширен: более 9 мм, выраженные изменения эхогенности стенок, обширное количество жидкости (признаки перфорации), инфильтрация/абсцесс.	Резкое увеличение диаметра (более 10 мм), выраженные изменения стенки (неравномерное утолщение, некроз), значительная перфорация с образованием абсцесса, выраженная инфильтрация, крупный абсцесс.
4	Гангренозное воспаление: очень выраженное увеличение диаметра отростка, наличие некротических изменений, признаки перфорации или свища, обширное скопление жидкости, включая абсцесс.	Очень выраженные изменения: крупный абсцесс, некротические изменения, перфорация, обширное количество жидкости, выраженная инфильтрация и воспаление.	Очень выраженные изменения: массивное воспаление, некроз, перфорация с образованием крупного абсцесса или флегмоны.

- 2–3 балла: Умеренное до выраженного воспаления — возможно, требуется оперативное вмешательство.
 - 4 балла: Гангренозное воспаление — неотложное хирургическое вмешательство обязательно.
2. УЗИ:
- 0–3 балла: Нормальное состояние аппендикулярного отростка (норма или незначительное воспаление).
 - 4–6 баллов: Умеренное воспаление, возможный риск развития острого аппендицита.
 - 7–9 баллов: Выраженные признаки острого воспаления или осложнений (перфорация, абсцесс, перитонит).
3. КТ:
- 0–3 балла: Низкий риск воспаления аппендикулярного отростка, возможна консервативная терапия.
 - 4–6 баллов: Средний риск, рекомендуется продолжить мониторинг, возможно проведение дополнительных исследований или лечение.
 - 7–10 баллов: Высокий риск осложнений, показана операция.

Таблица 2.

Оценочная шкала состояния аппендикулярного отростка

	УЗИ	КТ	МРТ
Нормальное состояние	0–3 балла	0–3 балла	0–1 балл
Умеренное состояние	4–6 баллов	4–6 баллов	2–3 балла
Гангренозное состояние	7–9 баллов	7–10 баллов	4 балла

Выводы

Анализ литературы показал, что в последние годы наблюдается рост интереса к применению консервативной тактики в лечении острого аппендицита. В ряде исследований было продемонстрировано, что консервативное лечение, включающее антибактериальную терапию, может быть эффективным у определённой группы пациентов, особенно с минимальными клиническими проявлениями и без признаков перфорации аппендикса. Однако вопросы выбора консервативного лечения остаются предметом дискуссий среди хирургов, поскольку риск развития осложнений (например, перфорации, перитонита) остаётся высоким при отсутствии хирургического вмешательства.

Что касается шкал оценки состояния аппендикса, то в литературе рассматриваются различные системы для оценки воспаления и степени повреждения аппендикса, включая шкалы с балльной системой. Эти шкалы позволяют более объективно определить необходимость хирургического вмешательства, учитывая степень воспаления и клинические проявления заболевания. Разработка и использование таких шкал могут значительно улучшить выбор тактики лечения и помочь в принятии решения о переходе от консервативной терапии к хирургическому вмешательству, в случае ухудшения состояния пациента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каминский М.Н. Консервативное лечение острого аппендицита, 10 лет спустя / М.Н. Каминский // Дальневосточный медицинский журнал. — 2023. — № 1. — С. 12–21.
2. Актуальные проблемы острого аппендицита (по материалам клиники) / А.Г. Бутырский, М.Д. Хакимов, С.С. Хилько, И.И. Фомочкин, А.Н. Скоромный // Таврический медико-биологический вестник. — 2018. — Т. 21, № 1. — С. 28–35.
3. Чавкунькин Ф.П. Результаты лапароскопической аппендэктомии при лечении острого аппендицита / Ф.П. Чавкунькин, А.Д. Зюсюкина, В.Ф. Чавкунькин // Актуальные вопросы хирургии: Сборник статей, посвященный 90-летию со дня рождения почетного профессора КрасГМУ им. профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России Марка Израилевича Гульмана / Министерство здравоохранения Красноярского края; Красноярское региональное отделение Российского общества хирургов. — Красноярск: Типография «Версо», 2021. — С. 240–243.
4. Impact of the Alvarado score on the diagnosis of acute appendicitis: comparing clinical judgment, Alvarado score, and a new modified score in suspected appendicitis: a prospective, randomized clinical trial / E. Mân, Z. Simonka, A. Varga [et al.] // Surg. Endosc. 2014. Vol. 28, № 8. P. 2398–2405.
5. Noori I.F., Jabbar A.S., Noori A.F. Clinical scores (Alvarado and AIR scores) versus imaging (ultrasound and CT scan) in the diagnosis of equivocal cases of acute appendicitis: a randomized controlled study. *Ann Med Surg (Lond)*. 2023 Mar 14;85(4):676–683.
6. Mehbub H., Baig A.A., Khalid R. et al. A Comparison of the Modified Alvarado Score and the Raja Isteri Pengiran Anak Saleha Appendicitis (Ripasa) Score in a Southeast Asian Population with Histopathology as the Gold Standard. *Cureus*, 2023, № 15(10), e46715.
7. Andersson M., Kolodziej B., Andersson R.E. Validation of the Appendicitis Inflammatory Response (AIR) Score. *World J Surg*. 2021 Jul;45(7):2081–2091.
8. Gupta S., Kolli V.S., Da Costa K. et al. A systematic review and meta-regression for validation of the Alvarado score as a tool for predicting acute appendicitis. *Ann Med Surg (Lond)*, 2023, № 85(2), pp. 111–121.
9. Díaz-Barrientos C.Z., Aquino-González A., Heredia-Montaña M., Navarro-Tovar F., Pineda-Espinosa M.A., Espinosa de Santillana I.A. The RIPASA score for the diagnosis of acute appendicitis: A comparison with the modified Alvarado score. *Rev Gastroenterol Mex (Engl Ed)*. 2018 Apr-Jun;83(2):112–116.
10. Alemrajabi M., Zadeh M.K., Davani S.Z., Nasiri F., Riazi S., Nasiri M. Comparison of Appendicitis Inflammatory Response (AIR) and Lintula scoring systems in diagnosing acute appendicitis among children. *J Med Life*. 2022 Apr;15(4):443–447.

© Хилько Сергей Сергеевич (ma.cfuv.ru@mail.ru); Мустафаев Диявер Айдеревич (dilyavermustafaev921@icloud.com); Умерова Джемиле Мустафаевна (dzhemile.umerova.02@mail.ru); Эминов Селим Рустемович (eminov.2282@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВИДЕОТОРАКОСКОПИЧЕСКАЯ НИЖНЯЯ ЛОБЭКТОМИЯ ПРИ РЕДКОЙ ВРОЖДЕННОЙ ГЕРМИНОГЕННОЙ ОПУХОЛИ (ЗРЕЛОЙ ТЕРАТОМЕ ЛЕГКОГО) У МОЛОДОЙ ПАЦИЕНТКИ

VIDEOTHORACOSCOPIC LOWER LOBECTOMY WITH A RARE CONGENITAL GERMINOGENIC TUMOR (MATURE LUNG TERATOMA) A YOUNG PATIENT

**A. Khmara
D. Mudrak
S. Kapralov
M. Polidanov**

Summary. A clinical case of a rare intrapulmonary pathology (teratoma) containing the presence of many mature tissues belonging to different germ leaves is presented. Given the volume, the heterogeneous structure of the pathological formation, and the high probability of critical bleeding, the optimal volume of surgery (inferior lobectomy) was chosen instead of atypical lung resection. At the preoperative stage, it was not possible to diagnose the nature of the pathological formation. The final diagnosis was verified by histological examination.

Keywords: mature lung teratoma, thoracoscopy, differential diagnosis.

Хмара Артем Дмитриевич
кандидат медицинских наук, врач-хирург торакального хирургического отделения, Университетская клиническая больница № 1 им. С.П. Миротворцева, ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского»
premdania@yandex.ru

Мудрак Дмитрий Андреевич
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского»
Хирург-wh@mail.ru

Капралов Сергей Владимирович
Доктор медицинских наук, доцент, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского»
sergejkapralov@yandex.ru

Полиданов Максим Андреевич
специалист научно-исследовательского отдела, Университет «Реавиз», г. Санкт-Петербург
maksim.polidanoff@yandex.ru

Аннотация. Представлено клиническое наблюдение редкой внутрилегочной патологии (тератомы), содержащей в своем составе присутствие большого количества зрелых тканей, принадлежащих к разным зародышевым листкам. Учитывая объем, неоднородное строение патологического образования, высокую вероятность критического кровотечения, выбран оптимальный объем операции (нижняя лобэктомия) вместо атипичной резекции легкого. На дооперационном этапе диагностировать природу патологического образования не представлялось возможным. Окончательный диагноз был верифицирован при гистологическом исследовании.

Ключевые слова: зрелая тератома легкого, торакоскопия, дифференциальная диагностика.

Введение

Тератома представляет собой врожденную герминогенную опухоль, построенную из различных видов тканей, чужеродных органам или анатомической области, в которых они развиваются. Внутри опухоли могут находиться всевозможные виды тканей, а также жидкость различной консистенции [1]. Частота встречаемости данного образования составляет 24–36 % от общего количества опухолей у детей и 2,7–7 % — у взрослых. Тератомы часто выявляются в тканях яичек, яичников, однако могут возникать и экстрагонадно. В средостении тератомы встречаются в 4–5 % случаев, в легком — еще реже, однако точных данных нет [1].

Впервые тератому легкого (далее — ТЛ) описал Мор в 1839 году [1,3]. Считается, что данная опухоль развивается вследствие многочисленных факторов (генетических, инфекций и патологии плода в утробе матери, радиационной интоксикации, вредных привычек матери и др.). По неизвестным причинам ТЛ обычно поражают верхнюю долю левого легкого [1].

С учетом особенностей гистологического строения различают: зрелые, незрелые тератомы и злокачественные [4,5]. При этом зрелые тератомы считаются доброкачественными опухолями, незрелые рассматриваются как потенциально злокачественные. Хотя озлокачествление наблюдается редко. По гистологическому строению ТЛ, чаще всего, являются зрелыми (табл.1).

Таблица 1.
Классификация тератом согласно ВОЗ
и F. Gonzalez-Crussi

ВОЗ, 2004	
Зрелые Незрелые Тератомы со злокачественной трансформацией	
F. Gonzalez-Crussi, 1984	
I. Доброкачественные тератомы. А. Зрелые — степень нулевая (все составляющие ткани хорошо дифференцированы) — степень первая (очажки незрелых тканей занимают менее 10 % поверхности). Б. Незрелые, доброкачественные — степень вторая (незрелые ткани занимают 10–50 % всей поверхности) — степень третья (более 50 % осмотренной поверхности занимают незрелые ткани с неопределенным метастатическим потенциалом. Доброкачественное течение еще возможно)	II. Злокачественные тератомы А. С очажками клеток герминогенных клеточных опухолей (ГКЛО): — герминома — эмбриональный рак — опухоль желточного мешка — хориокарцинома Б. С негерминогенными компонентами: — саркома — рак — злокачественные эмбриональные опухоли — смешанные. В. Незрелая тератома, злокачественная (незрелая тератома со степенью 3, но метастазирующая)

Изучая данные литературы, мы встретили небольшое количество статей о тератомах средостения [3], единичные публикации о ТЛ [1].

Внутрилегочные тератомы обычно имеют диаметр от 2,8 до 3 см, являются кистозными и многокамерными, но редко могут быть преимущественно твердыми. В 42 % случаев кисты находятся в непрерывном состоянии с бронхами и имеют эндобронхиальный компонент, что приводит к кровохарканью или отхаркиванию волюс, кожного сала [6].

Основным методом лечения является хирургическая резекция; радикальное удаление образования приводит к длительной выживаемости пациентов [7].

Редкий случай врожденной герминогенной опухоли легкого у молодой пациентки позволяет оценить трудности дифференциальной диагностики, в том числе интраоперационно, и роль гистологического исследования для верификации окончательного диагноза.

Клиническое наблюдение

Пациентка С., 18 лет, в ноябре 2023 года госпитализирована в Университетскую клиническую больницу № 1 им. С.Р. Миротворцева ФГБОУ ВО «Саратовский

ГМУ им. В.И. Разумовского» Минздрава России с подозрением на доброкачественное образование нижней доли правого легкого, осложненного дыхательной недостаточностью (далее — ДН). При поступлении были жалобы на умеренную одышку при физической нагрузке. Из анамнеза установлено, что в детстве у пациентки часто болела простудными заболеваниями; последние 6–7 лет неоднократно проходила лечение по поводу нижнедолевой пневмонии справа. Патологическое образование правого легкого диагностировано в 2020 году при прохождении планового флюорографического исследования. В течение последующего времени больная находилась под динамическим наблюдением в амбулаторных условиях. При контрольной компьютерной томографии в октябре 2023 года выявлено увеличение в размерах патологического образования, в связи с чем пациентка была консультирована торакальным хирургом, для определения тактики дальнейшего лечения, в том числе оперативного, направлена на плановую госпитализацию.

При объективном осмотре грудная клетка симметричная, обе половины одинаково участвуют в акте дыхания. Надключичные ямки выражены слабо. Пальпация грудной клетки безболезненная. При аускультации дыхание везикулярное, проводится по всем полям, в нижних отделах справа ослаблено, хрипов нет.

При компьютерной томографии органов грудной клетки, выполненной амбулаторно, в нижней доле правого легкого (S6, S8–10) выявлялась обширная зона инфильтрации округлой формы (сочетание интерстициальной и альвеолярной инфильтрации), меж долевые перегородки утолщены, что предавало сетчатый рисунок пораженному участку легочной ткани. Альвеолярная инфильтрация представлена участком консолидации, на фоне которого видны просветы бронхов. Общий размер участка патологической плотности: 90x100x105 мм.

Ретроспективно отмечено, что при КТ-исследовании в 2020 году преобладал интерстициальный компонент, общие размеры патологического участка увеличились. Очагов в прилежащей легочной ткани правого легкого и в левом легком не выявлено. Корни легких структурны, не расширены. Органы средостения расположены обычно. Жидкостив плевральных полостях не отмечено (рис. 1).

При инструментальных диагностических методах исследования (электрокардиография, ультразвуковое исследование органов брюшной полости, эхокардиография, эзофагогастродуоденоскопия) патологических изменений не выявлено.

При спирометрии у пациентки С. отмечались умеренные нарушения вентиляционной функции по рестриктивному типу.

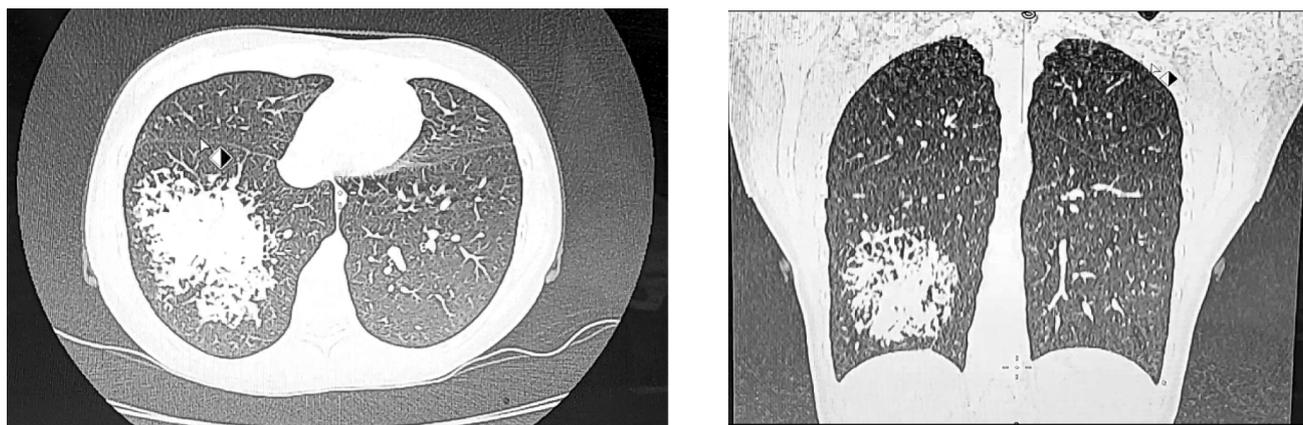


Рис. 1. Результаты компьютерной томографии органов грудной полости до операции:

а) аксиальная проекция; б) фронтальная проекция

(сочетание интерстициальной и альвеолярной инфильтрации, сетчатый рисунок пораженного участка легочной ткани не позволяли однозначно высказаться в пользу определенного диагноза)

С предварительным диагнозом: Новообразование нижней доли правого легкого, осл.: ДН 1, пациентке проведена видеоторакоскопическая расширенная нижняя лобэктомия справа в плановом порядке.

При торакокопии установлено, что правое легкое воздушное, полноценно участвует в акте дыхания, исключая нижнюю долю. Последняя практически полностью представлена новообразованием до 12 см в диаметре, плотноэластической консистенции, плевра нижней доли инъецирована сосудами, местами сливающимися между собой, образуя субплевральные гематомы до 6–9 мм. Лимфатические узлы корня и средостения не увеличены, плеврального выпота не было (рис. 2).

Наличие разросшейся, деформированной и увеличенной венозной сети, субплеврально расположенной.

Учитывая выявленную картину, а также высокую вероятность критического кровотечения, атипичная резекция легкого не показана, выбран оптимальный объем операции — нижняя лобэктомия справа. Выполнена мобилизация нижней доли по меж долевым щели, рана ушита интракорпоральным швом. В корне легкого выделены А6, артерия базальной пирамиды, нижняя легоч-

ная вена. Вышеуказанные сосуды прошиты с помощью аппарата Эшелон флекс 60 кассетой синего цвета. Выделен нижнедолевой бронх, прошит аппаратом Эшелон флекс 45 кассетой зеленого цвета.

Нижняя доля была удалена через дополнительный разрез. Осуществлен контроль азрогемостаза. Плевральная полость дренирована на жидкость и воздух.

При цитологическом исследовании с участка правого легкого отмечались пласты фиброцитов, уплощенный и кубический эпителий. С патологического образования легкого — сплошь эритроциты, пласты клеток эндотелия сосудов, в большом количестве фиброциты, фибробласты (больше данных за гемангиому).

Макроскопическое описание биопсийного (операционного) материала: фрагмент ткани легкого 14x10x1,5 см, красновато-коричневого цвета, на разрезе в удаленной нижней доле легкого определяется патологическое образование, в котором видна полость 9 см в диаметре, содержащая до 300 мл насыщенного геморрагического экссудата, в полость слепо заканчиваются множество сосудов различного диаметра, структура образования неоднородная, с участками хрящевой плотности, наличием мелких деформированных бронхов (рис. 3).

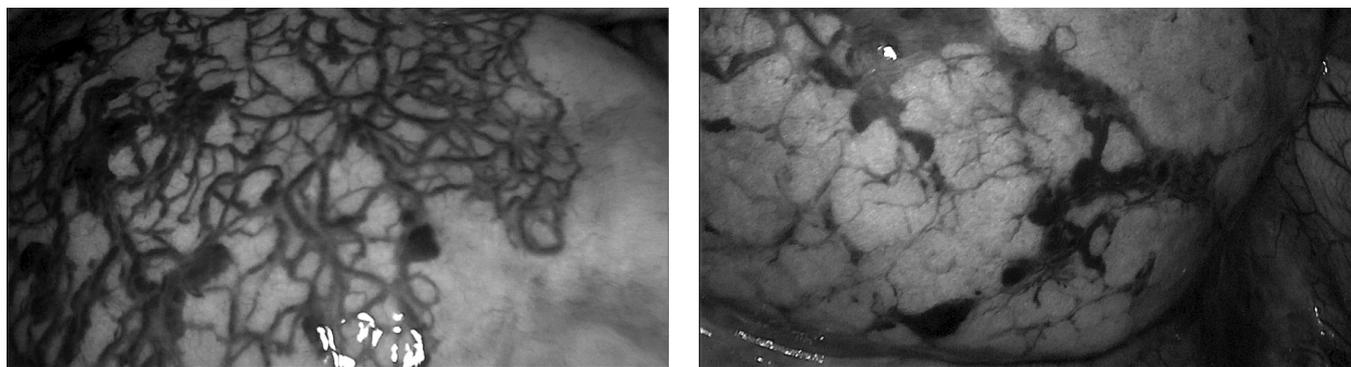


Рис. 2. Интраоперационная картина: а) латеральная поверхность легкого; б) медиальная поверхность легкого

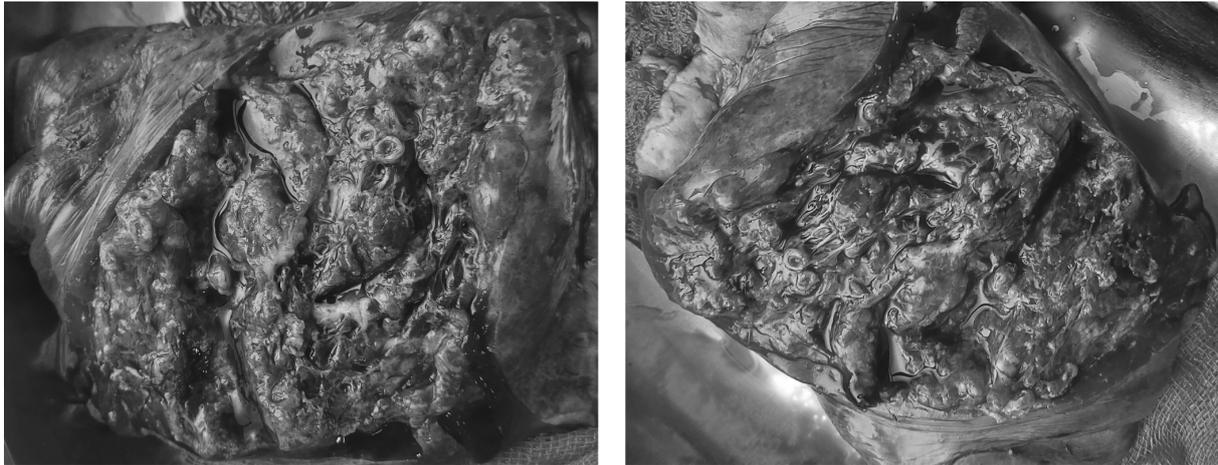


Рис. 3. Послеоперационный материал
Удаленная нижняя доля легкого на разрезе

Микроскопически после изготовления дополнительных гистологических срезов в присланном материале — фрагмент ткани легкого с выраженной воспалительной мононуклеарной инфильтрацией (представленной лимфоцитами, лейкоцитами, базофилами и макрофагами) с участками отложения пигмента буро-коричневого цвета (рис. А). В толще ткани легкого определяется рост новообразования, сформированного из зрелых хрящевой, жировой, соединительной тканей (рис. Б-Д).

Внутри образования отмечались ацинарные железистые структуры, соответствующие по строению бронхи-

альным железам (рис. Д). В структуре новообразования определялись два типа крупных бронхов: содержащие и не содержащие хрящевую ткань. Расположение хрящевой ткани в бронхах не соответствует типичному (Рис. Б, В). Кроме того, в патологическом образовании легкого отмечалось большое количество разнокалиберных полнокровных сосудов и сосудистых полостей (Рис. Б, В, Е). Заключение: Учитывая присутствие большого количества зрелых тканей, принадлежащих к разным зародышевым листкам, но входящим в структуры легкого, данная гистологическая картина соответствует зрелой тератоме легкого.

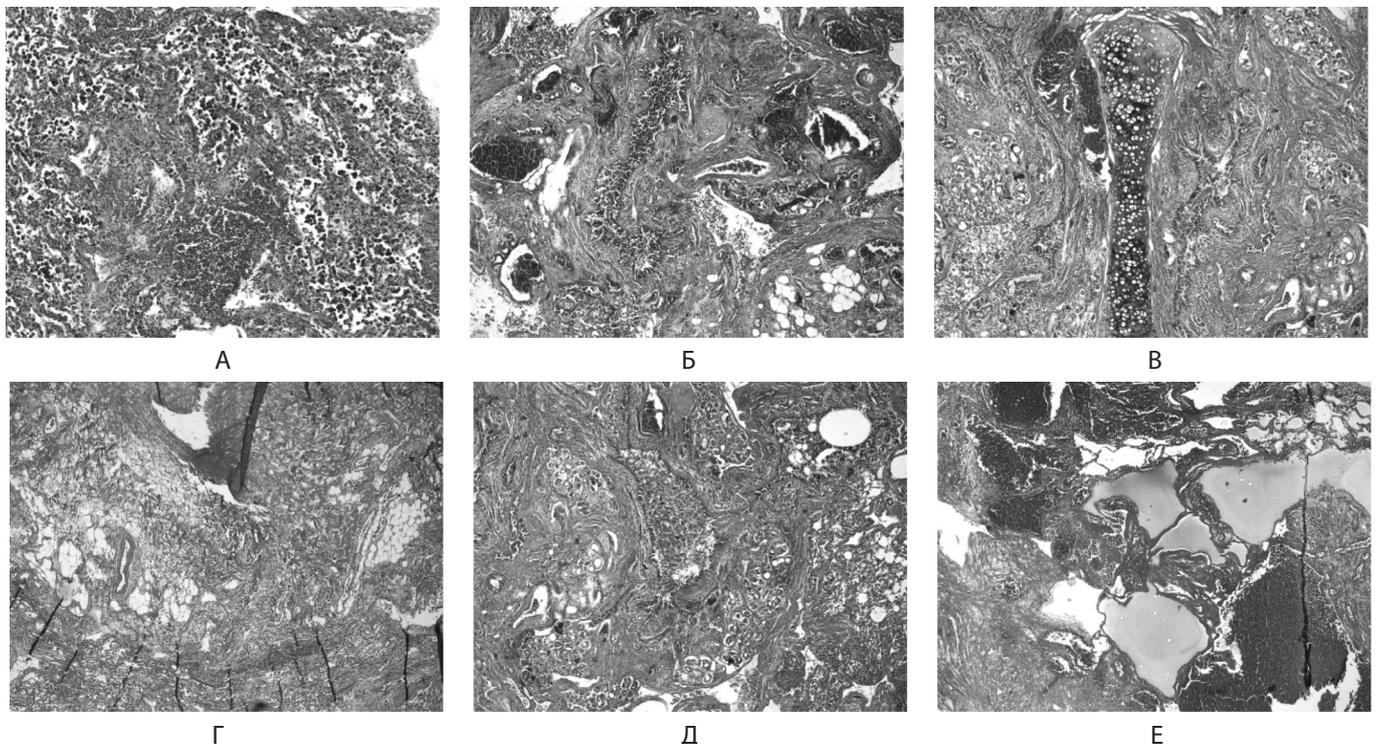


Рис. 4. Микроскопическое исследование гистологических срезов удаленного патологического образования нижней доли справа (А-Е).

В послеоперационном периоде пациентке проводилась интенсивная терапия, направленная на поддержание водно-электролитного состояния, профилактику бактериальных и тромбоэмболических осложнений, активная аспирация, обезбоживание. Послеоперационный период протекал без осложнений, проводился лабораторный, клинический и рентгенологический контроль состояния.

При контрольной рентгеноскопии органов грудной полости определялось состояние после нижней лобэктомии справа, оставшиеся доли правого легкого расправлены, видимые легочные поля прозрачны. Плевральный синус справа запаян, слева — свободен. Диафрагма расположена обычно, подвижна. Размеры сердца в пределах нормы.

Пациентка С. выписана из стационара в удовлетворительном состоянии на 12 сутки с рекомендациями по дальнейшему лечению и наблюдению в амбулаторных условиях.

Через 4 месяца после оперативного вмешательства состояние пациентки удовлетворительное, клинически и рентгенологически патологических изменений со стороны органов грудной полости не выявлено. Ограничений по физической нагрузке нет.

Заключение

Анализ клинических случаев, представленных в литературе, показал, что размеры внутрилегочных тератом варьировали в пределах 5,5–7,5 см. Однако, по данным литературы, патологические образования могут достигать 20 см [1,2,3]. В нашем клиническом случае удаленное патологическое образование до 12 см в диаметре.

Поскольку тератомы легкого, чаще всего, являются доброкачественными, поэтому представляют собой хорошо отграниченные, инкапсулированные, частично кистозные образования. Внутри они могут быть заполнены волосами, салным материалом. При микроскопическом исследовании патологического образования легкого выявляется, что состоит оно из различных тканей (плоского эпителия, хрящевой ткани, салных желез, кальциатов, бронхиальных элементов; даже могут встречаться ткани поджелудочной железы, желудочных желез) [1,6]. Герминогенные опухоли легких обычно возникают во втором-четвертом десятилетиях жизни с наибольшим преобладанием у женщин. Пациенты жалуются на боль в груди, кровохарканье, кашель, а при содержании в опухоли волос, их отхаркивание (трихоптизис) [1].

Одними из трудных для диагностики являются мягкотканые периферические образования легкого с эпителиоидноклеточным типом строения, когда приходится проводить дифференциальный диагноз с карциномами легкого или метастазами, необходимо интраоперационно уточнить доброкачественный или злокачественный характер образования для определения объема оперативного вмешательства. Окончательный диагноз таких образований может быть установлен гистологически, порой, только с использованием иммуногистохимического исследования [8]. Дооперационный или интраоперационный диагноз часто бывает ошибочным [9].

В представленном клиническом случае на дооперационном этапе молодой пациентке 18 лет, которая в течение нескольких лет наблюдалась по поводу выявленного патологического образования, был установлен диагноз новообразования нижней доли правого легкого. Данные результатов компьютерной томографии не позволяли установить диагноз на дооперационном этапе. Интраоперационно проводилась дифференциальная диагностика с ретенционной кистой легкого, саркомой, ангиомой легкого, воспалительной псевдоопухолью. При цитологическом исследовании получено больше данных за гемангиому легкого (сплошь эритроциты, пласты клеток эндотелия, сосуды в большом количестве, фиброциты, фибробласты).

Представленный случай, по нашему мнению, заслуживает внимания, так как демонстрирует редкую врожденную герминогенную опухоль легкого, которая долгое время не проявляется клинически, диагностируется, как правило, у молодых трудоспособных граждан. Учитывая молодой возраст пациентов с данной патологией, актуален вопрос выбора объема оперативного вмешательства с целью максимального сохранения ткани легкого. Продемонстрированное наблюдение указывает на сложность диагностики данного заболевания, даже интраоперационно, важность гистологического исследования для верификации окончательного диагноза, а также показывает широкие возможности торакоскопии для удаления опухолей легких больших размеров с наличием деформированных сосудов и большой вероятностью возникновения кровотечения.

Тератома — крайне редкая опухоль легкого, проявляющаяся у молодых пациентов, которая может привести к большим диагностическим проблемам. Для верификации окончательного диагноза огромное значение имеет гистологическое исследование.

ЛИТЕРАТУРА

1. Saini M.L., Krishnamurthy S., Kumar R.V. Intrapulmonary mature Teratoma. *Diagnostic Patholjgy*. 2006; 1(38).
2. Добродеев А.Ю., Завьялов А.А., Афанасьев С.Г. и др. Случай длительно протекающей тератомы средостения больших размеров. *Сибирский онкологический журнал*. 2004. № 1. С. 44–45.
3. Литовка В.К., Сопов Г.А., Латышов К.В. Тератоидная опухоль средостения у ребенка пяти лет. *Здоровье ребенка*. 2011. 1(28). С. 136–137.
4. Морозов Д.А., Пименова Е.С., Дворяковский И.В. и др. Тиреоидные тератомы у новорожденных. *Детская хирургия*. 2014. № 5. С.33–36.
5. Harms D., Zahn S., Gobel U et al. Pathology and molecular biology of teratomas in childhood and adolescence. *Klin. Padiatr*. 2006. 218 (6). P. 296–302.
6. Moeller K.H., Rosado de Christenson M.L., Templeton P.A: Mature mediastinal teratoma: visualization features. *AJR Am J Roentgenol*. 1997. 169. P. 985–990
7. Takeda S., Miyoshi S., Ohta M. et al. Primary germinogenic tumors in the mediastinum. 50 years of experience working in a Japanese institution. *Cancer*. 2003, 97: 367–376. 10.1002/cncr.11068.
8. Целищева П.В., Хадиева Е.Д., Калининкова М.О. и др. Периферические узловые образования легкого: дифференциальная диагностика склерозирующей гемангиомы и эпителиоидноклеточной гемангиоэндотелиомы (клинические наблюдения, обзор литературы) *Здравоохранение Югры: опыт и инновации. Специальный выпуск*. 2016. С. 86–90.
9. Gao B.L., Hu J.A., Wan H.Y. et al. Pulmonary sclerosing hemangioma report of 15 cases and review of the literature. *Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi*. 2006. Mar. Vol. 29(3). P. 164–166.
10. International classification of oncological diseases. — 2nd ed. — Geneva: WHO, 1995. — 112 p.

© Хмара Артем Дмитриевич (premdania@yandex.ru); Мудрак Дмитрий Андреевич (Хурурр-wh@mail.ru);
Капралов Сергей Владимирович (sergejkapralov@yandex.ru); Полиданов Максим Андреевич (maksim.polidanoff@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОВРЕМЕННЫЕ РАНЕВЫЕ ПОКРЫТИЯ В ЛЕЧЕНИИ ОЖОГОВ И РАН

Хоанг Хю Тоан

Адъюнкт, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия
им. С.М. Кирова», г. Санкт-Петербург
huytoanhoang@gmail.com

Чмырёв Игорь Владимирович

Доктор медицинских наук, доцент,
ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия
им. С.М. Кирова», г. Санкт-Петербург
chmyrev@mail.ru

Савинков Игорь Юрьевич

Адъюнкт, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия
им. С.М. Кирова», г. Санкт-Петербург
igorsavinkov@yandex.ru

WOUND DRESSINGS FOR THE TREATMENT OF BURNS AND WOUNDS

**Hoang Huy Toan
I. Chmyrev
I. Savinkov**

Summary. One of the most important aspects of wound treatment is the use of wound dressings. These dressings protect the wound from infection and create favorable conditions for healing. Along with traditional gauze dressings, various new materials have emerged due to advancements in our understanding of wound healing and technological development. Based on their structural characteristics, dressings can be divided into several types: film, hydrocolloid, alginate, hydrogel, and collagen. This article examines modern wound dressings for burn wounds, their properties, advantages, disadvantages, and specific features of application. Despite the variety of options and advances in wound coatings, there is no one universal dressing suitable for all stages of wound healing or for burns of varying depths. Therefore, the development and research of these dressings continue.

Keywords: wound, burns, wound process, wound dressings, wound healing, wound treatment.

Аннотация. Одним из важнейшим звеньев в лечении ран является раневое покрытие, которое должно защищать рану от инфекции и обеспечивать благоприятные условия для процесса заживления. В настоящее время в медицинской практике наряду с традиционными марлевыми повязками в результате улучшения научного понимания процесса заживления ран и развития технологий появились разнообразные новые перевязочные материалы. В зависимости от особенностей структуры можно выделить несколько видов покрытий: плёночные, гидроколлоидные, альгинатные, гидрогелевые и коллагеновые... Статья рассматривает современные раневые покрытия, применяемые для лечения ран и ожогов, их свойства, преимущества и недостатки и особенности при их использовании. Несмотря на большое количество разновидностей и достижений во внедрении раневых покрытий, на данный момент не существует универсального покрытия, который подходит для использования на всех фазах раневого процесса и ожогах различной глубины. В связи с этим процесс их изучения и совершенствования активно продолжается.

Ключевые слова: рана, ожоги, раневой процесс, раневое покрытие, заживления раны, лечения раны.

Введение

Рана — нарушение целостности кожного покрова или слизистой оболочки в результате физического, механического, термического и других воздействий. Рана может быть острой и хронической [42]. Острая рана возникает внезапно в результате несчастного случая или хирургической травмы и заживает в течение 8–12 недель в зависимости от размера и глубины повреждения. Хронические раны обычно возникают в результате пролежней, язв ног и ожогов, процесс заживления таких ран может быть длительным или не наступать. Ожоги кожи являются одним из наиболее частых видов травмы. По данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно около 11 миллионов человек обращаются за медицинской помощью из-за ожогов

кожи, и примерно 180 тысяч случаев заканчиваются летальным исходом. В РФ ожоги занимают 6–е место (2,0 %) в общей структуре травматизма, что составляет более 300000 пострадавших в год [14]. Заживление ран — это динамичный и сложный процесс восстановления тканей, который состоит из трёх последовательных фаз: воспаления, регенерации и эпителизации. Сроки полного восстановления целостности кожного покрова и качество рубцов во многом определяет течение раневого процесса. При этом важным является выбор средств, применяемых в местном лечении, которое направлено на создание благоприятных условий для самостоятельного заживления. Несмотря на большое количество разновидностей и достижений во внедрении раневых покрытий в лечении ран, на данный момент не существует универсального покрытия, который подходит для

использования на всех фазах раневого процесса и ожогах различной глубины. Поэтому на сегодняшний день исследования и разработка новых классов раневых покрытий активно продолжают. Мотивацией для этого процесса служит стремление достичь создания продукта, который будет соответствовать всем критериям «идеального раневого покрытия», изложенным в международных практических рекомендациях по лечению ожогов кожи 2016 г. [33]:

- Создание оптимальной влажной среды для заживления;
- Не препятствовать обмену кислорода, углекислого газа и паров воды; обеспечивать теплоизоляцию;
- Непроницаемость для микроорганизмов;
- Не содержать загрязняющих частиц; не прилипать к поверхности;
- Безопасность в использовании;
- Приемлемость для пациента;
- Высокая абсорбционная способность;
- Экономически выгодна;
- Возможность наблюдения за состоянием раны;
- Обеспечивать механическую защиту;
- Изготавливаться из негорючих материалов;
- Стерильность;
- Не требуется частая смена;
- Доступность в любых условиях и высокая готовность к использованию.

Цель работы: представить современные виды раневых покрытий, применяемых для местного лечения ран и ожогов.

Материал и методы: проведение поиска и анализа российских и зарубежных научных работ, опубликованных на библиографической и реферативной базе данных рецензируемой научной литературы «Scopus» и «PubMed», на платформе Научной электронной библиотеки (eLIBRARY.ru), научной электронной библиотеке «КиберЛенинка».

Результаты

Плёночные раневые покрытия представляют собой тонкий прозрачный полимерный лист. В качестве полимеров для таких покрытий часто используются хитин, хитозан, коллаген, целлюлоза, полиуретаны и полиэтиленгликоль, ... [13] При выборе материала для раневого покрытия необходимо учитывать не только его физико-химические свойства, но и биосовместимость с тканями организма [17]. Одними из преимуществ пленочных раневых покрытий являются высокая эластичность и прочность, что позволяет использовать повязки на анатомически сложных и подвижных участках тела. Благодаря микроскопически пористой структуре этот вид раневых покрытий обладает высокой газо- и влагопроницаемо-

стью, но при этом надежно защищает рану от проникновения микробов. Проницаемость для водяного пара и кислорода являются важнейшими свойствами для препаратов этой группы, благодаря которым создается микроклимат под пленкой с оптимальной влажностью для процесса заживления, избегая лишнее скопление экссудата или, наоборот, пересыхания раневой поверхности, и с доступом кислорода к раневой поверхности. Еще одно преимущество — прозрачность материалов. Это позволяет контролировать процесс регенерации и вовремя выявлять признаки инфекции в ране [4]. Раневые покрытия данной группы часто применяют для поверхностных ожогов и хирургических слабо экссудирующих ран, ран в третьей фазы раневого процесса (эпителизации) [5]. К основным недостаткам пленочных покрытий относятся низкая абсорбционная способность и необходимо дополнительное вторичное покрытие для фиксации [9, 11].

Среди отечественных пленочных раневых покрытий привлекают внимание раневые покрытия серии «Фолидерм», которые изготавливаются из полиэтилентерефталата толщиной 12–23 микрона путем бомбардировки их высокоэнергетическими ионами (аргон, криптон), пробивающими плёнку насквозь. В местах прохождения отдельных ионов образуются каналы деструктированного материала, называемые треками, которые обеспечивают заданные параметры влаго- и газопроницаемости. Эта мембрана протезирует функцию утраченного рогового слоя эпидермиса посредством ограничения интенсивности влагопотерь из раневой поверхности на уровне от 2,5 до 10,5 г/м² в час [19]. «Фолидерм» предотвращает попаданию внешних микробов в рану за счет малых размеров пор и электростатических зарядов на поверхности. По результатам исследования ряда авторов было установлено, что применение «Фолидерм» способствует более быстрому заживлению поверхностных ожогов (в среднем на 2–3 дня) по сравнению с другими методами лечения [22].

Плёночные покрытия могут включать в свой состав активные компоненты. Среди них можно выделить Arglaes Controlled Release Film Dressing (Maersk Medical — Дания), OpSite CH (Smith & Nephew — Великобритания), DDB — (Polyethylene Dressing Dr. Breitman) и другие. Arglaes Controlled Release Film Dressing представляет собой плёночную повязку, изготовленную на основе неорганических фосфатов натрия и кальция. При контакте с водой соли диссоциируют, высвобождая ионы серебра в окружающую среду. В ходе исследований *in vitro* это раневое покрытие продемонстрировало способность подавлять рост большинства известных гноеродных микроорганизмов, включая *Staphylococcus aureus*, *Proteus*, *Escherichia coli* и *Pseudomonas aeruginosa* [18]

OpSite CH это плёнка, покрытая акриловым адгезивом, который содержит 5 % хлоргексидина ацетата

[18], а DDB (израильское полиэтиленовое покрытие д-ра Брейтмана) представляет собой полиэтиленовую плёнку. На поверхность, обращённую к ране, нанесена сухая смесь, состоящая из талька (95 %) и смеси антимикробных препаратов в равном соотношении (5 %): цефалоспексин, стрептомицин, эритромицин, тетрациклин, ... [20]. Эти антимикробные компоненты помогают предотвратить инфицирование раны, способствуя её быстрому заживлению.

Гидроколлоидные покрытия — это многослойные структуры, состоящие из плёнок, пен и нетканых материалов на основе полиэстера, которые частично проницаемы для водяных паров и газов. Одним из ключевых компонентов покрытия является межфазный слой, образованный гидрофильными коллоидными частицами [26]. Эти частицы изготавливаются из коллагена, желатина, целлюлозы и их производных, что обеспечивает высокую функциональность и эффективность покрытия [35]. Особенность воздействия этого покрытия заключается во взаимодействии коллоидного раствора с раневой поверхностью, где раствор превращается в гель под действием экссудата [16]. Таким образом, с раневой поверхности удаляется избыточная жидкость, при этом поддерживается влажная среда, что обеспечивает атравматичность покрытия [41]. С другой стороны, гидроколлоидные повязки обладают окклюзионными свойствами, что препятствует проникновению воды, бактерий и кислорода в рану. В связи с этим они не могут быть использованы для лечения глубоких ран, особенно инфицированных, которым для ускорения процесса заживления необходим доступ кислорода [46]. Помимо этого, гидроколлоиды способствуют снижению кислотности раневой среды, что может препятствовать размножению бактерий [41]. Поскольку сорбирующая способность гидроколлоидных раневых покрытий относительно невысока их обычно назначают для слабо и умеренно экссудующих ран на второй и третьей фазах заживления, не обширных поверхностных ожогов и ран, а противопоказаны для инфицированных ран, язв диабетической стопы и других экссудующих ран [46].

Один из отечественных представителей этой группы — «Хитоскин-колл». Этот препарат содержит гидроколлоид, в состав которого входят хитозан, факторы роста, а также серебро и церий. [21]. Гидрофильность и наличие катионного заряда позволяют хитозану выступать в роли эффективного носителя для других активных веществ, таких как факторы роста, пептиды и прочие лекарственные компоненты [36]. Результаты исследования ряда авторов убедительно демонстрируют преимущества использования хитозана в местном лечении ран, такие как способность эффективно транспортировать пары воды и соляной кислоты; бактерицидное действие и подавление размножения раневых инфекций; стимуляция процессов пролиферации клеток и предотвращение образования грубых рубцов. [22].

В настоящее время на рынке представлено множество зарубежных гидроколлоидных покрытий. Раневое покрытие Tegасorb 3M американского производителя содержит желатиновые, пектиновые и полисахаридные гранулы в полиизобутиленовой адгезивной массе. Оно тонкое, эластичное, прозрачное, удобное для аппликации и наблюдения за раневым процессом [47]. Другие распространенные гидроколлоидные раневые покрытия: Granuflex и DuoDERM (Convatec — Великобритания), IntraSite (Smith & Nephew, Великобритания), Comfeel Cleanser (Coloplast — Дания), Silkofix Fibrotul-Ag и WD.Ag-silkofix (Pharmaplast SAE — Египет), ... [1]

Альгинатные раневые покрытия: группа биодegradирующих раневых покрытий на основе альгината, получаемого из красных и бурых морских водорослей в виде альгиновой кислоты, которая извлекается в виде смешанных солей натрия и (или) калия, кальция и магния [12, 32]. Альгинат является полисахаридом, отличающимся своими высокими сорбирующими и гемостатическими свойствами [24]. Они также способствуют выработке цитокинов (IL-6, TNF- α и др.), способствуют адгезии клеток за счет имитации ВКМ, стимулируют аутолиз и очищение раны [31].

Один из компонентов в составе покрытия — кальциевая соль альгиновой кислоты: альгинат кальция или комбинацию альгината кальция и альгината натрия. [16]. При наложении покрытия на рану происходит замещение ионов кальция на ионы натрия в экссудате, что приводит к набуханию альгинатных волокон и их переходу в водорастворимую солевую форму — альгинат натрия. Связывая воду, альгинат натрия образует гель [29]. Образовавшийся гель создаёт оптимальную влажность для процесса заживления раны. По мимо этого, благодаря гелю, покрытие не прилипает к ране и не травмирует грануляционную ткань и растущий эпителий во время перевязки. [25]. Альгинатные покрытия также обладают гемостатическим свойством благодаря наличию в составе ионов кальция, которые являются фактором свёртывания крови [48]. Это позволяет использовать их для закрытия кровоточащих ран. А бактериостатическое действие альгинатов определяется тем, что в процессе гелеобразования микроорганизмы включаются в структуру геля [45]. Основными недостатками альгинатных покрытий являются их склонность к фрагментации и высокая растворимость геля в раневом экссудате. В результате этого в ране могут оставаться кусочки повязки, а когда гель теряет свою волокнистую структуру, его абсорбционная и дренажная способности и резко снижаются.

Альгинатные раневые покрытия широко применяются при пролежнях, диабетических и венозных язвах, ожогах, ранах донорского участка, кровоточащих ранах, операционных ранах, а также при ранах с умеренной

и интенсивной экссудацией благодаря своей хорошей абсорбционной способности [44].

Зарубежных препаратов этой группы РП довольно много: Algicell, AlgiSite M (Gentell/Integra LifeSciences — США), Comfeel Plus (Coloplast — Дания), Tegagen, Tegaderm, Fibracol™Plus (3М — США), Curasorb (Cardinal Health — США), и т. д. Представителями отечественного производства являются Альгипор, Альгимаф и Теральгим, которые отличаются своим составом. В состав Альгипора входят альгинат кальция и альгинат натрия в соотношении 3:1, благодаря высокому содержанию водорастворимого альгината натрия, Альгипор хорошо моделируется на раневой поверхности. Альгимаф — это модификация Альгипора, в которую добавлен мафенид ацетата в качестве антимикробного компонента и фенозан в качестве антиоксиданта. А в состав Теральгима входит протеолитический фермент террилитин [20].

Гидрогелевые покрытия состоят из полимеров с гидрофильными центрами, способствующими абсорбировать и удерживать в своей структуре значительное количество воды [3]. Трёхмерный полимерный каркас придает покрытиям механические свойства, такие как способность сохранять форму, прочность, пластичность и упругость [12]. Благодаря высокому содержанию воды в своем составе, гидрогелевые покрытия предотвращают высыхание раны и создают условия, благоприятные для процесса заживления [7, 40], также размягчает некротические ткани, облегчая их механическое удаление [6]. Помимо этого, гидрогель способствует охлаждению и снижению локальной температуры окружающих тканей, что приводит к уменьшению болевого синдрома и предотвращает развитие гнойного процесса в ране [7, 12, 30]. Ещё одно преимущество гидрогелевых покрытий — их прозрачность. Это позволяет легко отслеживать состояние раны, не снимая повязку. Замена покрытия требуется только в случае его помутнения и потери прозрачности, что свидетельствует о насыщении сорбционного слоя геля раневым отделяемым [34, 49]. А в случае необильной экссудации, отсутствия признаков инфекции и прочной фиксации повязки к ранам, её можно оставлять до полной эпителизации ран. Но из-за своей относительно низкой сорбционной способности основное предназначение гидрогелевых повязок — сухая рана и рана с незначительной экссудацией, поверхностные ожоги, хронические язвы, пролежни... [43]. Главным недостатком гидрогелевых покрытий является их способность накапливать экссудат. Это может привести к мацерации и созданию благоприятной среды для размножения бактерий в ране. В результате появляется неприятный запах и инфицирование раны [3, 10]. Кроме того, низкая прочность гидрогелей затрудняет их применение.

В настоящее время выделяют две основные группы гидрогелевых покрытий. Первая группа включает эла-

стичные прозрачные пластины различной толщины, которые состоят из трёхмерной сети, образованной из гидрофильного синтетического или полусинтетического поперечно сшитого полимера (полиакриламида, полиэтиленоксида, агара) [2]. А чтобы уменьшить проницаемость и защитить рану от высыхания, наружную поверхность препаратов покрывают полупроницаемой плёнкой. Некоторые покрытия имеют плёнку с выступающими краями, которые выходят за контуры геля с адгезивом для более надёжной фиксации и сохранения влаги в ране. Представители этой группы: Geliper™ (Geistlich, Великобритания), Vigilon™ (Seton, США), Hydrosorb™ (Hfrtmann, Германия), Opragel™ (Lohmann, Германия), Spenco 2nd Skin™ (Spenco, США), Suprasorb G (Lohmann Rauscher, Австрия, Германия) ...

Вторая группа — препараты в виде морфной массы. Эти аморфные гидрогели состоят из гелеобразующих полимеров (карбоксиметилцеллюлоза, модифицированный крахмал или альгинат), но в отличие от покрытий первой группы они не имеют фиксированной трёхмерной поперечно-сшитой структуры и потому не обладают постоянной формой [37]. Эти гели становятся менее вязкими по мере впитывания, заполняя все углубления в ране. Аморфный гидрогель продолжает впитывать жидкость, теряя когезивные свойства и превращаясь в полимерный раствор в ране [50]. Примерами этой группы могут служить Varihesive hydrogel™, DuoDERM hydrogel™ (ConvaTec, США—Великобритания), Scherisorb™, IntraSite™ Gel (Smith & Nephew, Великобритания), Nu-gel™ (Johnson & Johnson, Великобритания и др.).

Коллагеновые раневые покрытия: Биодegradирующие пористые покрытия, изготовлены из коллагена. Коллаген — фибриллярный белок, составляющий основу соединительной ткани и обеспечивающий её прочность и эластичность. Коллаген выполняет функции каркаса для миграции клеток в регенерирующих тканях, также стимулирует репаративную регенерацию в ране [15]. Коллагеновые раневые покрытия способны поглощать раневое отделяемое и превращаться в мягкий гель, поддерживающий оптимальный уровень влажности в ране для заживления ран. Стоит также отметить, что коллагеновые покрытия обладают хорошим гемостатическим свойством, обусловленным воздействием поверхности нативной коллагеновой фибриллы на тромбоциты, приводящим к агрегации тромбоцитов и активации свертывающей системы крови [39]. Ферментативный гидролиз коллагена расщепляет его на биологически активные пептиды. Эти пептиды стимулируют миграцию и размножение лейкоцитов, фибробластов и кератиноцитов в область повреждения, а также выработку цитокинов и факторов роста, которые стимулируют синтез компонентов внеклеточного матрикса и заживление раны [27]. В настоящее время основным

источником коллагена является сырье животного происхождения. Коллагеновые повязки производятся в основном из ахиллова сухожилия лошадей и крупного рогатого скота, а также из кожи крупного рогатого скота и свиней [39].

Коллагеновые покрытия назначают для стимуляции роста грануляционной ткани и краевой эпителизации; для плохо поддающихся лечению другими препаратами во II и III фазах раневого процесса, при трофических язвах диабетической стопы, хронических ранах, пролежнях, также для кожных трансплантатов [38]. Коллагеновые раневые покрытия не требуют ежедневной обработки и перевязки, однако для их надежной фиксации и защиты от внешних воздействий необходима дополнительная повязка. Препараты позволяют сократить сроки эпителизации раны, также не вызывают аллергических и иных нежелательных реакций [8].

В настоящее время существует множество форм коллагеновых раневых покрытий: губки, плёнки, гидрогели и другие. Эти покрытия часто имеют многослойную структуру. В процессе производства комбинируются различные полимерные материалы, такие как гиалуронат, хитозан, альгинат, декстран и карбоксиметилцеллюлоза, которые отличаются по своей химической природе и физической форме, так как это позволяет в полной мере использовать их свойства [23, 28].

На рынке представлены различные зарубежные и отечественные варианты коллагеновых повязок. Примерами зарубежных препаратов являются Suprasorb C (Lohmann Rauscher, Австрия—Германия), Lyostypt

(B. Braun, Германия), MatriDerm (MedSkin Solutions Dr. Suwelack, Германия) AG Stimulen (Southwest Technologies, США), Biostep (Smith & Nephew, Великобритания), Cellerate (Sanara MedTech, США), Cutimed (BSN medical GmbH, Германия), Fibracol plus (Systagenix, США), и др. Среди препаратов российского производства часто применяют Коллост (ООО «Биофарма-Холдинг»), Альгикол и Коллахит (НПП «Эрлон»), Коласпон (НПО «КОПО»).

Заключение

В настоящее время существует широкий спектр раневых покрытий, которые активно применяются в практике. Эти покрытия оказывают комплексное воздействие на раны, способствуя их заживлению. Они обеспечивают защиту раны от воздействий внешней среды и попадания микробов в рану, что снижает риск инфицирования раны, также ускоряют репаративной регенерации, улучшают качество рубцов.

Однако до сих пор не было создано покрытие, которое бы полностью соответствовало всем необходимым требованиям. Процесс разработки и улучшения современных раневых покрытий активно продолжается с применением новых технологий, позволяющих создавать покрытия с улучшенными физико-химическими свойствами и составом. Целью данного процесса является не только усовершенствование и расширение области применения существующих покрытий, но и разработка нового материала для создания новых классов раневых покрытий, что позволит оптимизировать результаты лечения ран различной этиологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адмакин А.Л., Коваленко А.А. Роль гидроколлоидных раневых покрытий в лечении ран различной этиологии в условиях военного госпиталя // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2016. № 2 (0). С. 47–51.
2. Андреев Д.Ю., Парамонов Б.А. П., Мухтарова А.М. Современные раневые покрытия. Часть II // Вестник хирургии имени И.И. Грекова. 2009. № 4 (168). С. 109–112.
3. Бесчастнов В.В. [и др.]. Возможности использования гидрогелевых композиций в лечении ран // Московский хирургический журнал. 2019. № 6. С. 17–22.
4. Владимировна С.В., Сергеевна А.Т. Пленочные покрытия при лечении детей с ожогами кожи // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2015. № 2 (5). С. 56–60.
5. Владимировна С.В., Сергеевна А.Т. Пленочные покрытия при лечении детей с ожогами кожи // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2015. № 2 (5). С. 56–60.
6. Волосова Е.В., Безгина Ю.А., Мазницына Л.В. Стабилизация Ферментов Класса Протеаз В Структуре Биополимерных Материалов // Современные Проблемы Науки И Образования. 2013. № 1.
7. Дуданов И.П. [и др.]. Преимущества и недостатки гелевых покрытий в терапии ожоговых ран и ожогов (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2022. № 2 (16). С. 13–22.
8. Иасоновна Б.Л. [и др.]. Клиническая эффективность биопластического коллагенового материала «Коллост» у детей с термической травмой (многоцентровое исследование) // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2018. № 3 (8). С. 34–44.
9. Каштанов А.Д., Васильев Ю.Л., Байрашевская А.В. Обзор современных материалов, применяемых для покрытия раневых поверхностей // Оперативная Хирургия И Клиническая Анатомия (пироговский Научный Журнал). 2020. № 2 (4).
10. Каштанов А.Д., Васильев Ю.Л., Байрашевская А.В. Обзор современных материалов, применяемых для покрытия раневых поверхностей // Оперативная Хирургия И Клиническая Анатомия (пироговский Научный Журнал). 2020. № 2 (4).
11. Кудряшова И.С. [и др.]. Разработка раневых покрытий для регенеративной медицины // Вестник восстановительной медицины. 2021. № 6 (20). С. 84–95.

12. Кузнецова Т.А. [и др.]. Биосовместимые и биodeградируемые раневые покрытия на основе полисахаридов из морских водорослей (обзор литературы) // Вестник хирургии имени И.И. Грекова. 2020. № 4 (179). С. 109–115.
13. Легонькова О.А., Алексеев А.А. Современные раневые покрытия: их свойства и особенности // Вестник Росздравнадзора. 2015. № 6.
14. Миронов С.П. [и др.]. Динамика травматизма среди взрослого населения Российской Федерации // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2019. № 3. С. 5–13.
15. Михайлович М.А. [и др.]. Современные методы стимуляции процесса регенерации послеоперационных ран // Сибирское медицинское обозрение. 2020. № 3 (123). С. 54–60.
16. Морозов А.М. [и др.]. Использование современных раневых покрытий в местном лечении ран различной этиологии // Современные проблемы науки и образования. 2020. № 2. С. 167–167.
17. Морозова Е.В. Разработка пленочных покрытий для лечения ран Москва: 2020. С. 56–57.
18. Назаренко Г.И., Сугурова И.Ю., Глянцев С.П. Рана. Повязка. Больной. / Г.И. Назаренко, И.Ю. Сугурова, С.П. Глянцев, Москва: Издательство «Медицина», 472 с.
19. Парамонов Б.А. [и др.]. Перспективы применения трековых мембран для лечения ожогов и ран // Гены И Клетки. 2022. № 3 (17). С. 172.
20. Парамонов Б.А., Порембский Я.О., Яблонский В.Г. Ожоги. Руководство для врачей / Б.А. Парамонов, Я.О. Порембский, В.Г. Яблонский, Санкт-Петербург: СпецЛит, 2000. 480 с.
21. Седов В.М. [и др.]. Новые отечественные раневые покрытия «Хитоскин-колл» в лечении трофических язв нижних конечностей. // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2011. № 2 (10). С. 58–63.
22. Фаязов А.Д. [и др.]. Перспективы применения раневых покрытий в комбустиологии // Вестник экстренной медицины. 2020. № 4 (13). С. 86–93.
23. Юданова Т.Н., Решетов И.В. Современные раневые покрытия: получение и свойства (обзор) // Химико-фармацевтический журнал. 2006. № 2 (40). С. 24–31.
24. Aderibigbe В.А., Вуяна В. Alginate in Wound Dressings // Pharmaceutics. 2018. № 2 (10). С. 42.
25. Aderibigbe В.А., Вуяна В. Alginate in Wound Dressings // Pharmaceutics. 2018. № 2 (10). С. 42.
26. Boateng J.S. [и др.]. Wound Healing Dressings and Drug Delivery Systems: A Review // Journal of Pharmaceutical Sciences. 2008. № 8 (97). С. 2892–2923.
27. Brett D.A. Review of Collagen and Collagen-based Wound Dressings // Wounds: a compendium of clinical research and practice. 2015. (20). С. 347–56.
28. Chattopadhyay S., Raines R.T. Collagen-based biomaterials for wound healing.
29. Ching S.H., Bansal N., Bhandari B. Alginate gel particles-A review of production techniques and physical properties // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2017. № 6 (57). С. 1133–1152.
30. Denzinger M. [и др.]. Hemocompatibility of different burn wound dressings.
31. Fang W. [и др.]. Identification and activation of TLR4-mediated signalling pathways by alginate-derived guluronate oligosaccharide in RAW264.7 macrophages // Scientific Reports. 2017. № 1 (7). С. 1663.
32. Fertah M. [и др.]. Extraction and characterization of sodium alginate from Moroccan Laminaria digitata brown seaweed // Arabian Journal of Chemistry. 2017. (10). С. S3707–S3714.
33. ISBI Practice Guidelines Committee [и др.]. ISBI Practice Guidelines for Burn Care // Burns. 2016. № 5 (42). С. 953–1021.
34. Jovic T.H. [и др.]. Plant-Derived Biomaterials: A Review of 3D Bioprinting and Biomedical Applications // Frontiers in Mechanical Engineering. 2019. (5).
35. Kamińska M.S. [и др.]. Effectiveness of Hydrocolloid Dressings for Treating Pressure Ulcers in Adult Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020. № 21 (17). С. 7881.
36. Liu H. [и др.]. A functional chitosan-based hydrogel as a wound dressing and drug delivery system in the treatment of wound healing // RSC Advances. 2018. № 14 (8). С. 7533–7549.
37. Liu J. [и др.]. Progress in Antibacterial Hydrogel Dressing // Gels. 2022. № 8 (8). С. 503.
38. Naomi R., Fauzi M.B. Cellulose/Collagen Dressings for Diabetic Foot Ulcer: A Review // Pharmaceutics. 2020. № 9 (12). С. 881.
39. Pallaske F. [и др.]. The significance of collagen dressings in wound management: a review // Journal of Wound Care. 2018. № 10 (27). С. 692–702.
40. Qu J. [и др.]. Antibacterial adhesive injectable hydrogels with rapid self-healing, extensibility, and compressibility as wound dressing for joints skin wound healing // Biomaterials. 2018. (183). С. 185–199.
41. Rezvani Ghomi E. [и др.]. Wound dressings: Current advances and future directions // Journal of Applied Polymer Science. 2019. № 27 (136). С. 47738.
42. ROBSON M. Wound healing: biologic features and approaches to maximize healing trajectories // Curr Problems Surg. 2001. (38). С. 61–140.
43. Stoica A.E., Chircov C., Grumezescu A.M. Hydrogel Dressings for the Treatment of Burn Wounds: An Up-To-Date Overview // Materials. 2020. № 12 (13). С. 2853.
44. Szekalska M. [и др.]. Alginate: Current Use and Future Perspectives in Pharmaceutical and Biomedical Applications.
45. Thomas S. Alginate dressings in surgery and wound management — part 1 // Journal of Wound Care. 2000. № 2 (9). С. 56–60.
46. Vowden K., Vowden P. Wound dressings: principles and practice // Surgery (Oxford). 2017. № 9 (35). С. 489–494.
47. Williams C. 3m Tegaserb Thin: A hydrocolloid dressing for chronic wounds // British Journal of Nursing. 2000. № 11 (9). С. 720–723.
48. Xie Y. [и др.]. Application of Alginate-Based Hydrogels in Hemostasis // Gels. 2022. № 2 (8). С. 109.
49. Zhang L. [и др.]. A composite hydrogel of chitosan/heparin/poly (γ -glutamic acid) loaded with superoxide dismutase for wound healing // Carbohydrate Polymers. 2018. (180). С. 168–174.
50. Zhang L. [и др.]. A Systematic Review and Meta-Analysis of Clinical Effectiveness and Safety of Hydrogel Dressings in the Management of Skin Wounds // Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. 2019. (7).

© Хоанг Хю Тоан (huutoanhoang@gmail.com); Чмырёв Игорь Владимирович (chmyrev@mail.ru);
Савинков Игорь Юрьевич (igorsavinkov@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ХИРУРГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТРАНСПЛАНТАЦИИ СЕРДЦА У ПАЦИЕНТОВ С ТЕРМИНАЛЬНОЙ СТАДИЕЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

SURGICAL FEATURES OF HEART TRANSPLANTATION IN PATIENTS WITH END-STAGE HEART FAILURE

**N. Sheverdin
M. Khalilov
A. Moshkin
A. Kurskova
K. Toropov (Grigoryan)**

Summary. This article provides an overview of the current literature on the problem of heart transplantation in patients with end-stage heart failure. Heart failure is a widespread syndrome, the general morbidity of which is constantly growing. The end-stage of this condition is characterized by resistance to optimal drug therapy and requires heart transplantation. The review covers key aspects of heart failure, the prevalence of this pathology in Russia and the world, the specifics of performing heart transplant surgery in patients, and an assessment of the effectiveness of this procedure at the present stage. A comparative analysis of statistical data on heart transplants performed in recent years has shown an increase in the total number of operations, a decrease in perioperative mortality, and an improvement in long-term survival in our country.

Keywords: heart, heart failure, end-stage heart failure, heart transplantation.

Шевердин Николай Николаевич

кандидат медицинских наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет
им. И.С. Тургенева»
nsheverdin81@mail.ru

Халилов Максуд Абдуразакович

доктор медицинских наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет
им. И.С. Тургенева»
kafanatomiiMIOGU@yandex.ru

Мошкин Андрей Сергеевич

кандидат медицинских наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет
им. И.С. Тургенева»
as.moshkin@internet.ru

Курскова Анастасия Игоревна

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет
им. И.С. Тургенева»
anastasiakurskova7@gmail.com

Торопов (Григорян) Ксения Арсенова

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет
им. И.С. Тургенева»
grigoryan.ksenia@gmail.com

Аннотация. В данной статье представлен обзор актуальных литературных данных, посвященных проблеме пересадки сердца у пациентов с терминальной стадией сердечной недостаточности. Сердечная недостаточность является широко распространенным синдромом, общая заболеваемость которым постоянно растет. Терминальная стадия этого состояния характеризуется устойчивостью к оптимальной медикаментозной терапии и требует проведения трансплантации сердца. Обзор охватывает ключевые аспекты сердечной недостаточности, распространенность данной патологии в России и мире, особенности выполнения операции по пересадке сердца у пациентов, а также оценку эффективности этой процедуры на современном этапе. Сравнительный анализ статистических данных о проведенных трансплантациях сердца за последние годы показал рост общего количества операций, снижение периоперационной смертности и улучшение выживаемости в отдаленном периоде в нашей стране.

Ключевые слова: сердце, сердечная недостаточность, терминальная стадия, трансплантация сердца.

Актуальность

Сердечная патология относится к наиболее распространенной и имеющей общую тенденцию к росту и омоложению, что во многом связывают с научно-техническим прогрессом, который имеет и негативные стороны — снижение физической активности (ФА),

вредное воздействие производственных факторов, увеличение нагрузок на нервную систему.

Сердечная недостаточность (СН) — широко распространенный во всем мире синдром, общая заболеваемость которым постоянно растет [14–16]. С течением времени СН переходит в терминальную стадию, что ха-

рактируется рефрактерностью к оптимальной медикаментозной терапии и требует имплантации вспомогательных устройств или трансплантации сердца [12,13].

Обзор посвящен рассмотрению основных аспектов и особенностей выполнения трансплантации сердца у пациентов с терминальной стадией СН и оценке эффективности ее применения на современном этапе.

Сердечная недостаточность — это клинический синдром с различной этиологией и патофизиологией, характеризующийся неспособностью сердца обеспечивать адекватный кровоток для удовлетворения потребностей организма [12]. Имеет две формы — острую и хроническую.

Острая форма возникает из-за резкого нарушения сократительной активности миокарда, сопровождается резкой болью за грудиной и всегда требует неотложной медицинской помощи. Приступ могут спровоцировать: обострение текущего сердечно-сосудистого заболевания (ССЗ), внезапное поражение сердечной мышцы, травма, инсульт и т. д.

Хроническая форма (ХСН) — прогрессирующее состояние, требующее длительного лечения и поддерживающей терапии. В отличие от острой формы, начинается бессимптомно и развивается постепенно.

В российской медицине используют функциональную классификацию Нью-Йоркской Ассоциации Сердца (NYHA) (1964 г.), в которой выделяют четыре функциональных класса (ФК):

ФК — нет ограничений в ФА: пациента не беспокоит быстрая утомляемость, одышка и учащенное сердцебиение, при повышенной нагрузке предъявляет жалобы на одышку и/или медленное восстановление;

ФК — незначительное ограничение в ФА: комфортное состояние в покое, но привычная ФА сопровождается утомляемостью, одышкой, сердцебиением;

ФК — явное ограничение ФА: комфортное состояние в покое, но ФА меньшей интенсивности, чем обычно, вызывает чрезмерную одышку, утомляемость или сердцебиение.

ФК — невозможность выполнять любую физическую нагрузку без дискомфорта: симптомы могут присутствовать в покое и усиливаются при ФА.[3]

Несмотря на то, что СН считается заболеванием пожилых людей, отмечается тенденция к увеличению числа индивидов молодого и среднего возраста с данным патологическим состоянием. По данным исследования

ЭПОХА-ХСН, распространенность заболеваемости СН в России в возрасте 25–64 лет достигает 10 % [11]. В таких странах как Дания и Швеция средний возраст появления симптомов СН снизился, доля пациентов с СН в возрасте до 50 лет либо удвоилась (с 3 % до 6 % за 1995–2012 гг.), либо увеличилась среди людей в возрасте 18–34 и 35–44 лет на 50 % и 43 % соответственно за 1987–2006 гг. Предполагается взаимосвязь с ростом распространенности ожирения в молодой популяции и ростом сопутствующих ему заболеваний — сахарного диабета II типа, артериальной гипертензии и мерцательной аритмии [15].

Распространенность ХСН за рубежом увеличивается и варьирует от 0,3 % в популяции (Индия) до 5,3 % (коренное население Австралии). В Западной Европе наибольшая частота ХСН наблюдается в Германии — 4 %. Отмечается увеличение доли пациентов с тяжелой ХСН [10,15].

Заболеваемость ХСН в России увеличивается из года в год и составляет 2,4–4,5 млн пациентов [8]. Распространенность ХСН в целом в 2002 г. составляла 6,7 % (III–IV ФК — 2,4 %), а к 2020 г. возросла до 8,2 % (III–IV ФК — до 3,1 %). Возможно, это обусловлено все большей выявляемостью ССЗ [2,10].

Трансплантация сердца — наиболее эффективный метод лечения больных с терминальной стадией СН. Это сложный хирургический процесс замены неполно функционирующего сердца пациента [12].

Основные показания для трансплантации [7,11]

- Кардиомиопатия, ишемическая болезнь сердца, тяжелые декомпенсированные заболевания клапанов сердца (если другие методы хирургического лечения невозможны), врожденные пороки сердца и другие ССЗ, которые существенно ограничивают ФА и сопровождаются риском смерти в течение года, превышающим 50 %.
- Конечная стадия СН (NYHA III–IV ФК) с ограниченной ФА, при неэффективности медикаментозной терапии или методов механической поддержки кровообращения, а также при невозможности проведения других методов хирургического лечения, но при наличии потенциала для достижения ремиссии после трансплантации донорского сердца.

Отбор доноров является критически важным для успешности операции. Время поиска донора зависит от размера, группы крови и срочности проведения операции [7]. Основные факторы, помогающие минимизировать риск отторжения и обеспечить долгосрочное выживание трансплантата:

- Совместимость: соответствие по размерам (в основном грудной клетки), группе крови АВО, скринингу на титр человеческого лимфоцитарного антигена HLA.
- Возраст и состояние здоровья: доноры чаще всего должны быть в возрасте до 55–60 лет, без серьезных заболеваний.
- Функция сердца: сердце должно быть хорошо функционирующим, без признаков значительной патологии.
- История болезни: отсутствие инфекционных заболеваний и злокачественных новообразований.

Для успешного выполнения трансплантации важно понимание:

1. Топографической анатомии сердца: знание таких анатомических ориентиров как положение сердца по отношению к внешним структурам (грудная клетка, диафрагма), расположение легких, крупных сосудов, чтобы избежать повреждений; необходимость точно идентифицировать коронарные артерии для обеспечения нормального кровообращения);
2. Изменений, происходящих при терминальной стадии СН в сердце:
 - увеличение размеров сердца в результате увеличения нагрузки и гипертрофии миокарда, особенно левого желудочка;
 - снижается насосная функция желудочков;
 - изменение структуры миокарда (фиброз), что приводит к уменьшению эластичности и снижению сократимости сердца;
 - регургитация из-за недостаточности функции клапанов может усилить нагрузку на сердце;
 - увеличение давления в легочных венах приводит к застойной СН, за счет чего может развиваться отек легких;
 - изменения в проводящей системе могут вызывать аритмии, что ухудшает сердечный ритм и насосную функцию;
 - при хронической ишемии происходит острая недостаточность кровоснабжения миокарда, что может привести к инфаркту;
 - в результате застоя крови в системном кровообращении развиваются отеки, особенно на ногах и в брюшной полости.

Техника проведения трансплантации сердца:

1 Этап: Эксплантация сердца реципиента:

После срединной стернотомии и продольного рассечения перикарда проводится полная гепаринизация больного. Канюляция полых вен и аорты проводится максимально дистально. Полые вены обходятся турникетами. Искусственное кровообращение проводится

в режиме нормотермии (34–36°C). Полые вены обжимаются турникетами, накладывается поперечный зажим на восходящую аорту. Магистральные сосуды пересекаются выше комиссур полулунных клапанов. Предсердия отсекаются по линии атриовентрикулярной борозды с оставлением манжеты для фиксации донорского сердца. После кардиоэктомии ближайшие 1–2 см аорты и легочной артерии отделяются друг друга таким образом, чтобы не повредить правую ветвь легочной артерии. Легочный венозный возврат забирается дренажом через правую верхнюю легочную вену.

2 Этап: Имплантация донорского сердца:

Сердце донора извлекается из транспортного контейнера и помещается в 4°C раствор 0,9 % натрия хлорида. Разделяются аорта и легочная артерия. Левое предсердие оценивается на соответствие размеру оставшейся части предсердия реципиента с устьями легочных вен. Лишняя ткань отсекается и формируется круглая манжета, скроенная по размеру остатка предсердия реципиента. Имплантация начинается сшиванием предсердий от уровня левой верхней легочной вены проленовой нитью 4/0. В кол иглы проводится со стороны предсердия реципиента, затем через предсердие донора в области основания ушка левого предсердия.

3 Этап: «донорское сердце-реципиент»:

Донорское сердце помещается в средостение реципиента и изолируется от прямой тепловой передачи из смежных структур. Шов предсердия продолжается вниз и затем медиально до нижнего угла межпредсердной перегородки. Вторая линия шва проходит по крыше левого предсердия, затем вниз по межпредсердной перегородке. Необходимо непрерывно оценивать соответствие размера между предсердиями реципиента и донора для своевременной пликации лишней ткани. После завершения анастомоза левого предсердия проводится криволинейный разрез от отверстия нижней поллой вены к ушку правого предсердия донорского сердца. Проводится ревизия трехстворчатого клапана и межпредсердной перегородки. Для предотвращения артериальной десатурации, связанной с шунтированием справа налево через открытое овальное окно, последнее ушивается. Анастомоз правого предсердия выполняется непрерывным обвивным швом нитью 4/0 с началом в верхней или нижней части межпредсердной перегородки так, чтобы концы шва встретились в середине переднелатеральной стенки;

Анастомоз легочной артерии выполняется обвивным швом нитью 4/0, начинающегося изнутри сосуда на задней и заканчивающийся на передней стенке с внешней стороны. Начинается согревание пациента. Аортальный анастомоз выполняется последним таким же об-

разом как легочной артерии за исключением того, что желателен небольшой избыток длины аорты, поскольку это облегчает визуализацию задней линии шва. После деаэрации снимается аортальный поперечный зажим. При необходимости выполняется дефибрилляция. Линии швов тщательно проверяются на гемостаз. Проводится инфузия инотропных препаратов. Прекращается искусственное кровообращение, к правому предсердию и желудочку донорского сердца подшиваются временные эпикардальные электроды.

Дренирование перикарда, средостения и закрытие раны проводится стандартным способом.

Модели трансплантации сердца

- ортотопическая (ОТТС) — замена сердца реципиента здоровым аллотрансплантатом донора;
- гетеротопическая — дополнительная подсадка аллотрансплантата к сердцу реципиента (выполняется, когда ОТТС невозможна из-за малых размеров сердца донора для организма реципиента или при высоком легочном сосудистом сопротивлении реципиента).

К хирургическим методикам ОТТС в зависимости от анатомических особенностей относятся: биатриальная/предсердная (Lower R.R., Stofer R.S., Shumway N.N. 1961 г.) — анастомозы накладываются между предсердиями донора и реципиента, бикавальная (Yacoub M. 1990 г., Dreyfus G. 1991 г.) — анастомозы накладываются между полыми венами донора и реципиента, и комбинированная [7,11].

Биатриальная методика является одной из наиболее распространенных. Основное преимущество перед более современными методиками — минимальное время проведения операции, что позволяет снизить продолжительность ишемии трансплантата — решающего фактора в случае, если время транспортировки органа донора до медицинского центра, где будет осуществляться пересадка, достигло 5–6 часов. Недостатком является сохранение значительных участков, как предсердий донора, так и реципиента, что может привести к серьезным нарушениям ритма из-за сохранения большого количества пейсмекерных клеток разного генеза [17].

Преимущество бикавального метода заключается в отсутствии необходимости рассечения ткани правого предсердия реципиента, что позволяет снизить риск возникновения регургитации на трикуспидальном клапане и дисфункции синусового узла.

При комбинированной методике анастомозируется либо узкий «мостик» между полыми венами реципиента с правым предсердием донора, либо латеральный край

разреза нижней полой вены донорского сердца с задней стенкой правого предсердия реципиента латеральнее овальной ямки, а противоположный край разреза нижней полой вены донорского сердца с краем реципиента.

Трансплантация сердца остается «золотым стандартом» лечения пациентов с терминальной стадией СН, количество случаев хирургического лечения СН с помощью ОТТС с каждым годом увеличивается [4, 6, 8, 11]. В РФ за последние 5 лет количество ОТТС выросло на 42 %, в 2018 г. было выполнено 285 операций в 18 центрах по всей России [5].

Однако по экспертным оценкам потребность в РФ превышает количество операций по пересадке сердца в 10 раз. Имеется дефицит оптимальных доноров для трансплантации сердца, что является одним из факторов, приводящих к первичной дисфункции трансплантата в интра- и ближайшем послеоперационном периоде [1].

По данным Международного регистра по трансплантации IRODAT, за 2020 год на 1 миллион населения было проведено в США 11,34 трансплантации сердца, в странах Европы — в среднем 5–6 операций, в России — 2,34.

По данным Российского трансплантологического общества (РТО) и Национального медицинского исследовательского центра трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова (НМИЦТИО им. Ак. В.И. Шумакова), собирающего данные о количестве пересадок органов, выполненных в стране, в 2023 году была проведена 381 трансплантация сердца. Для сравнения, в 2009 году было сделано всего 46 таких операций (рис. 1) [9].

По состоянию на 12 октября 2024 года в текущем году выполнено 317 трансплантаций сердца [9].

Эффективность трансплантации сердца, несмотря на сложность операции, достаточно высокая: выживаемость пациентов в течение года составляет 81,8 %, в течение 5 лет — 69,8 %. Значительное количество пациентов живут после трансплантации дольше 10 лет и ведут активный образ жизни.

Одногодичная выживаемость реципиентов донорских сердец в НМИЦТИО им. Ак. В.И. Шумакова составляет 93 %. Мировые данные разнятся в зависимости от того, где выполнялась трансплантация, и соответствуют примерно 86–90 %. Десятилетняя выживаемость по статистике НМИЦТИО им. Ак. В.И. Шумакова и международным данным составляет 58 %. Медиана выживаемости пациентов, прооперированных в отечественных и зарубежных кардиоцентрах, примерно 12,5 лет. Данные показатели улучшаются за счет усовершенство-

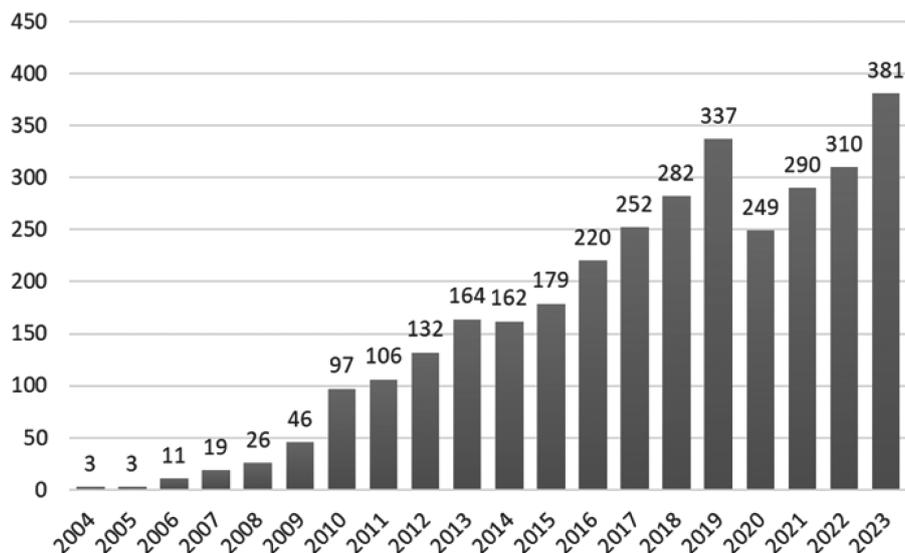


Рис. 1. Динамика количества выполненных трансплантаций сердца в РФ, абс.

вания протоколов лекарственной иммуносупрессии, новых подходов к динамическому наблюдению за реципиентом и совершенствования лечения болезни коронарных артерий пересаженного сердца [9].

Заключение

Несмотря на многочисленные достижения в области терапии СН, смертность при терминальной стадии остается исключительно высокой.

Трансплантация сердца — сложный, но жизненно необходимый процесс для пациентов с данной патологией. Правильный отбор доноров, учет анатомических особенностей и точное выполнение хирургической техники играют решающую роль в успехе операции и качестве жизни пациента после.

В РФ за последние годы отмечается увеличение общего количества трансплантаций сердца, снижение периоперационной смертности и улучшение выживаемости в отдаленном периоде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдульянов И.В., Рахимуллин И.М., Гайсин М.Р., Хамзин Р.Р. Первый опыт применения экстракорпоральной мембранной оксигенации при тяжелой первичной дисфункции сердечного трансплантата. *Трансплантология*. 2020;12(4):301–310.
2. Бойцов С.А. Хроническая сердечная недостаточность: эволюция этиологии, распространенности и смертности за последние 20 лет. *Терапевтический архив*. 2022;94(1):5–8.
3. Галявич А.С., Недогода С.В., Арутюнов Г.П., Беленков Ю.Н. О классификации хронической сердечной недостаточности. *Российский кардиологический журнал*. 2023;28(9):5584.
4. Готье С.В. Инновации в трансплантологии: развитие программы трансплантации сердца в Российской Федерации. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2017;21(35):61–68.
5. Готье С.В., Хомяков С.М. Донорство и трансплантация органов в Российской Федерации в 2018 году. XI сообщение регистра Российского трансплантологического общества. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2019;21(3):7–32.
6. Готье С.В., Хомяков С.М. Донорство и трансплантация органов в Российской Федерации в 2020 году XIII сообщение регистра Российского трансплантологического общества. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2021;23(3):8–34.
7. Клинические рекомендации «Трансплантация сердца, наличие трансплантированного сердца, отмирание и отторжение трансплантата сердца». Одобрено Научно-практическим Советом Минздрава РФ, 2023.
8. Мареев В.Ю., Фомин И.В., Агеев Ф.Т., Беграмбекова Ю.Л., Васюк Ю.А., Гарганеева А.А. и др. Клинические рекомендации ОССН — РКО — РНМОТ. Сердечная недостаточность: хроническая (ХСН) и острая декомпенсированная (ОДСН). Диагностика, профилактика и лечение. *Кардиология*. 2018;58(65):8–158.
9. НМИЦ трансплантологии и искусственных органов им. ак. В.И. Шумакова: офиц. сайт. URL: <https://www.transpl.ru/> (дата обращения: 12.10.2024).
10. Поляков Д.С., Фомин И.В., Беленков Ю.Н., Мареев В.Ю., Агеев Ф.Т., Артемьева Е.Г. и др. Хроническая сердечная недостаточность в Российской Федерации: что изменилось за 20 лет наблюдения? Результаты исследования ЭПОХА-ХСН. *Кардиология*. 2021;61(4):4–14.
11. Российское трансплантологическое общество; Готье С.В., Мойсюк Я.Г., Гранов Д.А., Багненко С.Ф., Минина М.Г., Быков А.Ю. и др. (коорд. совет). Трансплантация сердца: национальные клинические рекомендации. Утверждены 31 мая 2013 года.
12. Ручьева Н.А. Роль компьютерной томографии сердца и коронарных артерий у пациентов с сердечной недостаточностью перед пересадкой сердца // *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2022; 24(приложение):55.

13. Шумаков Д.В., Зыбин Д.И., Попов М.А., Донцов В.В., Агафонов Е.Г. Ресинхронизирующая терапия при терминальной стадии сердечной недостаточности. РМЖ. Медицинское обозрение. 2021;5(4):206–211.
14. DeFilippis E.M., Beale A., Martyn T., Agarwal A., Elkayam U., Lam C.S.P. et al. Heart failure subtypes and cardiomyopathies in women. Circ. Res. 2022;130(4): 436–454.
15. Groenewegen A., Rutten F.H., Mosterd A., Hoes A.W. Epidemiology of heart failure. Eur J Heart Fail. 2020;22(8):1342–1356.
16. Lippi G., Sanchis-Gomar F. Global epidemiology, and future trends of heart failure. AME Med J 2020; 5:15.
17. Morgan J.A., Edwards N.M. Orthotopic cardiac transplantation: comparison of outcome using biatrial, bicaval, and total techniques. J Card Surg. 2005; 20: 102–106.

© Шевердин Николай Николаевич (nsheverdin81@mail.ru); Халилов Максуд Абдуразакович (kafanatomiMIOGU@yandex.ru);

Мошкин Андрей Сергеевич (as.moshkin@internet.ru); Курскова Анастасия Игоревна (anastasiakurskova7@gmail.com);

Торопов (Григорян) Ксения Арсенова (grigoryan.ksenia@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

Наши авторы

Abakarova Z. — Obstetrician-gynecologist, Deputy Chief Physician of the CARE Maternity hospital No. 2

Abdelwahed Ahmed Aly — National Research Nizhny Novgorod State University named after. N.I. Lobachevsky

Abramov A. — Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Afnasiev B. — Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Afnasieva A. — Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Agafonov D. — Federal State Institution «Central Military Clinical Hospital named after P.V. Mandryka», Moscow

Ahmedova S. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Dagestan State Medical University

Aksenov S. — Doctor of Economics, Professor, Ufa State University of Science and Technology

Al-Dumaini Omar Ahmed Hazaea Shaif — graduate student, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow

Alieva A. — V.I. Vernadsky Crimean Federal University (Simferopol)

Ametova Sh. — FGAOU VO Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Simferopol

Balter R. — Candidate of Medical Sciences, Professor, IPO SamSMU Samara State Medical University

Bekirov M. — V.I. Vernadsky Crimean Federal University (Simferopol)

Belova M. — psychiatrist, head of the branch «V.A. Gilyarovskiy Psychiatric Hospital», Moscow State Medical University, «Psychiatric Clinical Hospital No. 4 named after P.B. Gannushkin

Borisova A. — Federal State Institution «Central Military Clinical Hospital named after P.V. Mandryka», Moscow

Bunkin V. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Synergy University

Our authors

Burygina L. — Candidate of Medical Sciences, Chief Physician of the State Medical Institution of Moscow «Psychiatric Clinical Hospital No. 4 named after P.B. Gannushkin

Chiskidov S. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Academy of Civil Protection EMERCOM of Russia, Khimki

Chmyrev I. — Doctor of Medical Sciences, Docent, Kirov Military medical academy, Saint-Petersburg

Chochaev A. — Doctor of Economics Sc., professor, State Scientific Center «Soil Institute named after V.V. Dokuchaev»

Dementiev S. — Postgraduate student, Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev

Demytyev N. — Saint-Petersburg State Pediatric Medical University

Donskikh N. — Postgraduate student, Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow

Dvuzhilova V. — V.I. Vernadsky Crimean Federal University (Simferopol)

Eminov S. — Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Simferopol

Erokin S. — FGAOU VO Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Simferopol

Fedotov D. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Academy of Postgraduate Education, Federal State Budgetary Institution «Federal Scientific and Clinical Center for Specialized Types of Medical Care and Medical Technologies, Federal Medical and Biological Agency of Russia

Frolov A. — Ogarev National Research Mordovian State University, Saransk

Gafarova E. — FGAOU VO Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Simferopol

Gamaeva F. — Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov, Nalchik

Gayfullin I. — Ufa State University of Science and Technology

Glukhov A. — Director of Information and Telecommunication Systems Programs, JSC Scientific and Production Association Critical Information Systems

Glukhov A. — Doctor of Technical Sciences, Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State University of Railway Engineering

Goncharov N. — Federal State Institution «Central Military Clinical Hospital named after P.V. Mandryka», Moscow

Gordeev-Burgwitz M. — inventor of the USSR, Doctor of Engineering of Germany

Goryachkin B. — candidate of technical Sciences, associate Professor; Bauman Moscow State Technical University

Govorukha A. — V.I. Vernadsky Crimean Federal University (Simferopol)

Grudina M. — Clinical Resident, Chita State Medical Academy

Gubanov D. — Senior lecturer, Tambov State University named after G.R. Derzhavin

Gubanova K. — Tambov State University named after G.R. Derzhavin

Gudantov R. — Federal State Institution «Central Military Clinical Hospital named after P.V. Mandryka», Moscow

Hashaeva T. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Honored Doctor of the Russian Federation, Winner of the RD State Prize, Dagestan State Medical University

Hoang Huy Toan — Adjunct professor, Kirov Military medical academy, Saint-Petersburg

Ilichenko O. — Postgraduate student, IPO SamSMU Samara State Medical University

Istomina V. — psychiatrist, Head of the General Psychiatric Department No. 19 of the V.A. Gilyarovskiy Psychiatric Hospital, a branch of the State Budgetary Healthcare Institution, Moscow, P.B. Gannushkin Psychiatric Clinical Hospital No. 4

Ivanov K. — FGAOU VO Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Simferopol

Ivanova T. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Samara State Medical University

Ivantsova N. — North Caucasus Federal University

Ivko O. — teacher of chemistry and biology of the highest category, MOE secondary school No. 4, Budennovsk

Kapralov S. — Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Khachetlova K. — Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov, Nalchik

Khakhina A. — Doctor of Technical Sciences, Professor, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Khalilov M. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Oryol State University named after I.S. Turgenev

Khilko S. — MD, PhD, Associate Professor, Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Simferopol

Khmara A. — Candidate of Medical Sciences, surgeon of the Thoracic Surgical Department, University Clinical Hospital No. 1 named after S.R. Peacemakers, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Kim E. — Federal State Institution «Central Military Clinical Hospital named after P.V. Mandryka», Moscow

Klokov V. — Ogarev National Research Mordovian State University, Saransk

Konchakova E. — Tambov State University named after G.R. Derzhavin

Korets S. — FGAOU VO Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Simferopol

Kostyuk G. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Chief Physician of the State Medical University of Moscow, «Psychiatric Clinical Hospital No. 1 named after N.A. Alekseev

Kotelnikova N. — IPO SamSMU Samara State Medical University

Kovaleva I. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, North Caucasus Federal University

Krainukov P. — Federal State Institution «Central Military Clinical Hospital named after P.V. Mandryka», Moscow; Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba», Moscow

Kurskova A. — Oryol State University named after I.S. Turgenev

Li Lunbin — Associate Professor, Heihe University, Heihe (China)

Malezhik M. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Chita State Medical Academy

Marchenko V. — resident physician of the Department of Urology, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Markelova A. — Post-graduate student, Moscow City University (MCU)

Melkumyan G. — dentist-surgeon, implantologist, orthopedist, chief physician, Novadent clinic (Moscow); leading specialist, Wellmed clinic (Yerevan)

Mitina O. — Candidate of Science, MIREA — Russian Technological University Moscow

Moshkin A. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Oryol State University named after I.S. Turgenev

Mudrak D. — Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Mustafaev D. — Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Simferopol

Musukaeva A. — Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov, Nalchik

Makhmatov O. — Saint-Petersburg State Pediatric Medical University

Nikiforov I. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Academy of Postgraduate Education, Federal State Budgetary Institution «Federal Scientific and Clinical Center for Specialized Types of Medical Care and Medical Technologies, Federal Medical and Biological Agency of Russia

Noskov A. — Postgraduate, Russian New University, Moscow

Omarov N. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Dagestan State Medical University

Panov M. — Bauman Moscow State Technical University

Penkova N. — Biologist at the Laboratory of Clinical Microbiology, Stavropol Regional Clinical Hospital

Petrova A. — Candidate of Medical Sciences, Chita State Medical Academy

Pimanov A. — Federal State Autonomous Educational Institution, Higher Education «Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov», Neryungri

Podgorniyaya M. — IPO SamSMU Samara State Medical University

Polidanov M. — Specialist of the Research Department, Reaviz University, St. Petersburg, Russian Federation

Popkov S. — Graduate student, State University «Dubna»

Puzakova D. — Ogarev National Research Mordovian State University, Saransk

Rebrov D. — Tambov State University named after G.R. Derzhavin

Reshetnikov V. — Saint-Petersburg State Pediatric Medical University

Romashkova O. — Doctor of Engineering, Professor, Russian Presidential Academy of National Economy, and Public Administration (RANEPA), Moscow

Roza M. — postgraduate student, Siberian State University named after M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk

Rudenko Ju. — Candidate of Medical Sciences, obstetrician-gynecologist, V.D. Seredavin State Medical University, Samara

Rusakov A. — Senior Lecturer, MIREA Russian University of Technology

Samokhina V. — Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Federal State Autonomous Educational Institution, Higher Education «Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov», Neryungri

Savinkov I. — Adjunct professor, Kirov Military medical academy, Saint-Petersburg

Semenov S. — undergraduate student, Ufa State University of Science and Technology

Senner A. — Associate Professor, State University «Dubna»

Shcherbakova A. — Ogarev National Research Mordovian State University, Saransk

Sheverdin N. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Oryol State University named after I.S. Turgenev

Shipulin S. — Graduate student, SUAI, Sankt-peterburg

Shnitova I. — Chita State Medical Academy

Stefanyan N. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Dagestan State Medical University

Stepannikov Yu. — Chief Specialist, Competence Center for Information Security – structural division of JSC Russian Railways

Sternin V. — Saint-Petersburg State Pediatric Medical University

Teng Haikun — lecturer, Heihe University, Heihe (China)

Timakov K. — MIREA — Russian Technological University

Timchenko L. — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, North Caucasus Federal University

Tolgurov T. — Doctor of Philology, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

Tolstykh A. — Tambov State University named after G.R. Derzhavin

Toropov (Grigoryan) K. — Oryol State University named after I.S. Turgenev

Tselkovich L. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Samara State Medical University

Turkhanova V. — Ogarev National Research Mordovian State University, Saransk

Umerova Dz. — Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Simferopol

Uzdenova F. — Doctor of Philology, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov

Vashurkina I. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Ogarev National Research Mordovian State University, Saransk

Volkov K. — Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Vyazovikov K. — V.I. Vernadsky Crimean Federal University (Simferopol)

Vysotskii L. — Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky

Wang Shiyang — Associate Professor, Heihe University, Heihe (China)

Zakharov Ya. — Post-graduate student, Moscow City University (MCU), Moscow

Zeynalova F. — FGAOU VO Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Simferopol Russia, Simferopol

Zubko E. — FGAOU VO Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Simferopol

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 оставляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно-практический журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением “.doc”, или “.rtf”, шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускаются.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Литература составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные — 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» (e-mail: redaktor@nauteh.ru).