

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 4 2024 (АПРЕЛЬ)

Учредитель журнала
Общество с ограниченной ответственностью
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Журнал издается с 2011 года.

Редакция:

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

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

Издатель:

Общество с ограниченной ответственностью
«Научные технологии»

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

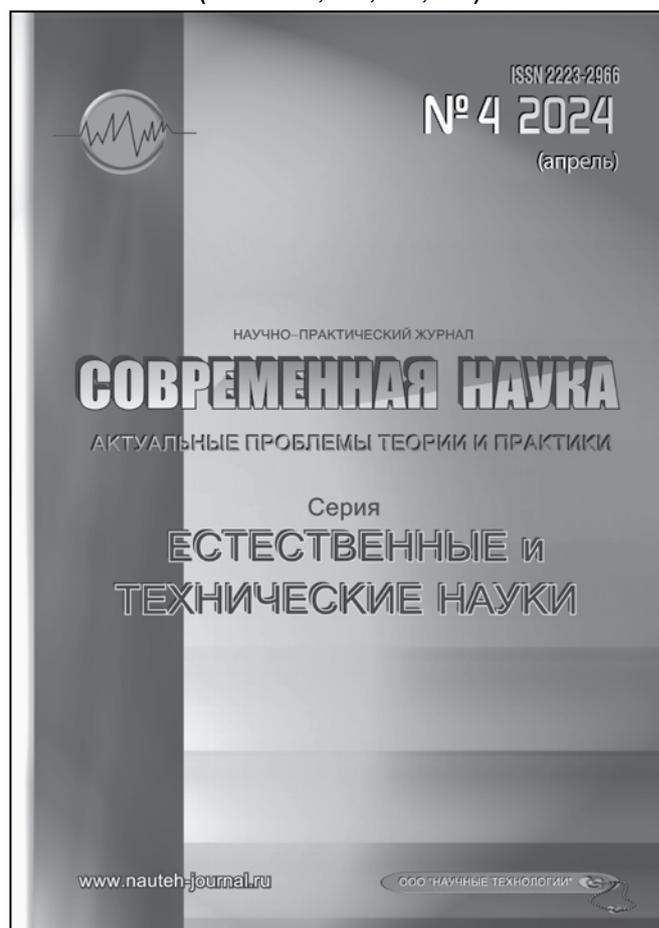
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(ВАК – 1.1.2, 1.5.x, 2.3.x, 3.1.x)



В НОМЕРЕ:

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

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

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

Журнал отпечатан в типографии
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296
Подписано в печать 25.04.2024 г. Формат 84x108 1/16
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



Редакционный совет

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Общая биология

Гламаздин И.Г., Чжан Нань — История исследований паразитов в Китае
Glamazdin I., Zhang Nan — History of parasite research in China7

Иванков В.А. — Морфо-биологическая характеристика пчел среднерусской и карпатской пород
Ivankov V. — Morpho-biological characteristics of bees of central Russian and Carpathian breeds13

Казанцева С.Р., Назарова Л.Ш., Данилко К.В., Малиевский В.А. — Изучение взаимосвязи циркулирующих в крови иммунных комплексов с генами цитокиновой сети у больных ювенильным идиопатическим артритом
Kazantseva S., Nazarova L., Danilko K., Malievsky V. — To study the relationship of immune complexes circulating in the blood with cytokine network genes in patients with juvenile idiopathic arthritis18

Климшин И.П., Показаньева П.Е., Иванова М.Ю., Иванов А.О., Гашев С.Н. — Характер пребывания птиц-ихтиофагов на водоемах «Тоболо-Ишимской лесостепи»
Klimshin I., Pokazaneva P., Ivanova M., Ivanov A., Gashev S. — The nature of the stay of fish-eating birds in the reservoirs of the «Tobol and Ishim forest steppe»23

Комусова О.И., Кирдяшкина О.В., Громова Е.В. — Влияние пренатального воздействия ацетата свинца на структуру коры конечного мозга и концентрацию малонового диальдегида периферической крови 20-ти дневных крыс-потомков
Komusova O., Kirdyashkina O., Gromova E. — The effect of prenatal exposure to lead acetate on the structure of the cerebral cortex and the concentration of malondialdehyde in the peripheral blood of 20-day-old descendant rats30

Моисеева Е.А., Бордей Р.Х., Ложкина-Гамецкая Н.И. — Особенности роста и развития

корневой системы Козлятника восточного (*Galega orientalis* Lam.) в пределах вторичного ареала на песчаных подзолистых почвах в условиях средней тайги Западной Сибири (на примере Сургутского района)

Moiseeva E., Bordey R., Lozhkina-Gametskaya N. — Peculiarities of growth and development of the root system of eastern goat's rue (*Galega orientalis* Lam.) within the secondary range on sandy podzolic soils in the conditions of the middle taiga of Western Siberia (on the example of the Surgut region).....34

Чжан Нань — Текущий статус исследований гидатидной болезни овец в Китае
Zhang Nan — Current research status hydatid disease of sheep in China41

Информатика, вычислительная техника и управление

Богданов Р.А., Самохина В.М. — Роль и использование искусственного интеллекта в финансовом секторе
Bogdanov R., Samokhina V. — Role and use of artificial intelligence in the financial sector.....46

Веркнер А.С., Горлова К.О. — Обнаружение и отслеживание траектории движения светящегося объекта
Werkner A., Gorlova K. — Detection and tracking the trajectory of a luminous object.....51

Горячкин Б.С., Коренькова Т.В., Черных Ю.С. — Методика определения оптимальных категорий для классификации новостного массива
Goryachkin B., Korenkova T., Chernykh Yu. — Methodology for determining optimal categories for classifying a news array.....55

Горячкин Б.С., Желтова А. — Актуализированная классификация информационных моделей, адаптированная к различным сферам IT отрасли
Goryachkin B., Zheltova A. — Updated classification of information models, adapted to various areas of the IT industry62

- Емельянов А.Д.** — Возможности применения технологий искусственного интеллекта для диагностики оборудования
Emelianov A. — The possibilities of using artificial intelligence technologies for equipment diagnostics.....68
- Ермилов М.М., Суркова Л.Е., Битюцкий С.Я., Кудрявцева Л.Г., Шурупов А.А.** — Статистическое оценивание систем леонтьевского типа
Ermilov M., Surkova L., Bityutsky S., Kudryavtseva L., Shurupov A. — Statistical evaluation of Leontief-type systems72
- Кожевников И.С., Сиражитдинов А.Ю.** — Практика использования искусственного интеллекта в управлении проектами по разработке программного обеспечения в российских IT-компаниях
Kozhevnikov I., Sirazhitdinov A. — The practice of using artificial intelligence in software development project management in Russian IT companies.....76
- Нгуен Вьонг Ань** — Нейросетевая модель предсказания абсолютной эффективности профилактических мероприятий и поддержка принятия управленческих решений
Nguyen Vuong Anh — Neural network model for predicting the absolute effectiveness of preventive measures and supporting management decisions.....82
- Ольховая А.М.** — Интеграция искусственного интеллекта в виртуальную реальность для создания персонализированных образовательных сред
Olkhovaya A. — Integration of artificial intelligence into virtual reality to create personalized educational environments88
- Перфильев М.С., Симакина А.А.** — Математическое моделирование циркалунарного и циркатидального биоритмов морских организмов
Perfileev M., Simakina A. — Mathematical modelling of circalunar and circatidal biorhythms of marine organisms.....93
- Потехин С.А.** — Эффективность применения технологии Six Sigma в управлении бизнес-процессами: анализ и перспективы развития
Potekhin S. — The effectiveness of using Six Sigma technology in business process management: analysis and development prospects96
- Сафиуллин И.Р., Яковлев П.В.** — Моделирование работы сетевого подогревателя для определения последнего отсека паровой турбины в блоке парогазовой установки
Safullin I., Yakovlev P. — Modeling the operation of a heater of heating system water to determine the last section of a steam turbine in a combined cycle plant unit..... 100
- Суховерхов В.В., Гуляев И.В., Шабанова И.Н.** — Разработка программы генерации регулярных выражений для задач обучения в написании заголовков функций
Sukhoverkhov V., Gulyaev I., Shabanova I. — Development of a regular expression generation program for learning tasks in writing function headers 104
- Тоичкин Н.А., Виноградов Н.К.** — Постановка задачи машинного обучения для контроля целостности горнодобывающего оборудования
Toichkin N., Vinogradov N. — Formulation of the machine learning problem for the integrity of mining equipment monitoring 109
- Череватова Т.Ф., Смирнов Д.А.** — Функциональная модель системы для управления воспитательной деятельностью командиров учебных групп
Cherevatova T., Smirnov D. — Functional model of a system for managing the educational activities of commanders of training groups 113
- Черепенин В.А., Серкезюк В.Р., Воробьев С.П.** — Электронное сельское хозяйство, основанное на искусственном интеллекте и интернете вещей
Cherepenin V., Serkezyuk V., Vorobyov S. — E-agriculture based on artificial intelligence and the internet of things..... 122
- Швецова В.В., Леонова О.Н., Кайгородцева Н.В.** — Инновационное моделирование сложных криволинейных поверхностей в программе nanoCAD
Shvetsova V., Leonova O., Kaygorodtseva N. — Innovative modeling of complex curved surfaces in the nanoCAD program 128

- Швецова В.В., Леонова О.Н., Кайгородцева Н.В.** — Моделирование малых архитектурных форм в программе nanoCAD
Shvetsova V., Leonova O., Kaygorodtseva N. — Modeling of small architectural forms in the nanoCAD program 134
- Щеголев С.С., Ефремова Т.А., Мотков А.Г.** — Разработка программы для исследования работы таймеров микроконтроллера
Shchegolev S., Efremova T., Motkov A. — Development of a program to study the operation of microcontroller timers 140
- Щеголев С.С., Ефремова Т.А., Мотков А.Г.** — Способы программной реализации работы UART
Shchegolev S., Efremova T., Motkov A. — Methods of software implementation of UART operation 147
- Клиническая медицина
- Азбукина Л.Н.** — Первые уроки COVID-19 в акушерстве
Azbukina L. — First lessons of covid-19 in obstetrics 152
- Басарболиева Ж.В., Овчинников С.В., Аносов В.Д., Северцев А.Н., Черняков А.В., Варданян Д.М., Кешян Э.А.** — Возможности эндовенозной лазерной коагуляции в лечении варикозной болезни вен нижних конечностей в зависимости от диаметра большой подкожной вены
Basarbolieva Zh., Ovchinnikov S., Anosov V., Severtsev A., Chernyakov A., Vardanyan D., Keshyan E. — Possibilities of endovenous laser coagulation in the treatment of varicose veins of the lower extremities depending on the diameter of the great saphenous vein 155
- Ваганов А.Г., Ночной М.С., Лисицкий Д.А., Абрамян А.В., Гавриленко А.В.** — Оценка влияния временного фактора между этапами гибридной и этапной операции на артериях нижних конечностей с применением метода ультрафиолетовой фотолюминисцентной спектроскопии
Vaganov A., Nochnoy M., Lisitsky D., Abrahamyan A., Gavrilenko A. — Study of the effect of the time factor between the stages of hybrid and staged surgery on the arteries of the lower extremities using the method of ultraviolet photoluminescence spectroscopy .. 161
- Вильданов Т.Д., Авзалетдинов А.М., Павлов В.Н., Латыпов Ф.Р., Гибадуллин И.А.** — Способ определения уровня резекции при оперативном лечении эмфиземы легких с использованием флюоресценции
Wildanov T., Avzaletdinov A., Pavlov V., Latypov F., Gibadullin R. — A method for determining the level of resection in the surgical treatment of pulmonary emphysema using fluorescence. 168
- Гулей Ю.В., Сидорова Ю.Д.** — Подходы к гормональной регуляции миомы матки
Guley Yu., Sidorova Yu. — Approaches to hormonal regulation of uterine fibroids. 173
- Жетишев Р.А., Жетишева И.С., Камышова Е.А., Энеева А.Ш., Шабатукова М.Я.** — Особенности течения новой коронавирусной инфекции у детей
Zhetishev R., Zhetisheva I., Kamyshova E., Eneeva A., Shabatukova M. — Features of the course of a new coronavirus infection in children 179
- Малашенко В.Н., Воробьев Т.Ю., Гончарова Н.В.** — Способ прогнозирования риска развития злокачественных новообразований легких
Malashenko V., Vorobiev T., Goncharova N. — Method for predicting the risk of development of malignant new tumors of the lung. 183
- Павлов Б.В., Воронин И.М., Кузиев И.Д., Губанов Д.С., Губанова К.М.** — Рассмотрение клинического случая болезни Вильсона-Коновалова
Pavlov B., Voronin I., Kuziev I., Gubanov D., Gubanova K. — Consideration of a clinical case of Wilson-Konovalov disease. 189
- Россолько Д.С., Чи Хи Вон, Королевская А.В., Маколкин А.А.** — Синдром Майера-Рокитанского-Кюстнера-Хаузера: пути преодоления бесплодия и реализации репродуктивной функции (клинический случай)
Rosolko D., Chi Hee Won, Korolevskaya A., Makolkin A. — Mayer-Rokitansky-Kustner-Hauser syndrome: ways to overcoming infertility and implementing reproductive function (clinical case) 195
- Россолько Д.С., Фузайлова К.Ф., Федулова А.С., Камалова М.Т., Хусаинова Х.А.** — Беременность и ВПЧ: клинические случаи

<i>Rossolko D., Fuzailova K., Fedulova A., Kamalova M., Khusainova Kh.</i> — Pregnancy and HPV: clinical cases	199
Савина Л.В., Ящук А.Г., Масленников А.В., Егорова Е.В. — Функциональное состояние миометрия нижнего маточного сегмента у рожениц с рубцом на матке <i>Savina L., Yashchuk A., Maslennikov A., Egorova E.</i> — The functional state of the myometrium of the lower uterine segment in women in labor with a scar on the uterus.....	204
Целкович Л.С., Балтер Р.Б., Борисова Л.И., Ибрагимова А.Р., Иванова Т.В. — Роль провоспалительных цитокинов в диагностике хронической тазовой боли у гинекологических больных <i>Tselkovich L., Balter R., Borisova L., Ibragimova A., Ivanova T.</i> — The role of proinflammatory cytokines in the diagnosis of chronic pelvic pain in gynecological patients	209
Чесовских Ю.С., Волков К.А., Дубровская М.А., Полиданов М.А., Кравченя А.Р., Кравченя Д.С. — Влияние гормонов гипофиза и гипоталамуса на функциональную активность желудка <i>Chasovskikh Yu., Volkov K., Dubrovskaya M., Polidanov M., Kravchenya A., Kravchenya D.</i> — The effect of pituitary and hypothalamus hormones on the functional activity of the stomach.....	213
Наши авторы	217

ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПАРАЗИТОВ В КИТАЕ

HISTORY OF PARASITE RESEARCH
IN CHINA**I. Glamazdin
Zhang Nan**

Summary. As an important pathogen, parasites are widespread in various regions of the world, causing enormous harm to human health and animal husbandry every year. This article focuses on an overview of the development history and current situation in the field of parasite research in China.

With the development of the economy, the exchange of economic and cultural personnel between China and foreign countries is increasing every day. The number of people entering and leaving the country has increased significantly, which in some cases leads to a situation where some infected people bring the parasite into their country. This includes both insect species that have long existed in China, as well as those species that scientists have yet to study. Unfortunately, effective measures to combat this problem do not currently exist, however, over the past 100 years, research on parasites in China has made tremendous progress. By identifying the main ideas and clarifying the current situation in the field of parasite research in China, we will be able to explore the advantages and disadvantages of existing research and indicate their further direction.

Keywords: parasites, parasitology, parasitic diseases, China, research.

Гламоздин Игорь ГеннадьевичДоктор ветеринарных наук, профессор,
Российский биотехнологический университет**Чжан Нань**Российский биотехнологический университет
yanran123456@gmail.com

Аннотация. Являясь важным возбудителем паразиты широко распространены в различных регионах мира, ежегодно нанося огромный вред здоровью человека и животноводству. В этой статье основное внимание уделяется обзору истории развития и текущей ситуации в области исследований паразитов в Китае.

С развитием экономики с каждым днем увеличивается обмен экономическими и культурными кадрами между Китаем и зарубежными странами. Число людей, въезжающих и выезжающих из страны, значительно возросло, что в некоторых случаях приводит к ситуации, когда некоторые зараженные люди привозят паразита в свою страну. Сюда входят как виды насекомых, уже давно существующие в Китае, так и те виды, исследования которых еще предстоит ученым. К сожалению, эффективных мер борьбы с этой проблемой на данный момент не существует, однако, за последние 100 лет исследования паразитов в Китае достигли огромного прогресса. Выявив основные идеи и прояснив текущую ситуацию в области исследований паразитов в Китае, мы сможем изучить преимущества и недостатки уже существующих исследований и указать их дальнейшее направление.

Ключевые слова: паразиты, паразитология, паразитарные болезни, Китай, исследования.

Введение

Китай — страна, которая имеет обширную территорию, большая часть которой располагается в умеренных и субтропических зонах. Когда-то Китай был одной из территорий с серьезными эпидемиями паразитарных заболеваний, за счет чего имеет долгую историю исследований паразитов, которая берет свое начало со времен династий Цинь и Хань (221 г. до н.э. — 220 г. н.э.). Паразиты упоминаются в самом раннем медицинском труде Китая «Хуанди Нэйцзин»¹. Однако записи того времени в основном основывались на наблюдениях и опыте, а метод классификации также отличался от современного метода. Некоторые термины настолько стары, что трудно определить вид паразитов, которому они соответствуют. Тем не менее, есть много результатов исследований, имеющих важную научную ценность и заслуживающих углубленного изучения: например, эффективность артемизинина в борьбе с малярией и другие.

¹ Ли Хунхэ, Уроки прошлого: исследование исторического опыта руководства Коммунистической партии Китая в области здравоохранения и профилактики эпидемий [М], // Пекин: Народное издательство, 2016

Цель исследования — изучить преимущества и недостатки исследований паразитов в Китае и указать направление дальнейшего их изучения.

1. Исследования паразитов в Китае

1.1. Исследования паразитов под руководством зарубежных ученых

В конце 19 — начале 20 веков различные империалистические страны начали лихорадочно захватывать колонии, многие из которых располагались в тропиках и субтропиках, где особенно были распространены паразитарные заболевания. Чтобы справиться с этими паразитарными заболеваниями медицинские работники и научные исследователи в империалистических странах начали изучать паразитов и добились определенных успехов.

После 1840 года Китай стал полуколониальной и полупфеодальной страной. Предшественница паразитологии, «медицинская энтомология», появилась в конце династии Цин в Китае.

Такие паразиты, как *Paragonimus*, *Schistosoma*, лимфатический филяриатоз и *Clonorchis sinensis*, были последовательно обнаружены в Китае в конце 19-го и начале 20-го века. Число ученых и врачей, занимающихся исследованиями паразитов, постепенно увеличивалось, и в Китае начались собственные исследования паразитов.

С 1871 по 1884 год Мэнсон, иностранный врач, работавший на таможне Сямэнь, выявил множество паразитов человека. Например, Мэнсон обнаружил людей, инфицированных *F. Bancrofti* в Китае в период с 1877 по 1878 год, и пришел к выводу, что переносчиком являются комары *Culex*. В 1880 году Мэнсон обнаружил яйца *Paragonimus* в мокроте пациента, в 1881 году он обнаружил *Trichinella* спиральную в свинине, а в 1882 году он обнаружил *Sparganoma mansoni* у людей².

Керр, иностранный церковный врач, обнаружил первый в Китае случай заражения *Fasciolopsis brucei* в Гуанчжоу в 1873 году, а Логан обнаружил первый в Китае случай заражения *Schistosoma japonicum* в городе Чандэ, провинция Хунань еще в 1905 году. Церковный врач Максвелл начал участвовать в исследовании паразитарных болезней в 1887 году и написал книгу «Болезни в Китае», в которой обобщил эпидемическую ситуацию паразитарных болезней в стране. К 1920 году в Китае было зарегистрировано 24 вида паразитов человека, в том числе 5 видов простейших и 19 видов гельминтов³.

1.2. Исследования паразитов под руководством китайских исследователей

Китайские учёные начали постепенно присоединяться к исследованиям паразитологии в 1920 году. В 1920 году при Пекинском союзном медицинском колледже была основана группа паразитологии, которая стала первым учебным и исследовательским учреждением по паразитологии в Китае. Большая работа была проделана в области подготовки кадров для исследования паразитов.

В 1928 году Хун Шилу основал Институт тропических болезней в Ханчжоу, который стал одним из важнейших исследовательских институтов паразитологии в Китае. После этого один за другим появился ряд научно-исследовательских учреждений для проведения исследований по паразитологии, таких как Институт зоологии Академии Синика в Нанкине, Институт биологии Цзиншэн

² Цюй Фэнъи. Исторический обзор и комментарий к развитию медицинской паразитологии в моей стране за последнее столетие [J]. // Китайский журнал паразитологии и паразитических болезней, 2007, № 25 (4)

³ Чжан Ифан, Гао Шуфэнъ, Сорок лет профилактики и борьбы с эндемическими заболеваниями в Китае [M], //Пекин: China Environmental Science Press, 1990.

в Пекине, Шанхайский медицинский научно-исследовательский институт Лейшидэ. В то же время некоторые университеты также проводили соответствующую преподавательскую и научно-исследовательскую работу, например, Национальный Шанхайский медицинский колледж, Университет Линнань, Университет Цилу и другие.

Что касается профессиональных журналов, то Китайский медицинский миссионерский журнал (СМЖ), основанный иностранными церквями в Шанхае в 1887 году, стал первым изданием, опубликовавшим результаты исследований паразитов. В 1915 году Китайская медицинская ассоциация основала в Шанхае «Национальный медицинский журнал Китая», в котором было опубликовано множество важных результатов исследований паразитов.

В сентябре 1932 года кафедра паразитологии Центральной лаборатории здравоохранения создала в Нанкине «Экспериментальное бюро центральных медицинских учреждений», которое позже было преобразовано в «Центральную лабораторию здравоохранения» и состояло из трех отделов. Бюро отвечало за паразитологию в Китае, исследования по изучению насекомых-переносчиков, а также руководство по профилактике и борьбе с ними. Создание этой организации во многом способствовало прогрессу исследований паразитов в Китае и в 1930 году в Китае было зарегистрировано 49 видов паразитов⁴.

С появлением профессиональных исследовательских институтов и журналов, а также благодаря круглогодичному развитию талантов, паразитология стала важной новой дисциплиной в Китае со стабильной исследовательской группой и активным сотрудничеством с зарубежными учеными.

Начиная с 1930 года в Китае сформировалась исследовательская группа по паразитологии, основным составом которой были китайские ученые. Ее представителями стали Хун Шилу (1894–1955), Яо Юнчжэн (1901–1985), Фэн Ланьчжоу (1903–1972) и Чэнь Синьтао (1904–1977).

Хун Шилу — один из основоположников китайской паразитологии. Он первым предложил отделить паразитологию от патологии и сделать ее самостоятельной дисциплиной. Яо Юнчжэн проводил исследования в эпидемических районах юго-западного Китая и в 1936 году обнаружил, что так называемые «миазмы» на юго-западе Китая представляют собой малярию *falciparum*. Фэн Ланьчжоу является одним из пионеров в изучении паразитарных заболеваний, передающихся насекомыми, в Китае. С 1930-х годов он проводил обширные исследования и исследования малярии, филяриатоза и кома-

⁴ Дуань Инонг, Ван Чжунцюань, Фан Цян, Современная паразитология [M], 2-е издание, // Пекин: Народное военно-медицинское издательство, 2015.

ров-переносчиков в Китае. Впервые он обнаружил, что, кроме того, до *Filaria Bancrofti*, в Китае до сих пор есть лошади и люди, зараженные филяриатозными червями. В 1930-е годы Чэнь Синьтао провел обследование фауны гельминтов на юге Китая, а также экспериментальные экологические и таксономические исследования *Paragonimus* и *Heterocystis*.

На этом этапе Китай разделил паразитов на три ветви: «черви», «простейшие» и «насекомые». Были проведены детальные эпидемиологические исследования по таким паразитарным заболеваниям, как малярия, шистосомоз, лейшманиоз, филяриоз, анкилостомоз, фасциолез. Сосредоточив внимание на выяснении истории жизни паразитов, мы накопили большой опыт эпидемического распространения и клинического лечения. К моменту основания Нового Китая в 1949 году было зарегистрировано 64 вида паразитов. Однако, поскольку Китай с 1840 года переживает различные войны, ему всегда не хватало хорошей среды для научного развития, экономика чрезвычайно сложна, а инвестиции в научные разработки всегда были ограничены, что серьезно ограничивало развитие исследований паразитов в Китае в период этот период. Тем не менее, был достигнут ряд результатов: в 1934 году Яо Юнчжэн обследовал пациентов в трех больницах Нанкина, проанализировал сезон начала малярии, а также возрастное и половое распределение пациентов и вместе с У Чжэнцзяном определил роль, которую играет *Anopheles sinensis* в распространение малярии. В 1936 году Яо Юнчжэн, Линь Лянчэн и другие подтвердили, что так называемые «миазмы», распространенные в горных районах юго-запада моей страны, на самом деле были малярией *falciparum*⁵. В 1941 году Яо Юнчжэн и У Чжэнцзян впервые продемонстрировали существование *Plasmodium ovale* в Китае в Куньмине. Из-за раздираемой войной обстановки в то время конкретное число больных не могло быть определено и могло быть оценено только косвенно, через количество хинина, импортируемого таможен. В 1936 году Сюй Чжисюй обнаружил *Leishmania donovani* в организме москита китайского, с тех пор У Чжэнцзянь, Яо Юнчжэн, Фэн Ланьчжоу и другие провели на основе этого серию исследований и, наконец, доказали, что комар китайский является основным переносчиком кала-азар в Китае. Однако из-за ограничений технологий того времени не было возможности эффективно предотвратить и лечить кала-азар. Тан Чжунчжан провел детальное исследование распространенности шистосомоза в округе Фуцин, подробно описал морфологические характеристики мирацидий и церкарий шистосомоза, а также открыл новый вид улиток в качестве промежуточного хо-

⁵ Ван Хуацин, Ань Чжицзе, Инь Цзундун. Обзор 70-летних достижений в области профилактики и контроля семи инфекционных заболеваний в Национальной программе иммунизации [J]. // Китайская вакцина и иммунизация, 2019, №25 (4)

зяина⁶. У Гуан и японская Асада совместно определили каменных крабов и широчайших крабов как переносчиков парагонимоза в Китае. Провинция Чжэцзян и северо-восточный Китай являются эндемичными районами парагонимоза в Китае. В 1931 году Чэнь Синьтао обнаружил в Гуанчжоу новый вид, назвал его *Paragonimus Yilecun* и уточнил историю его жизни с 1935 по 1940 год.

2. Исследования паразитов в современном Новом Китае

После основания Нового Китая в 1949 году в Китае царил относительно мирная и стабильная обстановка, предприятия начали вставать на путь быстрого развития, а различные дисциплины открыли период быстрого развития.

В то время из-за плохих санитарно-гигиенических условий осведомленность населения о профилактике была недостаточной, и были распространены различные паразитарные заболевания. Среди них наиболее вредоносными паразитарными болезнями были малярия, кала-азар, шистосомоз, филяриоз и анкилостомоз, они стали в то время объектом исследований.

Ситуация по заболеваемости в то время была такова: ежегодно 30 миллионов человек болели малярией, более 10 миллионов человек болели шистосомозом, более 500 тысяч человек болели кала-азаром, 30 миллионов человек болели филяриатозом, 200 миллионов человек были заражены анкилостомами. Чтобы сконцентрировать свои усилия на борьбе с паразитарными заболеваниями, которые представляют серьезную угрозу для жизни и здоровья людей, Новый Китай реализовал политику «прежде всего профилактика» и «сочетание работы в области здравоохранения и массовых движений» для комплексного проведения исследований и профилактики паразитов. Особенно после того, как Соединенные Штаты применили бактериальное оружие для нападения на Северо-Восточный Китай и Северную Корею в 1952 году, Китай начал общенациональную «Патриотическую кампанию по борьбе с вредителями и болезнями», с целью ликвидировать паразитарные заболевания, наиболее вредные для людей.

В 1989 году Китай провел первое национальное выборочное исследование паразитарных заболеваний и обнаружил, что общий уровень заражения достиг 62,632 (±0,339) %. На основании этого было подсчитано, что существует 708 миллионов (704–712 миллионов) паразитарных инфекций в Китае⁷. После полувека напря-

⁶ Ян Вэйчжун. Китай добился замечательных результатов в профилактике и борьбе с инфекционными заболеваниями за последние 70 лет [J]. // Китайский журнал эпидемиологии, 2019, № 40 (12)

⁷ Сяо Айшу. Очерк патриотического движения за здоровье с 1949 по 1959 год [J]. // Исследования по современной истории Китая, 2003 (01).

женной работы Китай добился больших успехов в борьбе и ликвидации паразитарных заболеваний. В 1958 году Китай практически ликвидировал кала-азар. В 1994 г. филяриоз достиг уровня полной ликвидации, а в 2006 г. была достигнута цель блокирования распространения филяриатоза по всей стране. В 2010 году Китай разработал план ликвидации малярии. Планируется остановить передачу шистосомоза к 2015 году, и в настоящее время 70 % эндемичных районов достигли стандарта. По результатам Национального обследования паразитарных заболеваний с 2001 по 2004 год средний уровень заражения анкилостомами снизился с 17,66 % в 1988–1992 годах до 6,12 %, а число инфицированных также снизилось со 194 миллионов до 39,3 миллионов.

С 1950 по 2006 год в Китае было открыто 64 вида паразитов человека, в том числе 17 видов простейших и 45 видов гельминтов (в том числе 22 вида сосальщиков, 6 видов ленточных червей, 15 видов нематод и 2 вида скребней), 2 вида *Ligulalepis*. Всего с 1871 по 2006 год в Китае было зарегистрировано 128 видов паразитов человека (в том числе 39 видов простейших, 86 видов гельминтов и 3 вида языковых червей), из них 64 вида (что составляет 50 %) были вновь открыты после основания Китайской Народной Республики⁸.

3. Текущее состояние эпидемии паразитов в Китае

3.1. Число паразитарных инфекций, передающихся через почву, значительно снизилось, однако число паразитарных инфекций пищевого происхождения продолжает расти

После основания Китайской Народной Республики, благодаря непрерывной ликвидации паразитов, социально-экономические и санитарные условия значительно улучшились, а осведомленность людей о мерах профилактики возросла, поэтому уровень традиционного заражения паразитами значительно снизился. Однако с учетом все более разнообразного рациона питания число больных, заразившихся паразитарными заболеваниями через пищу, значительно возросло. В основном это передающиеся через воду лямблии, ленточные черви, переносимые рыбой, печеночные сосальщики, переносимые рыбами, *Angiostrongylus cantonensis*, переносимые моллюсками, паразитические простейшие, переносимые пресноводными ракообразными, и переносимые амфибиями мандариновые сосальщики, полосатый ленточный червь, имбирь *Fasciolopsis* растительного происхождения и другие. Большинство этих пациентов заражаются паразитами через пищу.

⁸ Ю Сенхай. Достижения в области профилактики и контроля паразитарных заболеваний демонстрируют высокую жизнеспособность нынешней системы моей страны [J]. //Китайский журнал паразитологии и паразитических заболеваний, 2019, № 37 (4)

3.2 Число паразитарных инфекций, связанных с домашними животными, значительно возросло

Из-за изменений в образе жизни все больше и больше людей заводят домашних животных. В основном включая *Toxoplasma gondii* и гидатид. В последние годы, благодаря внедрению стандартов разведения домашних животных, больше домашних животных было вакцинировано против эпидемий, что снизило уровень заражения. Однако зараженность паразитами среди людей, содержащих домашних животных, по-прежнему остается на высоком уровне.

3.3. По-прежнему много людей, зараженных паразитическими червями

Хотя Кала-азар практически ликвидирован уже более 50 лет, каждый год по-прежнему возникают новые случаи. Хотя цель прекращения передачи филяриатоза была достигнута, источник инфекции не был полностью ликвидирован. Результаты национального исследования 2001–2004 годов о состоянии важных паразитарных заболеваний человека показывают, что кишечные паразитарные инфекции по-прежнему очень серьезны в Китае, из которых уровень заражения нематодами, передаваемыми через почву, составляет 19,56 % (в том числе нематодами 6,12 %, круглыми червями 12,72 %, власоглавы 4,63 %). Число людей, инфицированных нематодами, передающимися через почву, по всей стране оценивается примерно в 129 миллионов человек. Число случаев заражения нематодой и власоглавом составляет примерно 39,3 миллиона и 29,09 миллиона соответственно⁹.

Помимо кишечных паразитарных заболеваний, на юго-западе и северо-западе Китая по-прежнему распространены внутритканевые паразитарные заболевания, такие как трихинеллез, цистицеркоз свиней и эхинококкоз. *Clonorchis sinensis* до сих пор иногда распространен в провинциях Гуандун, Гуанси, Цзилинь и Хэйлунцзян.

3.4. Рост числа завозных паразитарных заболеваний

С развитием экономики с каждым днем увеличивается обмен экономическими и культурными кадрами между Китаем и зарубежными странами. Число людей, въезжающих и выезжающих из страны, значительно возросло. Это приводит к тому, что некоторые зараженные паразитами люди привозят паразита в страну. Сюда входят как виды насекомых, произрастающие в Китае, так и виды насекомых, редкие в Китае. И эффективных мер

⁹ Сюй Лунци, Чэнь Индань, Сунь Фэнхуа и др. Отчет об исследовании текущего состояния важных паразитарных заболеваний человека в стране [J]. //Китайский журнал паразитологии и паразитических заболеваний, 2005, №23 (S1)

борьбы с этой проблемой на данный момент не существует. Например, в последние годы в моей стране были обнаружены лоа-филяриоз, шистосомоз *mansonii* и шистосомоз *haematobium*.

Выводы

1. Необходимо постоянно усиливать пропаганду профилактики и борьбы с паразитами.

В последние годы в условиях быстрого развития социальной экономики образ жизни людей претерпел большие изменения. Кроме того, паразиты в основном привели к гибели людей в районах Китая, не связанных с животноводством, поэтому многие люди не очень осведомлены о профилактике от паразитов. Многие владельцы домашних животных даже не подозревают, что их питомцы могут быть заражены паразитами, поэтому многие владельцы домашних животных не проводят, вовремя иммунизацию своих питомцев, в результате чего сами заражаются от своих питомцев. В пастбищных районах, несмотря на высокий уровень паразитарных инфекций, многие пастухи до сих пор не имеют достаточного понимания паразитарных заболеваний, в результате чего меры профилактики и борьбы не принимаются на пастбищных территориях. Поэтому необходимо создать множество эффективных каналов для постоянного содействия профилактике паразитов и борьбе с ними. Только путем повышения осведомленности о профилактике и контроле мы можем по-настоящему и эффективно снизить уровень паразитарных инфекций.

2. При борьбе с паразитами следует проводить комплексную профилактику и контроль во избежание загрязнения окружающей среды.

В Китае на протяжении десятилетий использовался пентахлорфенол натрия (Na-PCP) в качестве предпочтительного средства для уничтожения улиток в районах, зараженных шистосомозом, для уничтожения промежуточных хозяев шистосомоза. Однако позже выяснилось, что уровни ядов в крови населения эпидемических районов были значительно выше, чем в неэпидемических районах. Это показывает, что местная окружающая среда серьезно загрязнена. Борьба с паразитами является серьезной проблемой общественного здравоохранения.

3. Необходимо создать общенациональную сеть выявления и профилактики паразитарных заболеваний.

В 2004 году Китай завершил исследование важных паразитарных заболеваний человека в Китае. Результаты показали, что уровень заражения паразитами, передающимися через почву, снизился на 63,65 % по сравнению с 1990 годом, а число инфицированных людей сократилось почти на 400 миллионов. Тем не менее, текущий уровень заражения гельминтами в Китае составляет

21,38 %, и еще есть 11 единиц провинциального уровня, где уровень заражения нематодами, передающимися через почву, достигает 20,07 % — 56,22 % единиц значительно возросло. По результатам обследования, число людей, зараженных почвенными нематодами, в Китае составляет около 129 миллионов, число людей, зараженных печеночными сосальщиками, — около 12,49 миллионов, число людей, зараженных ленточными червями, — около 550 тысяч, число пациентов с эхинококкозом составляет около 380 000. Кроме того, кала-азар все еще распространен в некоторых районах Синьцзяна, Ганьсу и Сычуани, а в некоторых районах наблюдаются положительные серологические исследования на цистицеркоз (цистицеркоз свиней), парагонимоз (парагонимоз), трихинеллез и токсоплазмоз. Уровень заболеваемости также выше. Паразитарные заболевания угрожают главным образом женщинам и детям, а пациенты в основном распространены в западных регионах, районах проживания меньшинств и экономически слабо развитых районах. Ситуация с профилактикой и контролем паразитарных заболеваний в Китае по-прежнему очень серьезна.

4. Необходимо постоянно расширять масштабы исследований паразитов и предотвращать завоз паразитов.

Необходимо постоянно расширять масштабы исследований паразитов, придавать значение данным, получаемым больницами как первооткрывателями зарубежных паразитов, налаживать механизм своевременной обратной связи. Целенаправленно усилить противоэпидемическую работу против завозных паразитов. Создать национальную базу данных по паразитам. В настоящее время в Китае обнаружено 293 вида паразитов человека. Институт профилактики и контроля паразитарных заболеваний Китайского центра по контролю и профилактике заболеваний был основан в 2002 году. Его предшественником был Восточно-Китайский филиал Центрального института здравоохранения, созданный в 1950 году. Он является филиалом Китайского центра по контролю и профилактике заболеваний. Профилактика и центр бизнес-консультирования по профилактике и борьбе с паразитарными заболеваниями в Китае. За последние 10 лет он завершил стандартизированную компиляцию 110 000 ресурсов видов паразитов и насекомых, имеет 20 физических баз хранения в 15 провинциях, а также построил в Китае центр сохранения ресурсов паразитов и насекомых национального уровня и сеть ресурсов видов насекомых.

Исследования паразитов в Китае развивались от доминирования иностранцев к доминированию местных жителей, от накопления опыта к полному установлению системы дисциплины и от создания системы дисциплины к широкомасштабной борьбе и искоренению паразитов. За последние 100 лет исследования паразитов в Китае достигли огромного прогресса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ли Хунхэ, Уроки прошлого: исследование исторического опыта руководства Коммунистической партии Китая в области здравоохранения и профилактики эпидемий [М], // Пекин: Народное издательство, 2016.
2. Цюй Фэнъи. Исторический обзор и комментарий к развитию медицинской паразитологии в моей стране за последнее столетие [J]. // Китайский журнал паразитологии и паразитических болезней, 2007, № 25 (4)
3. Чжан Ифан, Гао Шуфэнь, Сорок лет профилактики и борьбы с эндемическими заболеваниями в Китае [М], // Пекин: China Environmental Science Press, 1990.
4. Дуань Инонг, Ван Чжунцюань, Фан Цян, Современная паразитология [М], 2-е издание, // Пекин: Народная военно-медицинская пресса, 2015.
5. Ван Хуацин, Ан Чжицзе, Инь Цзундун. Обзор 70-летних достижений в области профилактики и контроля семи инфекционных заболеваний в Национальной программе иммунизации [J]. // Китайская вакцина и иммунизация, 2019, № 25 (4)
6. Ян Вэйчжун. 70 лет выдающихся достижений Китая в профилактике и борьбе с инфекционными заболеваниями [J]. // Китайский журнал эпидемиологии, 2019, № 40 (12)
7. Сяо Айшу, Обзор патриотического движения за здоровье с 1949 по 1959 год, [J] // Исследование современной китайской истории, 2003(01).
8. Юй Сенхай. Достижения в области профилактики и контроля паразитарных заболеваний демонстрируют высокую жизнеспособность нынешней системы моей страны [J]. // Китайский журнал паразитологии и паразитических заболеваний, 2019, № 37 (4)
9. Сюй Лунци, Чэнь Индань, Сунь Фэнхуа и др. Отчет об исследовании текущего состояния важных паразитарных заболеваний человека в стране [J]. // Китайский журнал паразитологии и паразитических заболеваний, 2005, № 23 (S1)
10. Институт профилактики и контроля паразитарных заболеваний, Китайский центр по контролю и профилактике заболеваний, Отчет о национальном исследовании текущей ситуации с основными паразитарными заболеваниями человека, 2015 г. // Пекин: Издательство People's Health, 2018.
11. Китайский центр по контролю и профилактике заболеваний https://www.chinacdc.cn/ztxm/jkzg2020/gnzt/200807/t20080730_53751.html

© Гламаздин Игорь Геннадьевич; Чжан Нань (yianran123456@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОРФО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЧЕЛ СРЕДНЕРУССКОЙ И КАРПАТСКОЙ ПОРОД

MORPHO-BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF BEES OF CENTRAL RUSSIAN AND CARPATHIAN BREEDS

V. Ivankov

Summary. The article studies the morpho-biological characteristics of Central Russian and Carpathian bees, which sheds light on their physical and biological characteristics. Bee breeds play a critical role in pollination and honey production, so studying their characteristics is important for beekeeping and conservation efforts. The study delves into morphological aspects, describing body size, coloration, wing structure and other physical features unique to each breed.

In addition, the biological characteristics of these bees are being examined, including behavior, foraging habits, and reproductive patterns. The comparative analysis reveals both similarities and differences between the Central Russian and Carpathian breeds, providing valuable information for beekeepers and researchers. Understanding these morpho-biological characteristics facilitates the development of effective beekeeping practices and conservation strategies. Further research in this area promises to improve bee health, honey production and environmental sustainability.

Keywords: morpho-biological features, honey crops, genetic selection, environmental impact, genetic variations.

Иванков Владимир Алексеевич

Аспирант, Российский Государственный Университет
Народного Хозяйства имени В.И. Вернадского
warsonof62@gmail.com

Аннотация. В статье изучены морфо-биологические особенности среднерусских и карпатских пчел, что проливает свет на их физические и биологические особенности. Породы пчел играют решающую роль в опылении и производстве меда, поэтому изучение их характеристик имеет важное значение для пчеловодства и усилий по сохранению. Исследование углубляется в морфологические аспекты, описывая размер тела, окраску, строение крыльев и другие физические особенности, уникальные для каждой породы.

Кроме того, исследуются биологические характеристики этих пчел, включая поведение, привычки добывания пищи и репродуктивные модели. Сравнительный анализ выявляет как сходства, так и различия между среднерусской и карпатской породами, предоставляя ценную информацию для пчеловодов и исследователей. Понимание этих морфо-биологических характеристик способствует разработке эффективных методов пчеловодства и стратегий сохранения. Дальнейшие исследования в этой области обещают улучшить здоровье пчел, производство меда и экологическую устойчивость.

Ключевые слова: морфо-биологические особенности, медоносные культуры, генетический отбор, экологическое воздействие, генетические вариации.

Введение

Пчелы играют жизненно важную роль в опылении и производстве меда, поэтому изучение их характеристик имеет важное значение для пчеловодства и усилий по сохранению. В статье рассмотрены морфо-биологические особенности среднерусских и карпатских пчел. Среднерусская порода (*A.m. mellifera* L.) и карпатская порода (*A.m. carpatica* Avet.) внесены в Государственный реестр пчел России, допущенных к разведению. Эти породы обладают уникальными морфологическими особенностями, такими как размер тела, окраска и строение крыльев. Кроме того, исследуются их биологические характеристики, включая поведение, образ жизни и репродуктивные модели. Сравнительный анализ выявляет как сходства, так и различия между двумя породами. Понимание этих морфо-биологических характеристик способствует разработке эффективных методов пчеловодства и стратегий сохранения.

Цель этой статьи — предоставить пчеловодам и исследователям ценную информацию, способствующую

сохранению и устойчивому управлению этими важными популяциями пчел.

Результаты исследования

Среднерусская и карпатская породы пчел — это два разных типа медоносных пчел с уникальными характеристиками. Карпатская пчела, также известная как Карпатка, считается вариантом или экотипом карниолской медоносной пчелы, обитающей в Карпатском горном хребте, охватывающем Польшу, Словакию, Западную Украину и Румынию. Считается универсальным видом и показал преимущества в медосборе по сравнению с среднероссийскими и австрийскими популяциями. Карпатские пчелы известны своей высокой продуктивностью, выносливостью и зимостойкостью. Их выращивают более чем в 20 странах. (см. Рис. №1)

С другой стороны, среднерусская пчела, подвид западной медоносной пчелы, известна своей приспособляемостью к различным климатическим зонам России. Хотя на некоторых лугах он может иметь меньший уро-



КАРПАТСКАЯ ПОРОДА

Рис. 1

жай меда по сравнению с кавказскими родственниками, он превосходит других в районах со специфическими медоносными культурами. Понимание характеристик этих пород пчел имеет решающее значение для эффективных методов пчеловодства и усилий по сохранению. (см. Рис №2)

Среднерусская и карпатская породы пчел имеют определенное географическое распространение:

Среднерусская порода пчел в основном встречается в центральных регионах России, включая такие области, как Москва, Тверь и Владимир. Эта порода хорошо адаптирована к местному климату и природным условиям региона.

Карпатская порода пчел, как следует из названия, в основном встречается в регионе Карпатских

гор, который охватывает несколько стран, включая Украину, Румынию, Словакию, Польшу и Венгрию. Карпатские горы представляют собой уникальную среду обитания для этих пчел с разнообразной флорой и благоприятными климатическими условиями [1, с. 549].

И среднерусская, и карпатская породы пчел со временем адаптировались к своим географическим регионам, развив характеристики, которые делают их хорошо приспособленными к местной среде.

Историческое значение этих пород пчел заключается в их вкладе в практику пчеловодства и местные экосистемы. Вот несколько моментов, которые следует учитывать:

Пчеловодство в России имеет давнюю историю, и среднерусская порода пчел сыграла значительную роль в развитии пчеловодства в стране. Эти пчелы известны своей выносливостью, продуктивностью и устойчивостью к суровым погодным условиям, что делает их ценными для производства меда и опыления.

Карпатская порода пчел играла важную роль в регионе Карпатских гор, где пчеловодство было традиционной практикой на протяжении веков. Эти пчелы известны своим мягким темпераментом, высокой медоносностью и способностью адаптироваться к горным условиям.

Обе породы пчел внесли свой вклад в сохранение местных экосистем, опыляя растения и обеспечивая их воспроизводство. В целом пчелы играют решающую роль в поддержании биоразнообразия и поддержке роста различных видов растений посредством опыления.

Важно отметить, что историческое значение этих пород пчел выходит за рамки их географического распро-



Рис. 2



СРЕДНЕРУССКАЯ ПОРОДА

странения. Практика пчеловодства, сохранение популяций пчел и экологическое воздействие пчел — все это области, представляющие интерес для изучения исторической географии и экологических исследований [2, с.373].

Морфологические характеристики среднерусских и карпатских пчел могут различаться, и важно отметить, что на эти характеристики могут влиять такие факторы, как условия окружающей среды и генетические вариации внутри популяций пчел. Вот некоторые общие морфологические характеристики:

Размер тела: Пчелы обеих пород обычно имеют одинаковый размер тела: рабочие имеют длину около 10-12 мм, а королевы немного крупнее.

Окраска: Окраска среднерусских и карпатских пчел может различаться. На их теле может быть сочетание желтого, коричневого и черного цветов. Однако важно отметить, что отдельные пчелы в популяции могут иметь различную окраску.

Крылья: У пчел обеих пород по четыре крыла, причем передние больше задних. Крылья прозрачные и с жилками, что позволяет летать.

Усики: у пчел длинные сегментированные усики, которые используются для восприятия окружающей среды и обнаружения запахов в воздухе.

Метасомальные сегменты: у самок пчел есть шесть открытых тергальных сегментов метасомы, тогда как у пчел-самцов обычно есть семь открытых тергальных сегментов. Метасомальные сегменты расположены в брюшке.

Жало: Самки пчел обладают модифицированным яйцекладом, который обычно называют жалом. Жало используется для защиты и отсутствует у пчел-самцов.

Важно отметить, что это общие морфологические характеристики, и могут быть различия внутри и между популяциями среднерусских и карпатских пчел [3, с.271].

Помимо морфологических особенностей, среднерусские и карпатские пчелы обладают определенными **биологическими признаками**:

Поведение: Среднерусские и карпатские пчелы известны своим трудолюбивым характером и продуктивностью. Они прилежные собиратели и играют решающую роль в опылении и производстве меда.

Устойчивость: Карпатские пчелы выработали естественную толерантность к ульевым вредителям, таким

как варроа и трахеальный клещ, из-за их происхождения в регионе Карпатских гор. Российские пчелы, в том числе и среднерусские, известны своей устойчивостью к паразитическим клещам и способностью адаптироваться к холодному климату.

Нежность: Карпатских пчел часто сравнивают как людей с мягким поведением, поэтому с ними легче работать. Однако важно отметить, что индивидуальное поведение пчел может различаться.

Эти биологические особенности обуславливают экологическую значимость среднерусских и карпатских пчел с точки зрения опыления, медообразования и их способности адаптироваться к конкретным условиям окружающей среды [4, с.275].

Приведём сравнение и противопоставление морфо-биологических характеристик среднерусской и карпатской пород пчел:

- Обе породы произошли от краинской медоносной пчелы (*Apis mellifera carnica*), произрастающей в горных регионах Центральной и Восточной Европы;
- Среднерусская пчела обитает на Среднерусской возвышенности, которая представляет собой холмистую местность между реками Ока и Дон. Карпатская пчела обитает в Карпатском горном хребте, который образует дугу через Польшу, Словакию, Западную Украину и Румынию;
- Среднерусская пчела — крупное насекомое массой 110–210 мг, сплошного темно-серого цвета без желтых и красных оттенков. Карпатская пчела меньше по размеру, имеет более темный цвет, чем карниолская пчела, но с желтыми полосами на брюшке;
- Среднерусская пчела имеет длинный хобот длиной 6–6,4 мм, который позволяет ей получать доступ к нектару из глубоких цветков. Карпатская пчела имеет аналогичный хобот длиной 6,3–6,5 мм;
- Среднерусская пчела лохматая, с волосками длиной 5 мм, которые помогают ей сохранять тепло в холодную погоду. Карпатская пчела менее волосатая, ее длина составляет 3,5–4 мм, но у нее более длинные крылья по сравнению с размером ее тела, что помогает ей летать при более низких температурах;
- У среднерусской пчелы широкие лапы и высокий кубитальный индекс, что указывает на сильную адаптацию к окружающей среде. Карпатская пчела имеет аналогичный кубитальный индекс 2,2–2,4, но лапы у нее более узкие;
- Среднерусская пчела роистая, в рой может войти до 70 % пчел с двухлетними матками. Карпатская пчела менее склонна к роению, но имеет

тенденцию вытеснять свою королеву (заменять ее естественным путем, не роясь) [5, с. 188].

Потенциальные последствия этих различий с точки зрения пчеловодства и сохранения природы таковы:

- Среднерусская пчела может быть более подходящей для регионов с продолжительной и суровой зимой, поскольку она лучше сохраняет пищу и тепло, чем карпатская пчела. Карпатская пчела может быть более подходящей для регионов с мягкой и изменчивой зимой, поскольку она лучше, чем среднерусская пчела, может приспособиться к производству расплода и корм в плохих условиях;
- Среднерусская пчела может быть более продуктивной с точки зрения медоносности и эффективности опыления, поскольку у нее больший размер тела, более длинный хобот и более широкие лапы, чем у карпатской пчелы. Карпатская пчела может быть более нежной и простой в управлении, поскольку она имеет более спокойное поведение, меньшую склонность к роению и меньшую склонность к грабежу, чем среднерусская пчела [6, с. 1018];
- Среднерусская пчела может быть более устойчивой к болезням и паразитам, так как у нее лохматая шерсть, высокий кубитальный индекс и роевой характер, что снижает риск заражения и заражения. Карпатская пчела также может иметь некоторую устойчивость к болезням и паразитам, особенно *Nosema apis*, но может требовать большего наблюдения и лечения, чем среднерусская пчела;
- Среднерусская пчела может находиться под большей угрозой исчезновения, чем карпатская, поскольку она имеет меньшую и более изолированную популяцию и сталкивается с угрозами потери среды обитания, изменения климата и гибридизации с другими породами пчел. Карпатская пчела может быть более разнообразной и адаптируемой, чем среднерусская пчела, поскольку она имеет более крупную и широко распространенную популяцию, а также пользуется преимуществами генетического отбора и усилий по сохранению [7, с. 119].

Заключение

В заключении, необходимо отметить, что, изучение морфо-биологических особенностей среднерусских и карпатских пчел выявляет явные различия и сходства

между этими породами пчел. Среднерусские пчелы не много крупнее, тогда как карпатские пчелы славятся своим кротким поведением. Обе породы демонстрируют сочетание желтого, коричневого и черного цветов на теле с вариациями внутри популяции. У них четыре крыла, сегментированные усики и тергальные сегменты брюшка.

С точки зрения пчеловодства карпатские пчелы выгодны своей мягкостью и толерантностью к вредителям улья, что снижает потребность в химической обработке. С другой стороны, среднерусские пчелы известны своей выносливостью и устойчивостью к холодному климату, что делает их идеальными для регионов с суровыми зимами. Усилия по сохранению играют решающую роль в сохранении генетического разнообразия местных популяций пчел, способствуя здоровью популяций пчел и биоразнообразию.

Понимание морфо-биологических особенностей среднерусских и карпатских пчел важно как для пчеловодов, так и для защитников природы. Это позволяет пчеловодам делать осознанный выбор, исходя из конкретных особенностей каждой породы, оптимизируя свою практику пчеловодства. Усилия по сохранению, направленные на сохранение и популяризацию этих уникальных пород пчел, способствуют общему здоровью и устойчивости популяций пчел, обеспечивая устойчивость опыления и производства меда.

Необходимы дальнейшие исследования и исследования, чтобы глубже изучить конкретные генетические вариации и экологические взаимодействия среднерусских и карпатских пчел. Продолжая исследовать и ценить морфо-биологические характеристики этих пород пчел, мы можем улучшить наше понимание их значения и ценности как в пчеловодстве, так и в контексте охраны природы.

Исходя из выше исследованного, делается вывод, что, изучение морфо-биологических характеристик среднерусских и карпатских пчел дает ценную информацию об уникальных свойствах и потенциальном значении этих местных пород пчел.

Пчелы среднерусской и карпатской пород одинаково хорошо содержатся и развиваются в условиях Северо-Запада России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Triseleva, T.A., Safonkin, A.F., Bykova, T.O., & Rukhkyan, M.J. (2023). Morpho-biological characteristics of Central Russian and Carpathian bees. *Biology Bulletin*, 50(6), 546–554.
2. Sheppard, W.S., & Meixner, M.D. (2003). *Apis mellifera pomonella*, a new honey bee subspecies from Central Asia. *Apidologie*, 34(4), 367–375.
3. Smith, D.R., Villafuerte, L., Otis, G., & Palmer, M.R. (2000). Biogeography of *Apis cerana* F. and *A. nigrocincta* Smith: insights from mtDNA studies. *Apidologie*, 31(2), 265–279.
4. De la Rúa, P., Jaffé, R., Dall'Olio, R., Muñoz, I., & Serrano, J. (2009). Biodiversity, conservation and current threats to European honeybees. *Apidologie*, 40(3), 263–284.
5. Engel, M.S. (1999). The taxonomy of recent and fossil honey bees (Hymenoptera: Apidae; *Apis*). *Journal of Hymenoptera Research*, 8(2), 165–196.
6. Garnery, L., Solignac, M., Celebrano, G., & Cornuet, J.M. (1993). A simple test using restricted PCR-amplified mitochondrial DNA to study the genetic structure of *Apis mellifera* L. *Experientia*, 49(11), 1016–1021.
7. Meixner, M.D., Pinto, M.A., Bouga, M., Kryger, P., Ivanova, E., & Fuchs, S. (2013). Standard methods for characterising subspecies and ecotypes of *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research*, 52(4), 1–28.

© Иванков Владимир Алексеевич (warsonof62@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ЦИРКУЛИРУЮЩИХ В КРОВИ ИММУННЫХ КОМПЛЕКСОВ С ГЕНАМИ ЦИТОКИНОВОЙ СЕТИ У БОЛЬНЫХ ЮВЕНИЛЬНЫМ ИДИОПАТИЧЕСКИМ АРТРИТОМ

TO STUDY THE RELATIONSHIP OF IMMUNE COMPLEXES CIRCULATING IN THE BLOOD WITH CYTOKINE NETWORK GENES IN PATIENTS WITH JUVENILE IDIOPATHIC ARTHRITIS

**S. Kazantseva
L. Nazarova
K. Danilko
V. Malievsky**

Summary. The results of an analysis of associations of circulating immune complexes (CICs) in blood serum in 244 patients with juvenile idiopathic arthritis (JIA) with various combinations of polymorphic allelic variants of the immune response mediator genes TNF α rs1800629, IL-10 rs1800872 and IL-6 rs1800795 are presented. In the group of patients with JIA, genotypes of two-locus (IL-10*AA/IL-6*GC, TNF α *GA/IL-10*CA) and three-locus (TNF α *GG/IL-10*AA/IL-6*GC) models were established, significantly less common among patients with elevated levels of CEC. No associations have been established for individual loci. It is expected that in the course of further research, the results obtained will make it possible to predict and optimize the effectiveness of management of patients with JIA in accordance with its immune status and taking into account genetic characteristics.

Keywords: juvenile idiopathic arthritis, polymorphism of cytokine genes, circulating immune complexes, predictive medicine.

Казанцева Светлана Римовна

Аспирант, ФГБОУ ВО Башкирский государственный медицинский университет (г. Уфа)
smitana1@mail.ru

Назарова Лилия Шамилевна

Ассистент, к.м.н., ФГБОУ ВО Башкирский государственный медицинский университет (г. Уфа)
lilinaz19@mail.ru

Данилко Ксения Владимировна

к.б.н., доцент, ФГБОУ ВО Башкирский государственный медицинский университет (г. Уфа)
kse-danilko@yandex.ru

Малиевский Виктор Артурович

д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО Башкирский государственный медицинский университет (г. Уфа)
malievsky@list.ru

Аннотация. Представлены результаты анализа ассоциаций циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК) в сыворотке крови у 244 больных ювенильным идиопатическим артритом (ЮИА) с различными сочетаниями полиморфных аллельных вариантов генов медиаторов иммунного ответа TNF α rs1800629, IL-10 rs1800872 и IL-6 rs1800795. В группе больных ЮИА установлены генотипы двухлокусных (IL-10*AA/IL-6*GC, TNF α *GA/IL-10*CA) и трехлокусной (TNF α *GG/IL-10*AA/IL-6*GC) моделей, достоверно реже встречающиеся среди пациентов с повышенным уровнем ЦИК. Предполагается, что в ходе дальнейших исследований, полученные результаты позволят прогнозировать и оптимизировать эффективность ведения пациентов с ЮИА в соответствии с его иммунным статусом и учетом генетических особенностей.

Ключевые слова: ювенильный идиопатический артрит, полиморфизм генов цитокинов, циркулирующие иммунные комплексы, предиктивная медицина.

Ювенильный идиопатический артрит (ЮИА) — тяжелое хроническое заболевание со сложной этиологией и аутоиммунным механизмом, сопровождающееся поражением суставов и внесуставными проявлениями, нарушающее развитие детей и подростков.

Патогенетические механизмы аутоиммунных болезней связаны с накоплением ЦИК в тканях и органах. Клинически проявляется симптомами васкулита, гломерулонефрита и артрита. Повышенный уровень ЦИК в крови свидетельствует о риске их отложения в тканях, что приводит к развитию воспаления. ЦИК — высокомолекулярные соединения, которые состоят из специфических иммуноглобулинов, которые появляются в следствии

ответной реакции иммунитета на влияние антигенов, возникающее при взаимодействии антигенов с антителами. При этом активация реакции иммунной системы возможна не только внешним антигеном, но также антигенами, которые вырабатываются при жизнедеятельности, либо аутоантигенами, образующимися вследствие патологий. Оценка степени напряженности регуляторных механизмов иммунного ответа часто лишь констатирует факт её повышения или понижения у конкретного пациента. При ЮИА аутоиммунные и иммунокомплексные патологические процессы находятся в тесной взаимосвязи, определяемой генетической предрасположенностью к нарушениям иммунорегуляции, опосредуемой аутоантителами и иммунными комплексами.

Известно, что в основе хронического патологического процесса у больных ЮИА при активации иммунного ответа лежит гиперпродукция провоспалительных цитокинов и относительная недостаточность противовоспалительных [1]. TNF α и IL-6 являются важными цитокинами провоспалительного ряда, активация которых приводит к нарушению регенеративных процессов в тканях суставов, инициации воспаления синовиальной оболочки сустава, повреждению хряща и кости [2]. Противовоспалительный цитокин IL-10 регулирует иммунный ответ и способен подавлять воспалительные реакции ингибируя синтез ряда других цитокинов. Неадекватная иммунная активация цитокинов провоспалительного ряда может играть важную роль в развитии ЮИА [1].

Ген фактора некроза опухоли альфа (Tumor Necrosis Factor, TNF α) расположен в хромосоме 6p21.3, его структурная часть включает четыре экзона. TNF α , как провоспалительный цитокин, способен индуцировать синтез других провоспалительных цитокинов (интерлейкины 1, 6 и 8) поддерживая таким образом воспаление [3]. Ряд авторов показали, что индукция TNF α приводит к подавлению активности моноцитов и уменьшению иммунопатологического процесса у больных ЮИА [4]. Известно около 20 полиморфных вариантов гена влияющие на уровень экспрессии TNF α . Один из полиморфных вариантов rs1800629 обусловлен транзицией -308G>A в промоторной области, что приводит к увеличению его продукции, и как следствие активации местных воспалительных реакций [5, 6].

Ген интерлейкина 10 (IL-10) расположен в хромосоме 1q31-32.8, промоторная область гена содержит около 40 полиморфных сайтов, что обуславливает существенную индивидуальную вариативность [7]. По данным ряда исследований, замена аденина на цитозин в положении -592 в промоторной области (-592 A>C, rs1800872) ассоциирована с усиленной продукцией интерлейкина 10, и, как следствие, с повышенной выработкой антител, в том числе иммуноглобулина E [8]. Кроме того, полиморфный вариант — 592C ингибирует образование провоспалительных цитокинов, таких как TNF α , IL-6 в Т-клетках и моноцитах, а также снижает экспрессию основного комплекса гистосовместимости II класса в моноцитах [5, 8]. Считается, что недостаточное образование белкового продукта IL10 может служить одним из факторов, способствующих развитию воспалительного процесса в суставах [9, 10]. В то же время, по данным исследований, IL10 способствует активации и пролиферации Т-лимфоцитов, усилению продукции аутоантител, возможно это обусловлено его иммуностимулирующей активностью [11, 12].

Ген интерлейкин 6 (IL-6) расположен в хромосоме 7p21-p14 и включает пять экзонов. Являясь активатором воспалительного ответа, этот цитокин контроли-

рует созревание В— и Т-лимфоцитов, стимулирует дегенерацию суставов и костной ткани [10]. Полиморфный вариант IL-6 rs1800795, представляет собой замену гуанина на цитозин в промоторной области (-174G>C). IL-6 может обладать про— и противовоспалительным действием, одновременно ингибируя продукцию провоспалительных цитокинов (IL-1 и TNF α) и активируя противовоспалительные цитокины (IL1RA и IL-10). У носителей полиморфного варианта -174C наблюдается пониженная продукция IL-6, что в свою очередь может благоприятно влиять на костную ткань не вызывая ее разрушение, и напротив, у носителей аллеля -174G выше риск развития системного ЮИА, остеопороза и других заболеваний [2]. В то же время ряд авторов приводят противоположные данные исследований [13]. Некоторые авторы отмечают, что IL6 способен стимулировать образование Т-хелперов, пролиферацию и дифференцировку В-клеток в лимфоцитарные плазмциты, которые в свою очередь участвуют в образовании аутоантител и служат триггером аутоиммунных нарушений [10].

Таким образом, цитокины являются участниками сложной сети взаимодействий, что требует комплексного подхода к оценке значимости полиморфных вариантов данных генов. В связи с вышеуказанным, возрастает необходимость исследования индивидуального генетического профиля, что может дать возможность прогнозировать и оптимизировать эффективность ведения пациентов с ЮИА с учетом его иммунного статуса и генетической конституции.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие 244 пациента с установленным диагнозом ЮИА, наблюдавшихся в кардиоревматологическом отделении ГБУЗ РДКБ. Диагноз ЮИА был установлен в соответствии с Международной лигой ассоциаций ревматологов (ILAR) [14]. Тяжелое течение наблюдалось у 21,43 %, умеренное и легкое у 64,29 и 7,14 % соответственно, у 10,14 % однозначно не дифференцировано. Тяжесть течения ЮИА, оценивалась на основании классификации терапевтических групп, определенных в рекомендациях ACR по лечению ЮИА (2011). Материалом исследования являлась периферическая кровь больных ЮИА. Забор крови проводился с добровольного информированного согласия родителей больных детей. Выделение ДНК из лимфоцитов образцов периферической венозной крови проводилось с использованием стандартного фенолхлороформного метода. Генетическое типирование осуществлялось на базе лаборатории клеточных культур ФГБОУ ВО Башкирского государственного медицинского университета. Для исследования полиморфизма генов TNF α rs1800629, IL-10 rs1800872, IL-6 rs1800795 использовался метод ПЦР в реальном времени (StepOnePlus™, Applied Biosystems, США). Результаты ПЦР регистрировались и интерпретировались.

тировались в автоматическом режиме с использованием программного обеспечения StepOne Software v2.2.2 («Applied Biosystems», США). Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием пакета прикладных компьютерных программ Microsoft Excel, SNPStats, R v.3.4.2 (R Core Team, 2017), PowerMarker v.3.25, STATISTICA v.10 (StatSoft, Inc.). Уровень ЦИК оценивался в сыворотке венозной крови в период острой стадии заболевания с использованием иммуноферментного анализа (ИФА), пределы нормы устанавливались в границах до 20 Ед/мл (автоматический иммуноферментный анализатор «Лазурит», АО «Вектор-Бест», Россия). Достоверность ассоциаций определялась по критерию χ^2 Пирсона для четырехпольных таблиц и точному двустороннему критерию Фишера. Результаты рассматривались статистически значимыми при $p \leq 0,05$. Сила ассоциаций оценивалась по показателю отношения шансов (OR) [15].

Результаты и обсуждения

При оценке уровня ЦИК в плазме крови повышенный уровень был определен у 67,6 % больных ЮИА и в 32,4 % случаев установлен уровень, соответствующий норме. Последующий сравнительный анализ распределения частот генотипов проводили в этих двух группах (с повышенным ЦИК и в норме).

Нами был проведен анализ распределения частот генотипов двухлокусных и трехлокусной модели у пациентов с ЮИА. При анализе двухлокусной модели IL-10/IL-6 в группе больных с диагнозом ЮИА наблюдалось статистически значимое увеличение частоты генотипа IL-10*CA/IL-6*CC до 10,1 % среди пациентов с нормальным уровнем ЦИК (рис. 1). В группе больных с повышен-

ным уровнем ЦИК уменьшение доли пациентов с данным генотипом до 3,6 % ($p=0,042$ OR= 0,33 95 % CI 0,11 до 1).

При анализе распределения частот встречаемости сочетаний двухлокусной модели TNF α /IL-10 в группе больных с диагнозом ЮИА наблюдалось статистически значимое увеличение частоты комбинаций генотипов TNF α *GA/IL-10*CA до 17,7 % среди пациентов с легким течением болезни и нормальным уровнем ЦИК. В группе пациентов с повышенным уровнем ЦИК уменьшение доли пациентов с данным генотипом до 5,5 % ($p=0,002$; OR=0,27; 95 % CI 0,11 до 0,65), (рис. 2). Вероятнее всего, данный эффект может определяться генетической предрасположенностью к высокой продукции противовоспалительного цитокина IL-10 и низкой продукцией провоспалительного цитокина TNF- α , приводящей к более эффективной иммунорегуляции [1, 5, 16].

При анализе распределения частот встречаемости аллельных вариантов генов цитокинов TNF α /IL-10/IL-6 в трехлокусной модели у пациентов с диагнозом ЮИА наблюдалось статистически значимое увеличение частоты встречаемости генотипа TNF α *GA/IL-10*CA/IL-6*CC, среди пациентов с нормальным уровнем ЦИК, и уменьшение частоты данного варианта в группе пациентов с высоким показателем (5,1 % против 0,6 %; $p=0,004$; OR=0,27; 95%CI 0,01-1,04) (рис. 3). Полученные данные подтверждают результаты анализа распределения частот аллельных вариантов двухлокусных моделей.

При ранжировании по тяжести течения заболевания наблюдалась тенденция уменьшения доли генотипа TNF α *GA/IL-10*CA/IL-6*CC с тяжелым течением ЮИА относительно легкого течения (28,94 % против 14,7 %

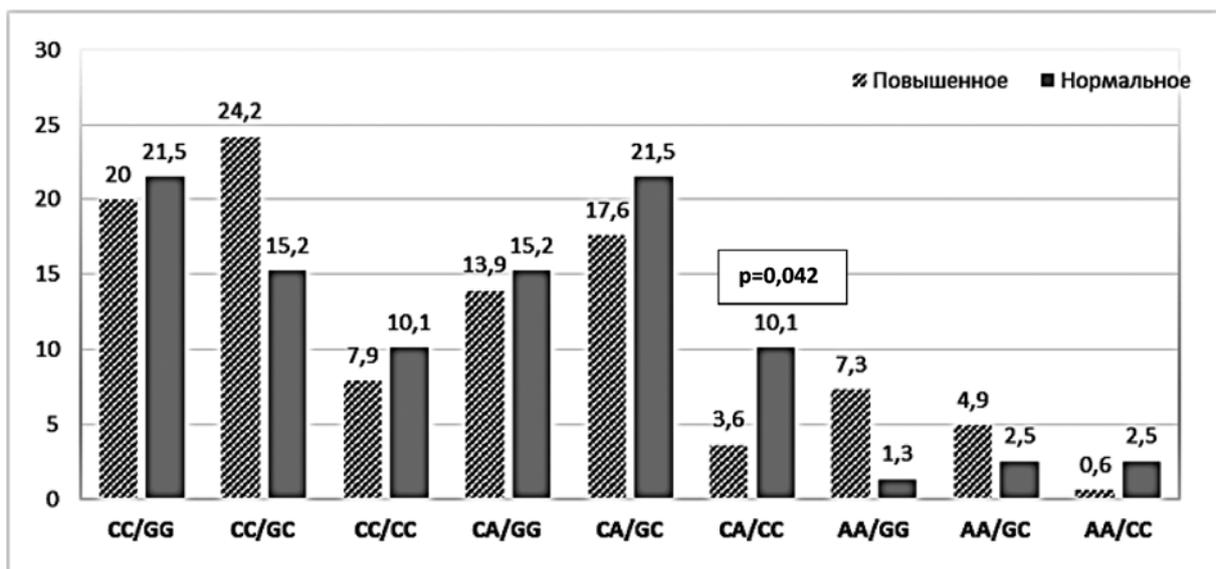


Рис. 1. Анализ двухлокусной модели аллельных вариантов генов цитокинов IL-10/IL-6 при оценке уровня ЦИК у больных ЮИА

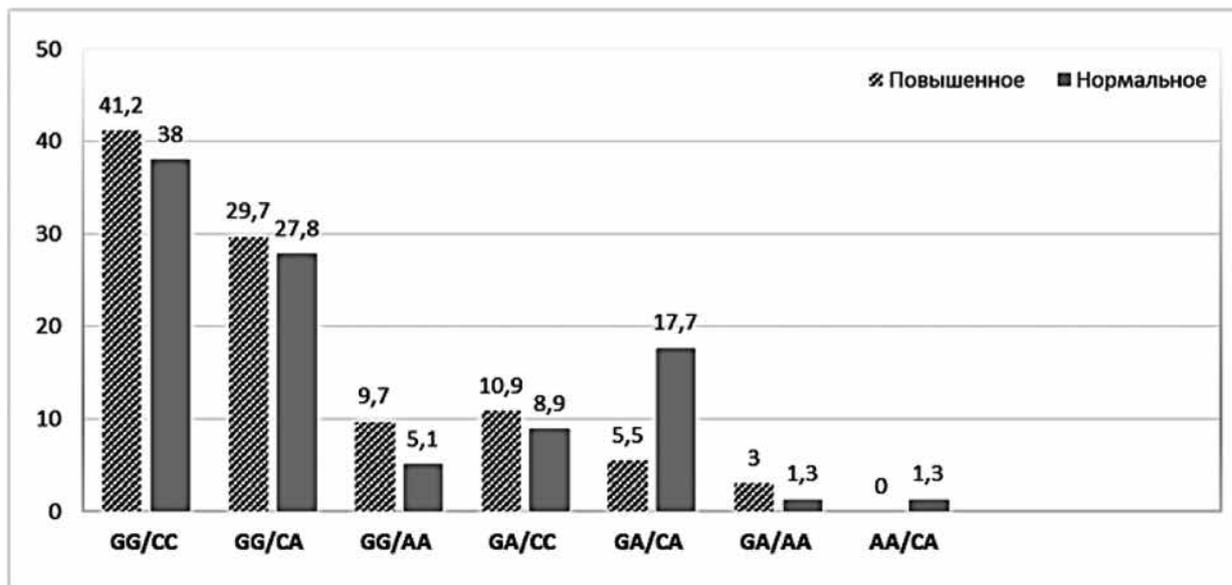


Рис. 2. Анализ двухлокусной модели аллельных вариантов генов цитокинов TNFα/IL-10 при оценке уровня ЦИК у больных ЮИА

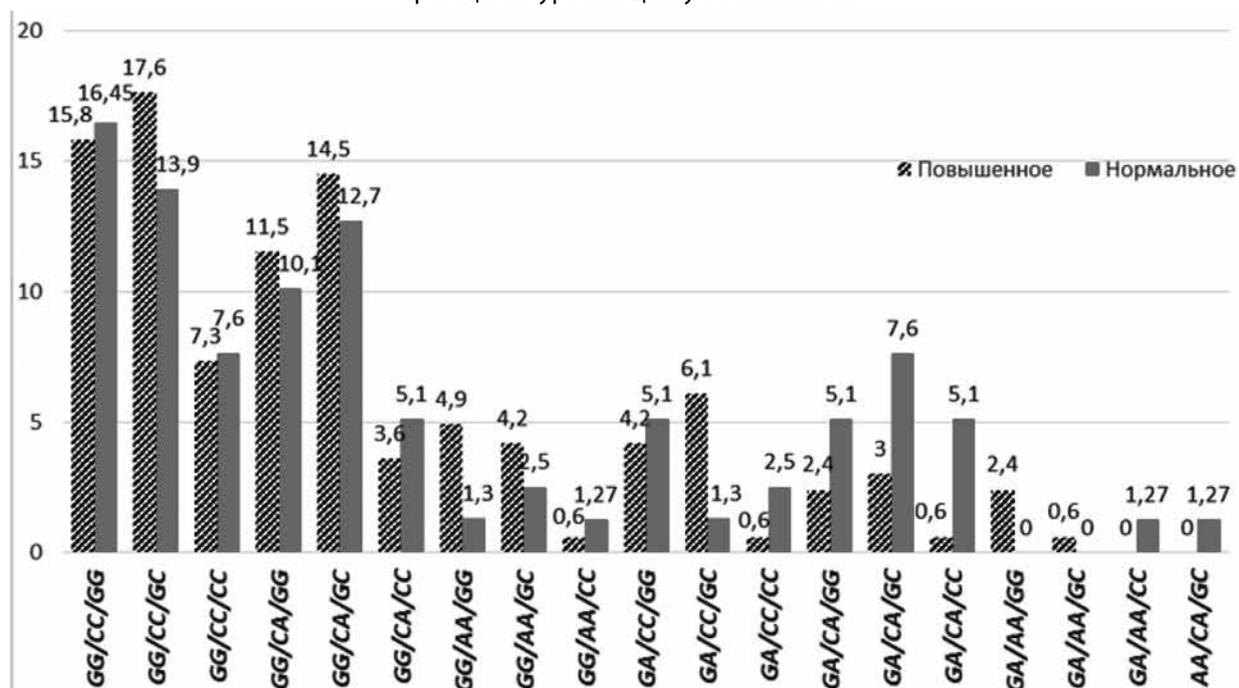


Рис. 3. Анализ трехлокусной модели аллельных вариантов генов цитокинов TNFα/IL-10/IL-6 при оценке уровня ЦИК у больных ЮИА

$p=0,1$), но так как выборка в результате расчетов значительно сократилась, это может привести к ошибочным выводам и требует дальнейших исследований.

Заключение

Нами были идентифицированы генотипы двухлокусных (IL-10*CA/IL-6*CC, TNFα*GA/IL-10*CA) и трехлокусной (TNF-α*GA/IL-10*CA/IL-6*CC) моделей, достоверно чаще встречающиеся в группе больных с диагнозом ЮИА у которых не отмечалось повышения уровня ЦИК и он оставался в пределах нормы, это может объясняться тем,

что генотип данных пациентов опосредует пониженный риск иммунного воспаления. В группе больных с повышенным уровнем ЦИК наблюдалось статистически значимое снижение доли представленных генотипов. Результаты проведенного исследования свидетельствуют о вкладе межгенных взаимодействий полиморфных вариантов генов медиаторов иммунного ответа TNFα rs1800629, IL-10 rs1800872 и IL-6 rs1800795 в формирование межиндивидуальных особенностей изменения показателей циркулирующих иммунных комплексов у больных ЮИА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mellins ED, Macaubas C, Grom AA. Pathogenesis of systemic juvenile idiopathic arthritis: some answers, more questions. *Nat Rev Rheumatol*. 2011 Jun 07;7(7):416–26. doi: 10.1038/nrrheum.2011.68.
2. Насонов Е.Л. Достижения ревматологии в XXI в. *Научно-практическая ревматология*. 2014;52(2):133–141. doi.org/10.47360/1995-4484-2022-5-20
3. Sen ES, Dick AD, Ramanan AV. Uveitis associated with juvenile idiopathic arthritis. *Nat Rev Rheumatol*. 2015;11(6):338–348. doi: 10.1038/nrrheum.2015.20.9
4. Sedger LM, McDermott MF. TNF and TNF-receptors: From mediators of cell death and inflammation to therapeutic giants — past, present and future. *Cytokine Growth Factor Rev*. 2014;25(4):453–472. doi: 10.1016/j.cytogfr.2014.07.016.
5. Hersh AO, Prahalad S. Immunogenetics of juvenile idiopathic arthritis: A comprehensive review. *J Autoimmun*. 2015 Nov; 64:113–24. doi: 10.1016/j.jaut.2015.08.002.
6. Schmeling H, Horneff G. Tumour necrosis factor alpha promoter polymorphisms and etanercept therapy in juvenile idiopathic arthritis. *Rheumatol Int*. 2007 Feb;27(4):383–386. doi: 10.1007/s00296-006-0208-2.
7. Sedger LM, McDermott MF. TNF and TNF-receptors: From mediators of cell death and inflammation to therapeutic giants — past, present and future. *Cytokine Growth Factor Rev*. 2014;25(4):453–472. doi: 10.1016/j.cytogfr.2014.07.016
8. Thatayatikom A, Modica R, De Leucio A. Juvenile Idiopathic Arthritis. StatPearls Publishing. 2023 Jan; Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554605/>.
9. Novel IL10 gene family associations with systemic juvenile idiopathic arthritis [Электронный ресурс] / M.S. Fife [et al.] // *Arthritis Res Ther*. — 2006. — Vol. 8, № 5. — R148. — URL: <https://doi.org/10.1186/ar2041>. (10.04.2017).
10. The pathogenesis of oligoarticular/polyarticular vs systemic juvenile idiopathic arthritis / Y.T. Lin [et al.] // *Autoimmun Rev*. — 2011. — Vol. 10, № 8. — P. 482–489.
11. Iyer, S.S. Role of Interleukin 10 Transcriptional Regulation in Inflammation and Autoimmune Disease / S. S. Iyer, G. Cheng // *Crit Rev Immunol*. — 2012. — Vol. 32, № 1. — P. 23–63.
12. Interleukin-10 and the interleukin-10 receptor / K.W. Moore [et al.] // *Annu Rev Immunol*. — 2001. — Vol. 19. — P. 683–765.
13. Ringold S, Angeles-Han ST, Beukelman T, et al. 2019 American College of Rheumatology/Arthritis Foundation Guideline for the Treatment of Juvenile Idiopathic Arthritis: Therapeutic Approaches for Non-Systemic Polyarthritis, Sacroiliitis, and Enthesitis. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2019 Jun;71(6):717–734. doi: 10.1002/acr.23870
14. Petty RE, Southwood TR, Manners P, Baum J, Glass DN, Goldenberg J. et al. International League of Associations for Rheumatology classification of juvenile idiopathic arthritis: second revision, Edmonton, 2001. *J Rheumatol*. 2004; (31):390–392.
15. McDonald JH. *Handbook of Biological Statistics*. 3rd ed. Baltimore, MD, USA: Sparky House Publishing. 2014.
16. Черных ЕР, Сахно ЛВ, Шевела ЕЯ, Тихонова МА. Влияние популяционных нейтрофилов на продукцию цитокинов и простагландина E2 M1 макрофагами человека. *Иммунология*. 2017;38(4):193–196.

© Казанцева Светлана Римовна (smitana1@mail.ru); Назарова Лилия Шамиловна (lilinaz19@mail.ru);
Данилко Ксения Владимировна (kse-danilko@yandex.ru); Малиевский Виктор Артурович (malievsky@list.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ХАРАКТЕР ПРЕБЫВАНИЯ ПТИЦ-ИХТИОФАГОВ НА ВОДОЕМАХ «ТОБОЛО-ИШИМСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ»

THE NATURE OF THE STAY OF FISH-EATING BIRDS IN THE RESERVOIRS OF THE «TOBOL AND ISHIM FOREST STEPPE»

I. Klimshin
P. Pokazaneva
M. Ivanova
A. Ivanov
S. Gashev

Summary. The studied area of the Tobol and Ishim forest steppe is rich in lakes, is an important habitat for many species of birds, including fish-eaters. Some of the ichthyophage birds encountered are included in the Red Books of the Russian Federation and the Tyumen region, for example, the red-necked grebe *Podiceps auritus*, the curly pelican *Pelecanus crispus*, the osprey *Pandion haliaetus*. This article provides data on the encounters of these birds in ornithological expeditions to the south of the Tyumen and Kurgan regions.

Keywords: fish-eating birds, ichthyophage birds, Red Data Book, Tobol and Ishim forest steppe, Tyumen region.

Климшин Илья Павлович

Аспирант, Тюменский государственный университет
klimshin-ilya@mail.ru

Показаньева Полина Евгеньевна

Аспирант, Тюменский государственный университет
pokazanevapolina@mail.ru

Иванова Мария Юрьевна

Кандидат биологических наук, доцент,
Тюменский государственный университет
mariya_lupinos@mail.ru

Иванов Александр Олегович

Аспирант, Тюменский государственный университет
falcon_bf@mail.ru

Гашев Сергей Николаевич

Доктор биологических наук, профессор,
Тюменский государственный университет
gsn-61@mail.ru

Аннотация. Исследованный район Тоболо-Ишимской лесостепи богат озерами и является важным местообитанием для многих видов птиц, в том числе, и рыбоядных. Часть встреченных птиц-ихтиофагов входит в Красные книги Российской Федерации и Тюменской области, например, красношейная поганка *Podiceps auritus*, кудрявый пеликан *Pelecanus crispus* и скопа *Pandion haliaetus*. В статье приводятся данные о встречах этих видов птиц в орнитологических экспедициях, проведенных на юге Тюменской и Курганской областей.

Ключевые слова: рыбоядная орнитофауна, птицы-ихтиофаги, Красная книга, Тоболо-Ишимская лесостепь, Тюменская область.

Район Тоболо-Ишимского междуречья характеризуется лесостепными ландшафтами, в которых сочетаются березовые и осиново-березовые леса с луговыми степями и остепнёнными лугами, большинство из них используется для сельского хозяйства, в основном для высевания зерновых культур, и выпаса скота. В этом районе обширно распространены солончаково-солонцовые луга, низинные болота и тростниковые заросли. Одной из основных особенностей местности является обилие озёр и болот.

Такой мозаичный ландшафт с густыми тростниковыми зарослями является областью массового гнездования водных и околоводных птиц, а также специфических видов хищных птиц. Однако данный ландшафт не заканчивается границами Тюменской области, лесостепные комплексы плавно переходят и в Курганскую область, но с большей выраженностью остепнённых участков. В этих районах на стыке двух областей расположено большое количество озёр и тростниковых займищ. Крупные водоемы активно используются рыбными хо-

зяйствами для товарного рыбоводства, зарыбляются пелядь *Coregonus peled* и карпом *Suiprinus carpio*.

Большое количество озер в этом регионе связано с равнинным рельефом и наличием множества впадин и понижений рельефа. Со временем значительная часть мелководных пресноводных водоемов зарастает водной и прибрежной растительностью, а береговые линии заболачиваются (Новохатин, Шепелева, 2013).

Исследования биоразнообразия и популяционной структуры рыбоядных птиц приобретают в настоящее время все большую актуальность, поскольку их важность заключается в понимании и оценке эффективного использования природных ресурсов биосферы.

Птицы-ихтиофаги оказывают значительное влияние на состояние рыбохозяйственного сектора России, уничтожая объекты аквакультуры и способствуя распространению многих паразитарных заболеваний (Миноранский, Пономаренко, 2003; Липкович, 2017).

Несомненно, рыбацкие птицы играют важнейшую роль в экосистеме, и их изучение может способствовать оптимизации использования биологических ресурсов и улучшению экологической ситуации в данном регионе.

Материал и методы

Данные, используемые в этой работе, собраны за многолетний период в ходе летних полевых орнитологических экспедиций, предпринятых в ходе реализации гранта РФФИ в рамках инициативного научного проекта №16-34-00719 «Оценка состояния биоразнообразия и механизмов устойчивости сообществ птиц в трансграничных угодьях России и Казахстана».

Эти экспедиции проводились в летние периоды (с июня по август) с 2016 г. по 2023 г. Исследованиями были охвачены административные районы юга Тюменской области: Армизонский, Бердюжский, Казанский и Сладковский. Также были обследованы водоемы Курганской области, примыкающие к границам Тоболо-Ишимской лесостепи, в границах Тюменской области: озеро Большое Щучье, расположенное на границе двух районов Мокроусовского и Частоозерского, и озёр Аккуль, Быково, Кабанье относящиеся к Частоозерскому району Курганской области.

В качестве основной методики сбора материала был использован метод маршрутного учета птиц без ограничения полосы обнаружения с расчетом плотности населения по средним дальностям обнаружения птиц (Равкин, Доброхотов, 1963; Равкин, 1967). В ходе проведения орнитологических учётов регистрировались все птицы, независимо от расстояния до них, с последующим пересчетом на площадь интервальным методом (Равкин, 1967).

Учёты птиц также осуществляли с борта моторной лодки. Движение лодки проходило вдоль берегов водоёмов с периодическими остановками и осмотром в бинокль акватории озёр и их берегов. Узнаваемость видов осуществлялась визуально, полагаясь, на опыт учетчиков, а также на полевой определитель (Рябицев, 2008). Кроме того, птиц обнаруживали по их голосовой активности. Встречи редких птиц по возможности фиксировали фотоаппаратами Canon 550 D + объектив Sigma 70–300 мм и Nikon D7100 с объективом 150–600 мм

В работе анализировали видовой состав рыбацких птиц Тоболо-Ишимской лесостепи и прилегающих территорий, рассмотрели фауно-генетическую структуру и экологическую структуру орнитофауны относительно типа гнездования птиц (Штегман, 1938; Рябицев, 2008). Трофическую структуру орнитофауны оценивали согласно распределению птиц на группы по типу питания в соответствии с кормом, доминирующим в рацио-

не того или иного вида птиц (Рябицев, 2014). Выделены группы птиц, питающиеся преимущественно рыбой; сезонно-питающиеся рыбой и группа «случайные» ихтиофаги выделена по результатам собственных наблюдений и на основании литературных данных (Рябицев, 2014; Резанов А.Г., 2001; Щербаков Б.В., 2011; Березовиков Н.Н. 2015).

Результаты и обсуждение

Район исследования относится к Голарктической области, к Центрально-Азиатской подобласти Ишимской и Армизоно-Сладковкой провинций (Болховский, Гашев, 2001). Из 372 видов птиц, обитающих на территории Тюменской в ходе проведения исследований в пределах Тоболо-Ишимской лесостепи зарегистрировано обитание 110 видов птиц, из которых 27 видов — птицы в различной степени питающиеся рыбой и относящиеся к 8 отрядам.

На обследованных озерах Тоболо-Ишимской лесостепи основную часть рыбацкой орнитофауны составляют представители отряда *Charadriiformes* — 38 % (10 видов). Представители отряда *Podicipidiformes* занимают 15 % или 4 вида, включая черношейную, красношейную, серошею поганок и чомгу. *Falconiformes* составляют 15 % от числа видов, зафиксированных на обследованных территориях, с семействами *Pandionidae*, *Falconidae* и *Accipitridae*. Отряд *Gruiformes* представлен 12 % орнитофауны района исследования, а *Pelecaniformes*, *Ciconiformes* — по 8 %. *Gaviiformes* и *Strigiformes* — самые малочисленные отряды, представленные по 1 виду, 4 % (рис. 1).

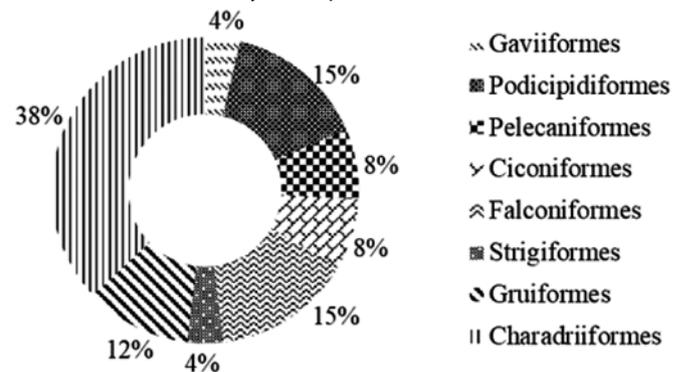


Рис. 1. Таксономическая структура птиц-ихтиофагов Тоболо-Ишимской лесостепи и сопредельных территорий

Орнитофауна обследованных водоёмов Тоболо-Ишимской лесостепи и сопредельных территорий подразделяется на группы трофические группы в зависимости от типа питания рыбой в естественной среде обитания. Согласно роли рыбы в их питании, всех рыбацких видов птиц можно разделить на три основные трофические группы (Табл. 1).

Первая группа включает факультативных ихтиофагов (11 видов птиц, отмеченных за время проведения исследования), у которых рыба является основным источником питания, но также имеется небольшое количество другой пищи (обычно менее 10 % от рациона), например, чернозобая гагара *Gavia arctica*, чомга *Podiceps cristatus* и орлан-белохвост *Haliaeetus albicilla*.

Таблица 1.

Распределение видов птиц-ихтиофагов, зарегистрированных на озёрах Тоболо-Ишимской лесостепи и сопредельных территориях по кормовым предпочтениям

Вид	Тип питания		
	Факультативные ихтиофаги	Облигатные ихтиофаги	Случайные ихтиофаги
<i>Gavia arctica</i>		+	
<i>Podiceps nigricollis</i>	+		
<i>Podiceps auritus</i>	+		
<i>Podiceps grisegena</i>	+		
<i>Podiceps cristatus</i>	+		
<i>Pelecanus crispus</i>		+	
<i>Phalacrocorax carbo</i>		+	
<i>Ardea cinerea</i>	+		
<i>Casmerodius albus</i>	+		
<i>Pandion haliaetus</i>		+	
<i>Milvus migrans</i>	+		
<i>Circus aeruginosus</i>	+		
<i>Haliaeetus albicilla</i>	+		
<i>Asio flammeus</i>			+
<i>Grus grus</i>			+
<i>Fulica atra</i>			+
<i>Porzana porzana</i>			+
<i>Tringa ochropus</i>			+
<i>Tringa nebularia</i>			+
<i>Larus ichthyaetus</i>		+	
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	+		
<i>Larus canus</i>	+		
<i>Larus barabensis</i>		+	
<i>Larus minutus</i>			+
<i>Chlidonias leucopterus</i>	+		
<i>Sterna hirundo</i>	+		
<i>Hydroprogne caspia</i>		+	

Вторая группа состоит из облигатных ихтиофагов (7 видов птиц), которые питаются исключительно рыбой, таких как большой баклан *Phalacrocorax carbo* и кудрявый пеликан *Pelekanus crispus*.

У третьей группы птиц — рыба составляет небольшую, случайную часть рациона (9 видов птиц), и к ней относятся *Larus minutus*, черныш *Tringa ochropus*, болотная сова *Asio flammeus*, обыкновенный погоныш *Porzana porzana* (Наумчик, 2020; Ильичёв, Зубакин, 1988).

Так же в ходе анализа полученных данных птицы-ихтиофаги были разделены по типу гнездования (Рябицев, 2014). Необходимо отметить, что наибольшую долю птиц по типу гнездования составляют виды птиц, устраивающие свои гнезда на земле и около воды (в сумме 74 %). Этот факт объясняется тем, что на обследуемой территории преобладают лесостепные ландшафты, где преобладает открытая местность — тростниковые займища, пересыхающие болота, остепнённые луга, используемые птицами для гнездования.

Если рассматривать типы гнездования по отдельности, то наиболее широко представленными оказались виды птиц, которые устраивают гнезда на земле рядом с водой или на самой воде. Они составляют 41 % от общего числа (11 видов). Например, *Podiceps nigricollis*, которая сооружает гнезда в виде плавающих островков из растительности и размещает их среди негустых тростниковых зарослей. Чеграва *Hydroprogne caspia*, строящая гнезда на изолированных участках суши, делая углубление в песке, также относится к этому типу гнездования. Кроме того, кудрявый пеликан *Pelekanus crispus* устраивает гнезда на сплавилах и в тростниковых заламах.

Доля птиц, устраивающие гнезда на земле, составляет 33 % (9 видов). К ним относятся серый журавль *Grus grus*, болотная сова *Asio flammeus* и большой улит *Tringa nebularia* и ряд видов семейства чайковые *Laridae*.

Птицы, устраивающие гнезда в кронах деревьев, составляют 22 % от общего числа видов (6 видов). К ним относятся большая белая цапля *Ardea alba*, орлан-белохвост *Haliaeetus albicilla* и черныш *Tringa ochropus*. Интересно отметить, что черныш, как правило, гнездится на деревьях в старых гнездах других птиц или белок и очень редко устраивает гнезда на земле (на старых пнях или кочках).

Птицы, устраивающие гнезда в кустах, составляют 4 % от общего числа видов. К этой группе относится 1 вид — болотный лунь *Circus aeruginosus*, который является обычным видом птиц на обследуемой территории.

В ходе исследования был определён тип фауны зарегистрированных видов птиц. В орнитогеографии широко используется схема классификации орнитофауны Палеарктики, разработанная Б.К. Штегманом (Штегман, 1938). Эта схема была использована для систематизации видов рыбоядных птиц, зарегистрированных в данном исследовании.

Большинство видов рыбоядных видов представлено транспалеарктиками 59 % (16 видов), к ним относятся: серощёкая поганка *Podiceps grisegena*, черныш *Tringa ochropus*, белокрылая крачка *Chlidonias leucopterus*. Затем следуют птицы, являющиеся представителями монгольского типа фауны 19 % (5 видов), например, лысуха *Fulica atra* и чеграва *Hydroprogne caspia*; к 15 % относятся представители сибирского типа — чернозобая гагара *Gavia arctica* и большой улит *Tringa nebularia*. А на оставшийся европейский тип приходится 7 % — большая белая цапля *Ardea alba* и обыкновенный погоныш *Porzana porzana*.

Далее представлен фаунистический список рыбоядных видов с описанием интересных встреч с каждым из них. Таксономия и номенклатура приведены в соответствии со «Списком птиц Российской Федерации» (Коблик, Редькин, Архипов, 2006).

Чернозобая гагара *Gavia arctica*. Перелетный вид. Встречается на исследованных озерах спорадично. Данные о гнездовании чернозобой ггары в Тоболо-Ишимском междурьяе неполны, но известна спорадичная встречаемость на обследованных водоемах (Митропольский, и др. 2013; Показаньева, 2017). Имеются данные С.Н. Гашева о гнездовании чернозобой ггары на оз. Черное (Гашев и др., 2013).

Чернозобая гагара занесена в Красную книгу Тюменской области и считается редким видом (3 категория) (Красная книга Тюменской области, 2020).

За время проведения наших исследований в 2019 году отметили 12 особей в наиболее зарослой части оз. Черное, птицы держались группой на воде, на расстоянии около 150 метров, увидев нас, они взлетели. На озере Щучьем было зарегистрировано 12 пролетающих над учетчиками особей. На озере Аккуль зарегистрировали группу из пролетающих 8 особей в 2022 г. Наиболее знаковой стала встреча на оз. Большое Белое, тогда нами было учтено 85 особей на расстоянии от 100 до 300 метров, птицы держались большими группами, а при виде нас скрылись в тростнике. В более южных водоемах на территории Тоболо-Ишимской лесостепи мы ее не отмечали, как и другие исследователи (Тюлькин, 2021). Чернозобая гагара является облигатным ихтиофагом.

Черношейная поганка *Podiceps nigricollis*. Перелетный вид. Довольно обычный вид на обследованных водоемах Тоболо-Ишимской лесостепи. На озере Большое белое мы отмечали разновозрастных птиц в небольших стайках и одиночно, как в «тростниковых заливчиках», так и на открытой воде (Показаньева, Климшин, 2023). В разные годы нами было отмечено до 50 особей, но в 2022 году немногочисленные взрослые и молодые птицы составили всего 29 особей. Так же черношейные по-

ганки встречаются и на озерах Черное и Таволжан, где обилие густых тростниковых зарослей является прекрасным местообитанием для них. Хочется отметить, что и на оцenenных озерах Щучье, Кабанье и Быково — эти птицы также встречаются, но предпочитают территории с заросшими берегами. На численность поганок сильно влияет уровень воды, а также зависти от размеров поселений чайковых, где среди них селятся поганки (Иванова, Показаньева и др., 2021).

Серощёкая поганка *Podiceps grisegena*. Перелетный вид, гнездится на водоемах Тоболо-Ишимской лесостепи. В 2019 г. отметили 5 серощёких поганок на оз. Черное. У серощёких поганок менее 15 % кормового рациона составляет рыба, все остальное — беспозвоночные. Во время экспедиций на оз. Большое Белое отмечались взрослые серощекие поганки одиночно, обычно неподалеку от групп других поганок. В июле 2021 г. нам довелось встретить молодую серощековую поганку, одиноко плавающую по водной глади. Также нами отмечались, как взрослые, так и молодые особи поганок на озере Таволжан в Сладковском районе Тюменской области, птицы активно охотились в прибрежной части озера. Серощёкие поганки отмечались и на обследованных водоемах Курганской области. Птицы предпочитали держаться группами, которые могут кормиться на открытой воде вдалеке от зарослей и встречаются значительно чаще черношейных и красношейных поганок (Иванова, Показаньева и др., 2021).

Красношейная поганка *Podiceps auritus*. Гнездится на водоемах Тоболо-Ишимской лесостепи; перелетный. Сокращающий численность вид, 2 категория в Красной книге Российской Федерации (Красная книга РФ, 2021). В 2019 г. 10 особей было зафиксировано на оз. Черное. Затем с 2020 по 2023 гг. мы наблюдали одиночные особи, либо малые группки поганок на этом водоеме. На оз. Большое Белое красношейная поганка также встречается, малочисленный вид (1,86 особей/км²) вид. В основном молодые птицы отмечаются в смешанных группах вместе с черношейными поганками, часто встречались вблизи тростника и при малейшем факторе беспокойства, в виде учетчиков на лодке, устремлялись в заросли (Показаньева, Климшин, 2023).

Кудрявый пеликан *Pelecanus crispus*. Гнездится на водоемах Тоболо-Ишимской лесостепи; перелетный. Занесен в Красную книгу Российской Федерации, 3 категория — редкий вид (Красная книга РФ, 2021). В Красной книге Тюменской области также является видом, восстанавливающим свою численность — 5 категория (Красная книга Тюменской области, 2020). Вид зарегистрирован на всех озерах в разном количестве. В 2016 г. и в 2019 г. на оз. Черное зарегистрировали группу из 10 ювенильных птиц под присмотром 3 взрослых — «пеликаны ясли», там же расположена гнездовая колония. На озе-

ре Щучье в 2019 г. было отмечено 12 взрослых особей, а в 2021 г. всего 4 птицы, активно кормящиеся. На озере Большое Белое в 2019 г. регистрировали 46 пеликанов. Летом 2021 г. произошла вспышка птичьего гриппа — погибло порядка 40 птиц (Тарасов, 2021). В 2023 г. на озере Таволжан нами было отмечено 23 особи, отдыхающие на плесе, однако в 2016 г. пеликанов мы данным водоеме не встретили. За время полевых экспедиций на оз. Таволжан в 2019 г. нами было отмечено 25 особей. Видимо пеликаны облюбовали данный водоем для отдыха, так как другие исследователи также отмечали их присутствие (Тюлькин, 2021).

Большой баклан *Phalacrocorax carbo*. Вид, стремительно распространяющийся в районе Тоболо-Ишимской лесостепи. Гнездится на водоемах Тоболо-Ишимской лесостепи; перелетный. В 2019 г. на озере Черное было зарегистрировано 364 особи, 198 из них отдыхали на сплаvine среди тростника, услышав наше приближение, взлетели. На озере Большое Белое отмечено 345 бакланов. А на озере Щучье 464 особи. Данный вид наносит урон рыбным хозяйствам, что отмечается на практике и подтверждается литературой (Липкович А.Д., 2017; Давлетбаков А.Т., 2017). В 2021 г. на обследованных водоемах Тоболо-Ишимской лесостепи число бакланов сократилось — максимальное количество на оз. Большое Белое (164), минимальное — на озере Черное (100). Постоянный обитатель озера Таволжан, однако, в 2016 г. мы его не встретили (Показаньева, 2017). Раньше считался редким видом на территории Тюменской области и был в 5 категории (Лупинос и др., 2017). Как и кудрявый пеликан является облигатным ихтиофагом. Многочисленные взрослые особи большого баклана на оз. Большое Белое были зафиксированы охотящимися на рыбу, свободно плавающие, а также в полете. Наибольшее число птиц отмечено в 2021 г. (320 особей). Также большие стаи птиц до 500 особей были отмечены на водоемах, специализирующихся на товарном рыбоводстве в Курганской области.

Большая белая цапля *Casmerodius albus*. Гнездится в границах Тоболо-Ишимской лесостепи; перелетный вид. В 2019 г., на озере Черное, отметили всего 4 птицы, а в 2021 г. птиц обнаружено не было. На оз. Большое Белое отмечено 27 больших белых цапель (Показаньева и др., 2023). В 2019 на озере Щучье их было 10 птиц. В 2021 году на озерах Большом Белом и Щучьем отмечались по 13 цапель.

Кроме того, большая белая цапля отмечалась на озере Кабаньем и оз. Быковом в районах, поросших густой растительностью. Сейчас большая белая цапля — обычный, хоть и малочисленный вид на водоемах Тоболо-Ишимского междуречья, но ранее она была весьма редким и залетным видом (Лупинос и др., 2017).

Скопа *Pandion haliaetus*. Факта гнездования не было отмечено в районе исследования; перелетный вид. Занесена в Красную книгу Российской Федерации в 3 категории, редкий вид (Красная книга РФ, 2021). Нами была отмечена одна пролетающая птица над оз. Щучье в 2021 г. Также 2022 г. также была отмечена птица в полете над озером Большое Белое ранее нами не встречалась в этих местах.

Орлан-белохвост *Haliaeetus albicilla*. Широко гнездится на территории Тоболо-Ишимской лесостепи; перелетный вид. Занесен в Красную книгу Тюменской области как редкий вид, а в Федеральной Красной книге отмечен, как вид, восстанавливающий свою численность (5 категория) (Красная книга Тюменской области, 2020; Красная книга РФ, 2021). В разное время птицы пролетали высоко над акваторией озера Черное (от 2 до 11 особей). Также орланы были замечены на рыбовоспроизводных озерах в Курганской области. Орлана можно отнести к факультативному ихтиофагу, так как в равной степени его добычей становится рыбы и птицы, кроме того, в его рационе присутствует падаль (Рябицев, 2014). Известно, что на крупных водоемах орланы-белохвосты ежегодно гнездятся (Митропольский и др., 2013; Тарасов, Примаков, 2013а).

Черноголовый хохотун *Larus ichthyaetu*. Гнездование не подтверждено, вид является залетным. Малоизученным и редким видом Тюменской области. С 2016 года на озерах отмечаются единичные особи в скоплениях чайковых птиц. Отдельные особи в 2019 г. встречались на озерах Большое Белое и Щучье, птицы держались в скоплениях озерной и барабинской чаек. В 2021 г. черноголовый хохотун не был зарегистрирован. В 2022 на водоемах Кабанье, Быково и Аккуль птицы кормились вместе с барабинскими чайками. На озере Таволжан также отметили 3 черноголовых хохотунов в скоплении чаек и цапель, отдыхавших на плесе (Лупинос и др., 2017).

Малая чайка *Larus minutus*. Гнездится в районе Тоболо-Ишимской лесостепи. Перелетный вид. Северная граница ареала проходит через Курганскую, Тюменскую и Омскую область. Впервые нами была отмечена на оз. Черное в 2017 г. в составе стаи с озерной чайкой 20 птиц, а в 2021 г. — 15 птиц пролетали над акваторией озера. На озере Щучье также отмечали пару особей. В последующие годы мы неоднократно встречали единичных особей на озере Таволжан. Малая чайка питается в основном беспозвоночными, рыба крайне редко присутствует в кормовом рационе вида.

Белокрылая крачка *Chlidonias leucopterus*. Гнездится в лесостепных участках Западной Сибири; перелетный вид. За время полевых экспедиций была зарегистрирована только на оз. Черное. В оба года было отмечено 20 птиц, пролетавших над учетчиками. На озере Тавол-

жан, Большое белое — обычный вид птиц. На водоемах Щучье и Быково также отмечались охотящиеся птицы.

Чеграва *Hydroprogne caspia*. Вид периодически залетает в районы исследования, гнездование этого вида на территории Тюменской области не выявлено. В 2022 г. была впервые отмечена одна особь в скоплении других представителей чайковых на озере Черное. А на следующий год исследований в 2023 г. мы встретили одну особь на озере Щучье. Чеграва включена в Красную Книгу Тюменской области, 4 категория — вид с невыясненным статусом пребывания (Красная книга Тюменской области, 2020). В Красную книгу Российской Федерации чеграва включена в 3 категорию — редкий вид (Красная книга РФ, 2021).

Заключение

Озера Тоболо-Ишимской лесостепи и сопредельных территории играют важнейшую роль в жизни птиц: через эти водно-болотные угодья пролегает Центрально-Азиатский пролетный путь — здесь птицы останавливаются на отдых и восполняют энергетические запасы. Кроме

того, данная местность является местообитанием редких видов птиц.

Рыбоядные птицы наносят вред рыбным хозяйствам, поедая рыбу в больших количествах, но в тоже время многие из них являются уязвимыми видами, сильно страдают от различных факторов как природного, так и антропогенного происхождения.

На основании собственных наблюдений и литературных данных получены свидетельства пребывания птиц-ихтиофагов на озерах Тоболо-Ишимской лесостепи и прилегающих территорий. Отмечено пребывание 27 видов рыбоядных птиц в различной степени, использующих рыбу в качестве корма, которые относятся к 8 отрядам. Семь видов включены в Федеральную Красную книгу (чернозобая гагара *Gavia arctica*, красношейная поганка *Podiceps auritus*, кудрявый пеликан *Pelecanus crispus*, скопа *Pandion haliaetus*, орлан-белохвост *Haliaeetus albicilla*, черноголовый хохотун *Larus ichthyaetus*, чеграва *Hydroprogne caspia*), и семь видов включены в Красную книгу Тюменской области, но вместо красношейной поганки в ней фигурирует чеграва *Hydroprogne caspia*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Березовиков Николай Николаевич, Романовская Ирина Рашитовна Зимнее наблюдение черныша *Tringa ochropus*, охотящегося за рыбой на Чуйском канале // Рус. орнитол. журн. 2015.
2. Болховский Т.Е., Гашев С.Н. Зоогеографическое районирование Тюменской области // Ежегодник Тюменского областного краеведческого музея: «Земля Тюменская». — Тюмень, 2001. — С. 330–340.
3. Гашев С.Н., Глазунов В.А., Хозяинова Н.В. Материалы ко второму изданию Красной книги Тюменской области. — Тюмень, 2013. — С. 34–139.
4. Гашев С.Н., Некрасов А.Л., Низовцев Д.С., Парфенов А.Д., Попов Н.Я., Шаповалов С.И. Интересные авифаунистические находки в Тюменской области // Фауна Урала и Сибири. — 2003. — №8. — С. 74–76.
5. Давлетбаков А.Т. О питании некоторых рыбоядных птиц и их влияние на рыбное хозяйство / А.Т. Давлетбаков // Исследование живой природы Кыргызстана. — 2017. — № 1. — С. 19–22. — EDN NYODVQ.
6. Иванова М.Ю., Показаньева П.Е., Климишин И.П., Иванов А.О. Мониторинг орнитофауны некоторых особо охраняемых природных территорий юга Тюменской области // Научные труды национального парка «Хвалынский»: Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Хвалынский, 21–22 октября 2021 года. Том Выпуск 13. — Саратов: Общество с ограниченной ответственностью «Амирит», 2021. — С. 54–59.
7. Ильичёв В.Д., Зубакин В.А. Малая чайка // Птицы СССР. Чайковые. — М.: Издательство Наука, 1988. — 416 с.
8. Коблик Е.А., Редькин Я.А., Архипов В.Ю. Список птиц Российской Федерации. — М.: Товарищество научных изданий КМК. 2006. — 256 с.
9. Красная книга Российской Федерации, том «Животные». 2-ое издание. — М.: ФГБУ «ВНИИ Экология», 2021. — 1128 с.
10. Красная книга Тюменской области: Животные, растения, грибы / С.П. Арефьев, А.С. Афонин, О.Г. Воронова [и др.]. — Кемерово: ООО «ТЕХНОПРИНТ», 2020. — 460 с.
11. Липкович А.Д. Рыбоядные птицы Ростовской области и аквакультура: конфликт интересов и сохранение биоразнообразия // Русский орнитологический журнал. — 2017. — Т. 26, № 1493. — С. 3652–3656.
12. Лупинос М.Ю., Халитов И.З., Показаньева П.Е., Раененко И.М. Новые сведения о редких видах птиц, обитающих на территории юга Тюменской области // Вестник российских университетов. Математика. 2017. №5-1. — С. 945–948.
13. Миноранский В.А., Пономаренко В.А., Тихонов А.В. [и др.] Мониторинг колонии рыбоядных птиц в дельте Дона // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. — 2003. — № 4 (124). — С. 60–63.
14. Митропольский М.Г., Мардонова Л.Б., Шарафутдинов И.Р. Материалы по орнитофауне озер Тоболо-Ишимской лесостепи Тюменской области // Фауна Урала и Сибири. — 2015. №2. — С. 136–144.
15. Наумчик А.Н. Питание малой *Larus minutus* и сизой *L. canus* чаек и малой крачки *Sterna albifrons* в Белоруссии // Русский орнитологический журнал. — 2020. №1954. — С. 3444–3446.
16. Новохатин В.В., Шепелева Н.А. Картографический метод в анализе динамики состояния озерных экосистем территории водноболотных угодий Тоболо-Ишимской лесостепи // Вестник Тюменского государственного университета. — 2013. — Вып. 4. — С. 154–160.

17. Показаньева П.Е., Лупинос М.Ю. Дополнения к списку орнитофауны соленых озер юга Тюменской области // Эволюционные и экологические аспекты изучения живой материи: Материалы I Всероссийской научной конференции. В 4-х книгах, Череповец, 08–09 февраля 2017 года / Ответственный редактор Н.Я. Поддубная. Том Книга 3. — Череповец: Череповецкий государственный университет, 2017. — С. 97–103.
18. Показаньева П.Е., Климшин И.П., Иванова М.Ю., Иванов А.О. К вопросу изучения орнитофауны оз. Большое Белое // Водные ресурсы — основа глобальных и региональных проектов обустройства России, Сибири и Арктики в XXI веке: сборник статей Национальной научно-практической конференции с международным участием. В 2-х томах, Тюмень, 22–23 марта 2023 года. Том 1. — Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2023. — С. 352–357.
19. Равкин Ю.С. К методике учета птиц лесных ландшафтов // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. — Новосибирск: Наука, 1967. — с. 66–75.
20. Равкин Ю.С., Доброхотов Б.П. К методике учета птиц лесных ландшафтов во внегнездовое время // Организация и методы учета птиц и вредных грызунов. — 1963. М.: Наука. — С. 130–136.
21. Резанов А. Г. Кормовое поведение лысухи *Fulica atra* в различных регионах Палеарктики: оценка стереотипа и энергетических затрат // Рус. орнитол. журн. 2001. №166.
22. Рябицев В.К. Птицы Урала, Приуралья и Западной Сибири. Справочник определитель. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. — 2008. — 734 с.
23. Рябицев В.К. Птицы Сибири: справочник-определитель: в 2т. — Москва; Екатеринбург: Кабинетный ученый, 2014. — 438, 452 с.
24. Тарасов В.В. Резкое падение численности кудрявого пеликана *Pelecanus crispus* (Aves: Pelecaniformes) на Урале и в Западной Сибири в 2021 году // Вестник Томского государственного университета. Биология. — 2022. — № 59. — С. 128–146.
25. Тарасов В.В., Примак И.В. К состоянию видов птиц, включенных в первое издание Красной книги Тюменской области // Материалы ко второму изданию Красной книги Тюменской области. Тюмень, 2013. — С. 101–124.
26. Тюлькин Ю.А. К мониторингу водно-болотных птиц оз. Таволжан (Тюменская область) // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. — 2021. — № 3(39). — С. 90–110. DOI 10.32516/2303-9922.2021.39.7.
27. Штегман Б.К. Основы орнитографического деления Палеарктики. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1938. — 156 с.
28. Щербаков Б.В. О гнездовании ушастой *Asio otus* и болотной *A. flammeus* сов на Западном Алтае // Рус. орнитол. журн. 2011. №714.

© Климшин Илья Павлович (klimshin-ilya@mail.ru); Показаньева Полина Евгеньевна (pokazanevapolina@mail.ru); Иванова Мария Юрьевна (mariya_lupinos@mail.ru); Иванов Александр Олегович (falcon_bf@mail.ru); Гашев Сергей Николаевич (gsn-61@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВЛИЯНИЕ ПРЕНАТАЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ АЦЕТАТА СВИНЦА НА СТРУКТУРУ КОРЫ КОНЕЧНОГО МОЗГА И КОНЦЕНТРАЦИЮ МАЛОНОВОГО ДИАЛЬДЕГИДА ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ 20-ТИ ДНЕВНЫХ КРЫС-ПОТОМКОВ

THE EFFECT OF PRENATAL EXPOSURE TO LEAD ACETATE ON THE STRUCTURE OF THE CEREBRAL CORTEX AND THE CONCENTRATION OF MALONDIALDEHYDE IN THE PERIPHERAL BLOOD OF 20-DAY-OLD DESCENDANT RATS

*O. Komusova
O. Kirdyashkina
E. Gromova*

Summary. The aim of the work is a comparative study of the effect of prenatal exposure to lead acetate on the structure of the cerebral cortex and the concentration of MDA (malondialdehyde) in the peripheral blood of 20-day-old descendant rats. The study was conducted on 90 mongrel white rats — in the offspring of 20 females who received 45 mg/kg of lead acetate solution as a source of drinking throughout pregnancy. The cortex and peripheral blood were studied on day 20 using histological, biochemical, morphometric and statistical methods. Changes in the thickness of layers and sizes of neuronal bodies on day 20, a decrease in the number of normochromic neurons, the appearance of destructively altered neurons, shadow cells, a decrease in the total numerical density of neurons and an increase in MDA in blood serum were revealed.

Keywords: neurons, shadow cells, peripheral blood, lead intoxication, terminal brain, malondialdehyde.

Введение ацетата свинца во время беременности, приводит к ряду нарушений в организме плода на этапах гисто— и органогенеза. Изучение структурных основ деятельности головного мозга при действии различных токсических агентов является традиционным и важным направлением современной гистологии и нейроморфологии, так как именно он является особенно чувствительным.

При этом в сенсомоторной коре потомства наблюдаются признаки задержки развития и формирования нейронов, деструктивные и дистрофические изменения клеток («клетки-тени», кариоцитоллизис). Вместе с тем, динамика влияния интоксикации на различных этапах развития изучена недостаточно.

Комусова Ольга Ивановна

ФГБОУ ВО Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева, г. Саранск
timoshkina03@mail.ru

Кирдяшкина Ольга Викторовна

ФГБОУ ВО Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева, г. Саранск
sigma.ov@mail.ru

Громова Елена Викторовна

ФГБОУ ВО Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва, г. Саранск
gromova-bx@yandex.ru

Аннотация. Целью работы является сравнительное изучение влияния пренатального воздействия ацетата свинца на структуру коры конечного мозга и концентрацию МДА (малоновый диальдегид) периферической крови 20-ти дневных крыс-потомков.

Исследование проведено на 90 беспородных белых крысах — в потомстве 20 самок, получавших 45 мг/кг массы экспериментального животного раствора ацетата свинца в качестве источника питья в течение всей беременности. Кору и периферическую кровь изучали на 20-е сутки с использованием гистологических, биохимических, морфометрических и статистических методов.

Выявлены изменения на 20 сутки толщины слоев и размеров тел нейронов, уменьшение количества нормохромных нейронов, появление деструктивно измененных нейронов, клеток-теней, снижение общей численной плотности нейронов и повышение МДА в сыворотке крови.

Ключевые слова: нейроны, клетки-тени, периферическая кровь, свинцовая интоксикация, конечный мозг, малоновый диальдегид.

Целью работы является сравнительное изучение влияния пренатального воздействия ацетата свинца на структуру коры конечного мозга и концентрацию МДА (малоновый диальдегид) периферической крови 20-ти дневных крыс-потомков.

Материалы и методы исследования

Эксперимент выполнен на 20 самках беспородных белых крыс с массой 230 ± 20 г (в потомстве 90 крысят) и проводился в помещении при температуре воздуха $21 - 25$ °C и относительной влажности 65–70 %. Животные содержались в обычных условиях вивария, регламентируемых приказом МЗ СССР № 1179 от 10.10.1983 г.

Убой контрольной и опытной групп животных производили при помощи декапитации на 20 сутки, в утрен-

ние часы, под наркозом смеси эфира с хлороформом (1:1). Опыты проводили в соответствии с приказами МЗ СССР №755 от 12.08.77 и №701 от 27.07.78 об обеспечении принципов гуманного обращения с животными.

Крысы контрольной группы получали сбалансированный рацион питания и не имели изменений в водном режиме. Крысы подопытной группы на протяжении всей беременности получали раствор ацетата свинца дозой 45 мг/кг, в качестве единственного источника питья со дня обнаружения сперматозоидов во влагалищных мазках и до родов. В течение эксперимента производился контроль потребления беременными самками необходимого объема раствора ацетата свинца в соответствии с увеличивающейся массой тела самки.

На 20 день после рождения крысят взвешивали, декапитуировали, определяли массу тела и массу мозга. Головной мозг животных фиксировали в 10 % растворе нейтрального формалина на фосфатном буфере (фирма «Биовитрум», Санкт—Петербург), заключали в парафин, готовили фронтальные серийные срезы толщиной 4–7 мкм (отступая кпереди -3,4 и -12,6 мм от брегмы), окрашивали гематоксилином-эозином, метиленовым синим по Нисслю [6].

Исследование гистологических препаратов проводилось с помощью цифрового микроскопа MT 4000 Series Biological Microscope с программным обеспечением для анализа изображений «Bio Vision Version 4.0», бинокулярного светового микроскопа (Axioscop «Carl Zeiss», Германия), цифровой системы видеодокументирования высокого разрешения Nikon DS-5Mc. Фотосъемку препаратов производили с помощью встроенной камеры, с последующей обработкой изображения в Adobe Photoshop Elements 11. Разрешение полученных изображений 1280×1024 пикселей.

Морфометрическое исследование проводилось на сериях срезов гистологических препаратов сенсорной коры и включало следующие показатели: толщину I–VI слоев коры головного мозга (при увеличении 4×10). В каждом случае измеряли 2–530 клеток в каждом слое сенсорной коры. На каждом срезе в 10 полях зрения с помощью микрометра подсчитывали общую численную плотность нейронов (объектив — x40, площадь поля зрения — 126850 мкм²), содержание нормохромных, гиперхромных несморщенных и гиперхромных сморщенных, гипохромных нейронов и клеток-теней, определяли ядерно-цитоплазматическое отношение (ЯЦО) как частное от деления площади ядра и площади цитоплазмы [6].

Интенсивность процессов липопероксидации оценивалась по содержанию малонового диальдегида вторичного продукта перекисного окисления липидов. Содержа-

ние МДА определяли в сыворотке крови по реакции с тиобарбитуровой кислотой (ТБК) [7]. В основе метода лежит реакция между МДА и ТБК, которая при высокой температуре и кислом значении pH протекает с образованием окрашенного триметинового комплекса.

Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Statistika 8.0. Для проверки статистических гипотез использовали t-критерий Стьюдента для независимых и зависимых выборок. Результаты представлены как среднее ± стандартное отклонение (s). Критический уровень значимости $p \leq 0,01$, $p \leq 0,05$.

Результаты исследования

Значимых различий массы тела, массы мозга и соотношения массы мозга и массы тела у контрольных и опытных крысят не выявлено.

В исследованных слоях сенсорной коры головного мозга контрольных животных преобладали (>95 %) нормохромные нейроны, с четко выделяющимся при окраске по Нисслю цитоплазмой, ядром и ядрышком.

На препаратах сенсорной зоны коры молекулярный слой содержал редкие нейроны с овальной формой тела. Наружный зернистый слой образован мелкими и средними нейронами, имеющими чаще пирамидную или звездчатую форму. Наружный пирамидный слой представлен средними и крупными пирамидными нейронами, размер их перикариона возрастает в глубоких частях слоя. Нейроны содержат ядра, имеющие округлую форму. Внутренний зернистый слой представлен мелкими звездчатыми и пирамидными нейронами. Ядра нейронов имеют четко выраженную структуру. Внутренний пирамидный слой представлен пирамидными нейронами [2]. Полиморфный слой образован множеством нейронов различной величины и формы. Ядра небольшие с нормохромной структурой (табл. 1, 2, рис. 1).

При исследовании сыворотки крови содержание МДА составляло у контрольной группы животных $1,74 \pm 0,01$ мкм/л. (табл. 4).

Общая численная плотность нейронов в опытной группе 1 во всех слоях снижалась, в большей степени в молекулярном, наружном пирамидном, внутреннем пирамидном и полиморфном слоях (табл. 2).

Воздействие ацетата свинца вызвало гистологические изменения в сенсорной коре во всех слоях в виде появления гиперхромных (рис. 1,2), гипохромных нейронов, клеток-теней, структурных изменений микрососудов (набухание, гиперхроматоз, пикноз ядер и десквамация эндотелиальных клеток).

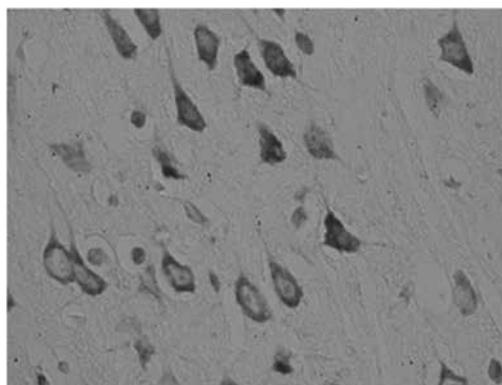


Рис. 1. Нейроны III слоя соматосенсорной коры (контроль). Окраска метиленовым синим по Нисслю. Об. 40х ок. 10

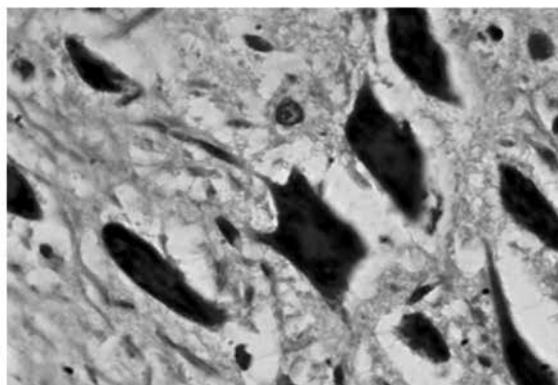


Рис. 2. Сморщенные гиперхромные нейроны в слое III соматосенсорной коры (опыт 1). Окраска метиленовым синим по Нисслю. Об. 100х ок. 10

Таблица 1.
Морфометрические показатели толщины слоев коры головного мозга у крыс (M±s)

Слой неокортекса	Толщина слоя, мкм (M±s)	
	Контроль	Опыт 1
I	88,44±0,94	241,04±1,24*
II	162,81±0,46	157,82±0,71*
III	119,18±1,74	112,20±0,90*
IV	664,38±0,66	303,06±1,51*
V	285,61±0,99	260,94±1,44*
VI	580,63±1,66	555,50±2,22*

Примечание: * — достоверно по отношению к контролю, P≤0,01.

Таблица 2.
Общая численная плотность нейронов в соматосенсорной коре головного мозга у крыс (M±s)

Номер слоя	Численная плотность нейронов, в 1 мм ³	
	Контроль	Опыт 1
I	20156±1007	11088±590*
II	31299±1050	20002±1000*
III	37205±1860	22079±1003*
IV	40335±2016	27455±1372*
V	43580±2845	30088±1255*
VI	42220±2406	30709±1805*

Примечание: * — достоверно по отношению к контролю, P≤0,01.

При проведении сравнительного анализа результатов изучения цитоархитектоники соматосенсорной коры головного мозга крыс в контроле и у опытной группы отмечались статистически значимые изменения (табл. 3).

При сравнении содержания МДА в сыворотке периферической крови опытных групп с контрольной, обна-

Таблица 3.
Результаты сравнительного изучения цитоархитектоники соматосенсорной коры головного мозга у крыс в контроле и при интоксикации ацетатом свинца (M±s)

Показатели	Содержание нейронов, в 1 мм ³	
	Контроль	Опыт 1
Общая численная плотность нейронов коры	214795±10739	141421±7071*
Содержание нормохромных нейронов	203774,50±1088	87725±4386*
Содержание измененных нейронов	11020,50±110,20	53696±2684*
Ядерно-цитоплазматическое отношение	0,43±0,02	0,24±0,01*

Примечание: * — достоверно по отношению к контролю; P≤0,01.

Таблица 4.
Содержание МДА в сыворотке крови (M ± s)

Показатель	Контроль	Опыт 1
МДА, мкмоль/л	1,74±0,01	8,36±0,01*

Примечание: * — достоверно по отношению к контролю; P≤0,01.

ружено статистически значимое увеличение в 7–10 раз (P≤0,01) (табл. 4), что связано с активацией перекисного окисления липидов, что является наиболее важным фактором повреждения мембран при острых экзогенных отравлениях. Являясь ионом с переменной валентностью, свинец способен инициировать процессы свободно-радикального окисления, приводя к усилению липопероксидации, что обусловлено снижением активности каталазы и супероксиддисмутазы [4, 5].

При проведении исследования на световом микроскопе микрососудов соматосенсорной коры головного мозга было установлено, что у животных перенесших

свинцовую интоксикацию наблюдались изменения микрососудов по типу отека-набухания [1].

Таким образом, полученные гистологические, морфометрические, биохимические данные свидетельствуют о развитии выраженных деструктивных изменений и гибели нейронов в сенсомоторной коре, вызванных воздействием токсиканта.

Заключение и выводы

Выявленное уменьшение толщины коры мозга во II–VI слоях может быть связано с возникновением и активацией процессов апоптоза и некроза [1, 5, 6]. В свою очередь обнаружено увеличение толщины молекулярного слоя, что вероятно может быть связано с возникновением приваскулярного отека [1].

В исследуемой группе на 20-е сутки обнаружено уменьшение общей численной плотности нейронов, что

может быть связано с интенсивным ростом нейроглии по сравнению с телами нейронов. Соответственно дефицит нейронов сохранится у животных пожизненно.

Выявленные поврежденные и измененные нейроны, вероятно, связаны с нарушением водно-солевого обмена, а также окислительным стрессом, что подтверждено результатами МДА в нашем исследовании [7].

Выявленные структурные изменения могут лежать в основе неврологических и поведенческих нарушений у животных после интоксикации. Поведенческие нарушения включают когнитивные, сенсомоторные и эмоциональные расстройства [3]. К неврологическим дисфункциям, вызванным интоксикацией относится слуховая дисфункция, неспособность к обучению и обобщению, в частности нами было обнаружено, при проведении теста «открытое поле», ухудшение способности выработки пищевого рефлекса [3,6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Квитницкий-Рыжов, Ю.Н. Современное учение об отёке и набухании головного мозга / Ю.Н. Квитницкий-Рыжов. — Киев: Здоров'я, 1988. — 189 с.
2. Кузнецов, С.Л. Атлас по гистологии, цитологии и эмбриологии: учеб. пособие для студ. вузов / С.Л. Кузнецов, Н.Н. Мушкамбаров, В.Л. Горячкина. — М.: Изд-во МИА, 2012. — 374 с.
3. Крушинский, Л.В. Формирование поведения животных в норме и патологии / Л.В. Крушинский. — М.: Изд-во МГУ. — 1960. — 263 с.
4. Павловская Н.А., Данилова Н.И. Клинико-лабораторные аспекты раннего выявления свинцовой интоксикации // Медицина труда и промышленная экология. — 2001. — №5. — С.18–22
5. Пьявченко, Г.А. Изменение количества нейронов в моторной коре крыс и их двигательная активность в возрастном аспекте / Г.А. Пьявченко // Морфология. — 2015. — Т. 147. — № 3. — С. 7–11.
6. Семченко, В.В. Постаноксическая энцефалопатия / В.В. Семченко, С.С. Степанов, Г.В. Алексеева // М-во здравоохранения Рос. Федерации, Рос. акад. мед. наук. Сиб. отд-ние, НИИ общ. реаниматологии и др. — Омск: Ом. гос. мед. акад., 1999. — 446 с.
7. Владимиров Ю.А. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах / Ю.А. Владимиров, А.И. Арчаков. — Москва: Наука, 1972. — 252 с.

© Комусова Ольга Ивановна (timoshkina03@mail.ru); Кирдяшкина Ольга Викторовна (sigma.ov@mail.ru);

Громова Елена Викторовна (gromova-bx@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО (*GALEGA ORIENTALIS* LAM.) В ПРЕДЕЛАХ ВТОРИЧНОГО АРЕАЛА НА ПЕСЧАНЫХ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (НА ПРИМЕРЕ СУРГУТСКОГО РАЙОНА)

PECULIARITIES OF GROWTH
AND DEVELOPMENT OF THE ROOT
SYSTEM OF EASTERN GOAT'S RUE
(*GALEGA ORIENTALIS* LAM.) WITHIN
THE SECONDARY RANGE ON SANDY
PODZOLIC SOILS IN THE CONDITIONS
OF THE MIDDLE TAIGA OF WESTERN
SIBERIA (ON THE EXAMPLE OF THE
SURGUT REGION)

E. Moiseeva

R. Bordey

N. Lozhkina-Gametskaya

Summary. The article presents the results of the introduction assessment of the culture *Galega orientalis* Lam. (Eastern goat's rue) when cultivated in extreme soil and climatic conditions of the North. As a result of the research, the features of the growth and development of the root system of the Eastern goat's rue 1–3 years were studied. life in the environs of the city of Surgut. An analysis of the effect of inoculation of seed material with microbiological fertilizer Байкал-ЭМ1 and two-component sowing on the morphometric parameters of the introducing root system was carried out.

Also, when comparing our indicators with the data obtained during the cultivation of eastern goat's rue in the conditions of the middle taiga of the European territory of Russia, we can note a decrease in the length of the main root and its increase relative to the growth of the stem, which in our opinion is associated with a deterioration in growing conditions.

As a result of the research, the expediency of using Байкал-ЭМ1 in the study region for pre-sowing preparation of seeds in order to increase the adaptive potential of the root system of the Eastern goat's rue has been established.

Keywords: introduction, Oriental goat's rue (*Galega orientalis* Lam.), root system, adaptation, acidic podzolized soils, extreme soil and climatic conditions.

Моисеева Екатерина Алексеевна

к.б.н., старший преподаватель, Сургутский
государственный педагогический университет
lapinaea_vizit@mail.ru

Бордей Римма Ханифовна

к.б.н., старший преподаватель,
Сургутский государственный университет;
ведущий научный сотрудник, Научный центр экологии
природных комплексов, г. Сургут
ar80@yandex.ru

Ложкина-Гамецкая Наталья Ивановна

к.б.н., доцент, Сургутский государственный
педагогический университет
L-G.surgpu@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты интродукционной оценки растений *Galega orientalis* Lam. (козлятник восточный) при возделывании в экстремальных почвенно-климатических условиях Севера. В результате исследований были изучены особенности роста и развития корневой системы козлятника восточного 1–3 гг. жизни в условиях окрестностей г. Сургута. Проведен анализ влияния инокуляции посевного материала микробиологическим удобрением Байкал-ЭМ1 и двухкомпонентного посева на морфометрические показатели корневой системы интродуктента.

В результате исследований установлена целесообразность применения Байкал-ЭМ1 в исследуемом регионе для предпосевной подготовки семян с целью увеличения адаптационного потенциала корневой системы козлятника восточного.

Ключевые слова: интродукция, Козлятник восточный (*Galega orientalis* Lam.), корневая система, адаптация, кислые оподзоленные почвы, экстремальные почвенно-климатические условия.

Введение

В настоящее время козлятник становится приоритетной культурой для интродукции в различных почвенно-климатических зонах РФ [1, 2, 3, 4, 6, 9, 15,

16, 17, 18, 19]. Однако, территория пункта интродукции (Сургутский район) где проводились исследования, относится к зоне рискованного земледелия (Атлас ХМАО-Югры, 2004).

Климат пункта интродукции характеризуется как умеренно континентальный. Продолжительность вегетационного периода, в среднем, составляет 85 суток с суммой температур от 1250 до 1350 °С и годовым количеством осадков 500–650 мм. Почвы формируются при промывном типе водного режима, бесструктурные низкоплодородные, подзолистые и кислые [1].

При интродукции многолетних растений в новых почвенно-климатических условиях, особое внимание должно уделяться изучению развития подземного аппарата интродуцента с практической точки зрения.

Цель исследования: изучение морфологических особенностей и химическая оценка развития корневой си-

стемы козлятника восточного в процессе онтогенеза при интродукции в экстремальных почвенно-климатических условиях средней тайги Западной Сибири (на примере Сургутского района).

В качестве объекта исследования в работе было выбрано многолетнее травянистое растение из семейства бобовых — козлятник восточный (*Galega orientalis* Lam.), сорт Гале.

Интродукционный эксперимент проводился на опытном участке Сургутского Ботанического сада с 2019 по 2021 гг. Исследования проводились по апробированной ранее схеме методом рандомизированных организованных повторений в 4-х кратной повторности

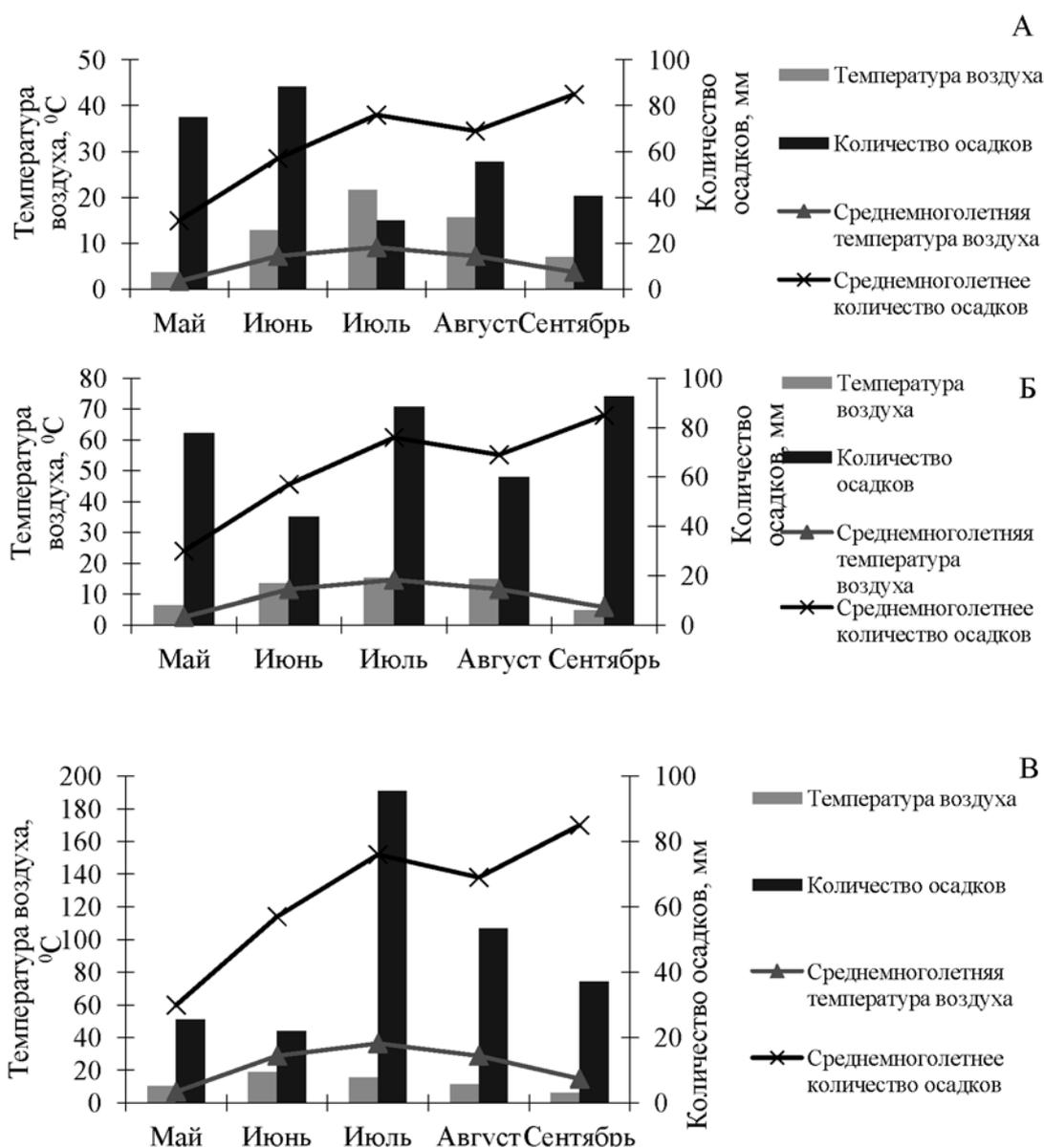


Рис. 1. Метеорологические условия вегетационных сезонов: А — 2019 год; Б — 2020 год; В — 2021 год

в соответствии с методикой Б.А. Доспехова (1973). Общая учетная площадь составляла 18 м², площадь учетной деланки — 1,5 м² [7] по следующей схеме: Вариант опыта 1 — Контроль; Вариант опыта 2 — Инокуляция семенного материала микробиологическим удобрением Байкал-ЭМ1; Вариант 3 — Бинарный посев козлятника с горохом.

Почвы опытного участка характеризуются как кислые (рН 5,21), песчаные, подзолистые с содержанием гумуса 5,6 % (по Тюрину), содержание аммонийного азота — 3,9 мг/кг почвы (по ЦИНАО), нитратного азота — 129 мг/кг почвы (ионометрический метод), обменного калия — 67 мг/кг почвы (по Кирсанову), подвижного фосфора — 396 мг/кг почвы (по Кирсанову). Семенной материал соответствует категории РС1 (1 репродукция). Байкал-ЭМ1 произведен в ООО НПО ЭМ-Центр, г. Улан-Удэ, республика Бурятия. Инокуляцию семян козлятника восточного перед посевом проводили согласно рекомендации производителя. Сбор растительных образцов проводили в конце вегетационного периода ручным способом. Климатическая оценка пункта интродукции осуществлялась по данным метеостанции г. Сургута. Гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитывали по методике Селиванова (1982). Учет корневых остатков культуры определяли по методике Н.З. Станкова (1964) методом почвенного монолита. Определение содержания химических элементов в подземной биомассе козлятника восточного проводили по общепринятым методикам в аккредитованной испытательной лаборатории Федерального государственного бюджетного учреждения «Станция агрохимической службы «Марийская», г. Йошкар-Олы республики Марий-Эл. Статистическую и математическую обработку полученных данных проводили методом дисперсионного анализа по методике Б.А. Доспехова (1973) с применением пакета программ «Microsoft Office Excel 2010», «Statistica 6.0».

За годы наблюдений метеорологические условия в целом были типичными для района интродукции. Вегетационные периоды 2019 и 2020 годов характеризовались недостаточной теплообеспеченностью (ГТК — 0,8 и 1,2, соответственно) при норме ГТК — 1,7. Благоприятные условия для развития козлятника восточного складывались в 2021 году, в результате более влажного и теплого вегетационного периода (рис. 1).

Анализ динамики линейного роста корневой системы козлятника восточного при возделывании на кислых песчаных почвах Сургутского района показал прямую зависимость данного параметра от продолжительности возделывания травостоя (рис. 2).

В год посева, в конце вегетационного периода, длина главного корня интродуцента, в зависимости от варианта опыта, варьировала от 14,7 до 25,8±0,28 см. Статисти-

чески значимое увеличение ($p \leq 0,05$) изучаемого параметра отмечалось на 2-й и 3-й года жизни интродуцента: с 11,0 до 33,0±0,79 см и от 28,2–45,3±1,00 см, по годам соответственно. При сравнение полученных нами результатов с данными морфометрических показателей развития коневой системы козлятника, произрастающего на территории Европейской части средней тайги отмечена тенденция к уменьшению длины главного корня интродуцента в среднем на 50 %, что, по нашему мнению, обусловлено особенностями гидротермического подзолообразования в пункте интродукции.

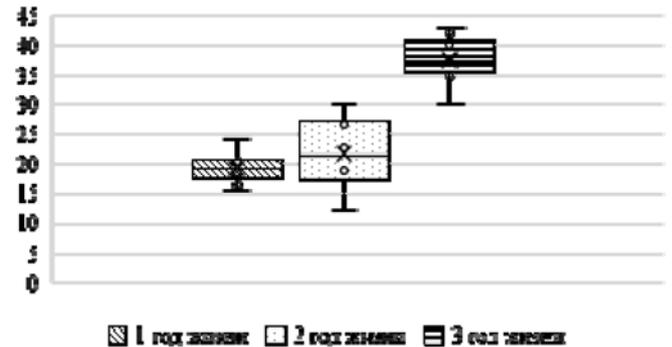


Рис. 2. Длина главного корня растений козлятника восточного, см

Примечание: * $p \leq 0,05$ к предыдущему году

Изучаемые нами приемы возделывания козлятника восточного оказали неоднозначное влияние на рост корневой системы интродуцента (рис. 3).

Бинарная культура гороха оказала отрицательное влияние на рост главного корня козлятника. Отмечено достоверно значимое ($p \leq 0,05$) уменьшение длины главного корня у растений высеванных совместно с горохом в среднем на 12–33 % к контролю в зависимости от года возделывания интродуцента. Инокуляция посевного материала микробиологическим удобрением Байкал-ЭМ1, напротив, способствовала достоверному увеличению ($p \leq 0,05$) изучаемого параметра на 10–11 % к контрольным показателям.

Статистический анализ позволил установить, что линейный рост главного корня козлятника восточного в экстремальных почвенно-климатических условиях возделывания так же зависит от интенсивности роста надземного побега растения ($r = 0,9$) (рис. 4).

Ранее, нашими исследованиями установлено, что по мере увеличения возраста травостоя наблюдалось переориентирование роста подземной части растений в сторону увеличения доли длины стебля до 68–71 % от общего длинно растения [8, 10] (рис. 5).

Необходимо отметить, что у растений козлятника семенной материал, перед посевом, который был инокулирован микроудобрением, во все годы наблюдения

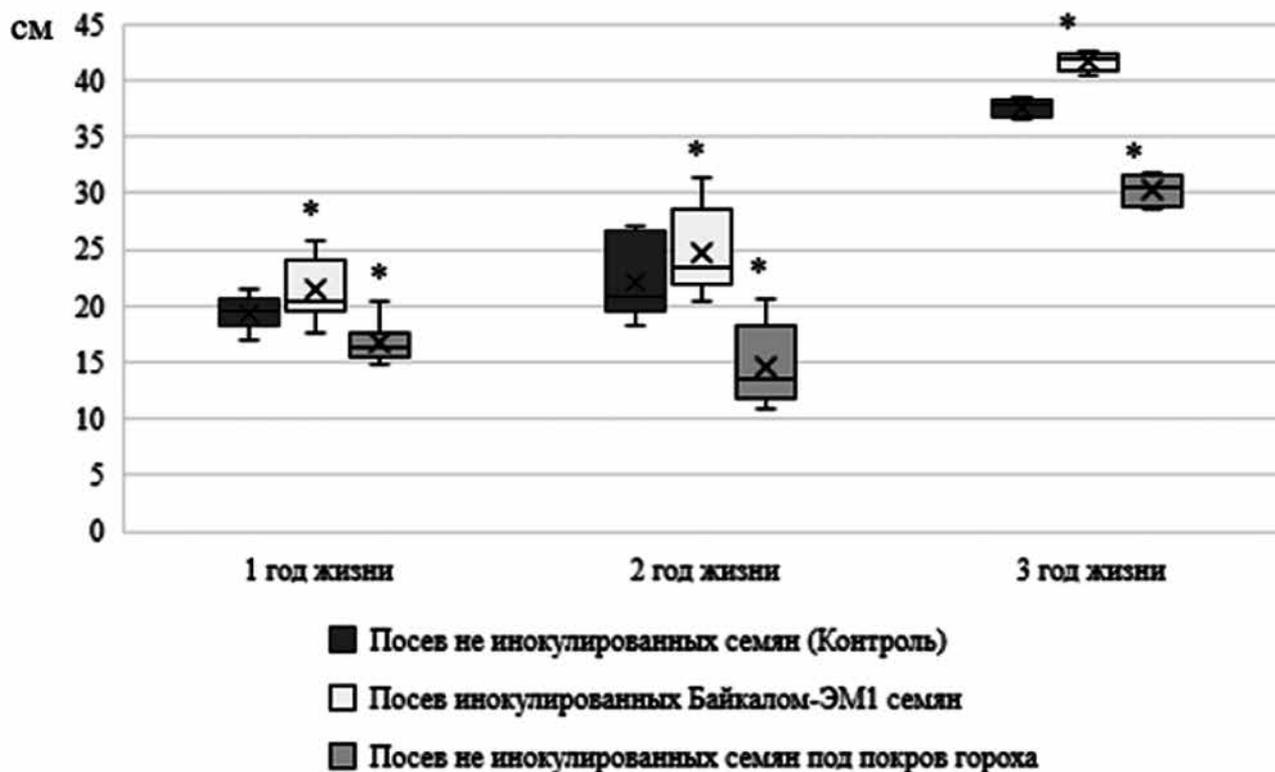


Рис. 3. Длина главного корня козлятника восточного по вариантам опыта (по годам жизни), см
 Примечание: * $p \leq 0,05$ к контролю

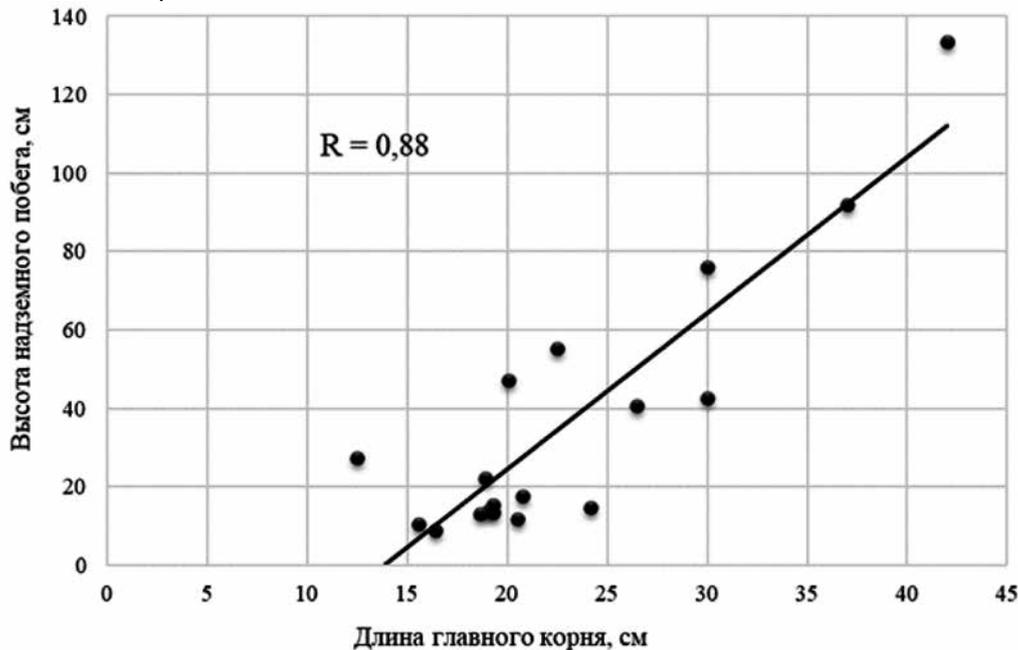


Рис. 4. Зависимость длины главного корня козлятника восточного от высоты стебля

отмечено незначительное ($\alpha > 0,05$) перераспределение роста побегов в сторону увеличения соотношения длины стебля к длине корня (рис. 6).

Ранее нами отмечалось [7, 11, 10], что применение Байкала-ЭМ1 оказало положительное влияние на увеличение длины стебля к длине главного корня, разви-

тие фотосинтетического потенциала и продуктивность козлятника восточного в то время, как бинарный подсев привел к их достоверному снижению. Учитывая эти факты, можем предположить, что усиление роста надземного побега козлятника восточного относительно роста главного корня является реакцией растений на ухудшение условий произрастания.

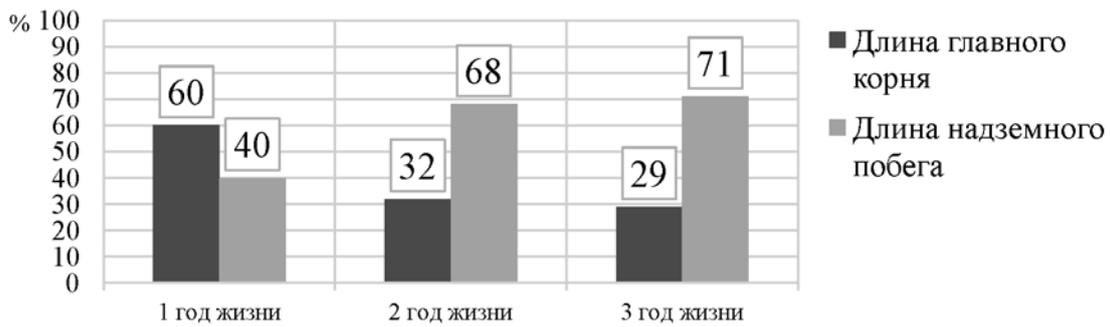


Рис. 5. Отношение длины главного корня к длине стебля козлятника восточного по годам жизни, %

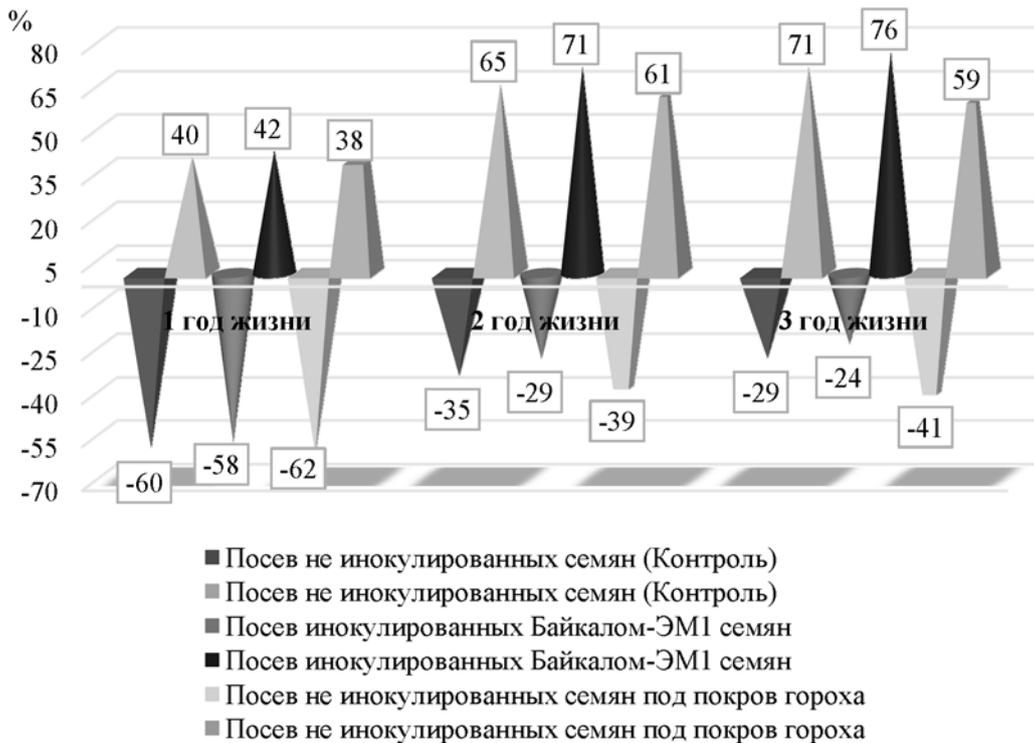


Рис. 6. Отношение длины главного корня к длине стебля козлятника восточного в зависимости от изучаемого приема возделывания, %

Учет корневых остатков козлятника восточного в конце вегетационных периодов показал, что к концу первого года жизни интродуцент формирует до 2,3 т/га сухой корневой массы (СВ), до 4,7 т/га — на второй год и до 7,8 т/га — на третий год возделывания (табл. 1).

На продуктивность корневой системы интродуцента изучаемые технологические приемы возделывания оказали неоднозначное влияние. Применение Байкала-ЭМ1 для предпосевной инокуляции семенного материала способствовало увеличению формирования сухой корневой массы в среднем на 30–36 % в зависимости от года жизни интродуцента к контролю. Отмечено, что наибольший прирост органического вещества подземной системой козлятника наблюдался к концу вегетации второго года жизни, который составил прибавку до 4,7 т/га СВ к контролю при наименьшей существенной разнице $HCP_{05} = 0,5$.

В варианте опыта 3, при посеве козлятника восточного с горохом, наблюдалось существенное снижение формирования продуктивности корневой системы интродуцента во все года исследования в среднем на 25–50 % в сравнении с контролем.

Анализ динамики содержания основных элементов минерального питания в корнях козлятника восточного, в среднем по трем закладкам опыта, показал, что в зависимости от года возделывания содержание азота в корневых остатках растений варьировало от 1,4 до 1,9 %, фосфора до 0,3 % и калия до 1,2 % на сухое вещество (табл. 2).

Биохимический анализ показал, что применение микробиологического удобрения способствовало увеличению концентрации азота в корнях растений на второй и третий года возделывания на 10–14 % по сравнению

с контрольными показателями. В варианте опыта с бинарным посевом интродуцента увеличение содержания азота на 13 % в сравнение с контролем, отмечено на 3-й год вегетации культуры.

Таблица 1.

Накопление подземной биомассы козлятником восточным

Вариант опыта	Масса корней, т/га		± СВ, т/га
	сырых	СВ	
1 год вегетации			
Вариант опыта 1	7,8	1,6	–
Вариант опыта 2	10,8	2,3	+0,7
Вариант опыта 3	5,0	1,2	-0,4
НСР ₀₅			0,48
2 год вегетации			
Вариант опыта 1	13,3	3,0	–
Вариант опыта 2	21,7	4,7	+4,7
Вариант опыта 3	9,2	2,2	-0,8
НСР ₀₅			0,5
3 год вегетации			
Вариант опыта 1	24,4	5,2	–
Вариант опыта 2	37,1	7,8	+2,6
Вариант опыта 3	10,7	2,6	-2,6
НСР ₀₅			0,35
В среднем			
Вариант опыта 1	15,2	3,3	–
Вариант опыта 2	23,2	4,9	+1,6
Вариант опыта 3	8,3	2,0	-1,3
Примечание: СВ — сухое вещество			

Таблица 2.

Динамика содержания основных элементов минерального питания в корнях козлятника восточного по годам жизни растений, % СВ

Вариант опыта	N, %			P ₂ O ₅ , %			K ₂ O, %		
	Год жизни								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Вариант опыта 1	1,6	1,7	1,5	0,3	0,3	0,3	1,0	0,6	0,3
Вариант опыта 2	1,6	1,9	1,7	0,2	0,3	0,3	1,1	0,7	0,6
Вариант опыта 3	1,6	1,5	1,7	0,3	0,3	0,2	1,1	0,7	0,3
В среднем по вариантам опыта	1,6	1,7	1,6	0,3	0,3	0,3	1,1	0,8	0,4

Необходимо отметить, что изучаемые приемы возделывания продолжительность возделывания козлятника

ка восточного на кислых песчаных почвах Сургутского района и не оказали влияния на содержание фосфора в корневых остатках. Исследуемый показатель варьировал в пределах от 0,2 до 0,3 % на СВ. Отмечено, что с увеличением возраста травостоя наблюдается снижение концентрации калия в растительных образцах по всем изучаемым вариантам опыта, в среднем с 1,1 до 0,3 % на СВ. При этом содержание K₂O в корнях растений третьего года жизни инокулированных перед посевом превышала контрольный показатель в 2 раза и составило 0,6 % на СВ.

За три года исследований установлено, что с корневыми остатками, в зависимости от года возделывания интродуцента и изучаемого приема возделывания, в почву может поступить в среднем от 1,2 до 7,8 т/га сухого вещества, от 36 до 134 кг/га азота, от 4,8 до 23 кг/га подвижного фосфора и от 7 до 46 кг/га обменного калия (табл. 3).

Таблица 3.

Накопление основных питательных веществ в сухой подземной биомассе козлятника восточного, га

Вариант опыта	Вариант опыта 1			Вариант опыта 2			Вариант опыта 3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Сухое вещество, т	1,6	3,0	5,2	2,3	4,7	7,8	1,2	2,2	2,6
Азот, кг	25,4	50,4	77,0	35,7	87,4	134,2	18,6	33,9	44,7
Подвижный фосфор, кг	4,8	9,0	15,6	4,6	14,1	23,4	3,6	6,6	7,8
Обменный калий, кг	16,0	18,0	17,7	24,2	32,0	46,0	12,7	18,5	7,0

Микробиологическое удобрение Байкал-ЭМ1 применяемое для инокуляции посевного материала обеспечило прибавку поступления органического вещества в пахотный горизонт с корневыми остатками козлятника восточного к концу третьего года вегетации в среднем на 13 т/га, что эквивалентно внесению 38,4 т/га навоза, на 13 т/га азота, на 3,4 т/га подвижного фосфора, на 6 т/га обменного калия, что также эквивалентно внесению от 5,7 до 17 т/га навоза в сравнении с контрольными показателями. При пересчете на стандартные туки применение Байкала-ЭМ1 способствовало увеличению накопления азота эквивалентное внесению 381 кг/га аммиачной селитры, 45,4 кг/га двойного суперфосфата, 15 кг/га калийной соли при контрольных показателях 219 кг/га, 30 кг/га и 39,3 г/га соответственно.

Таким образом, проведенный нами анализ трехлетнего изучения динамики изменения морфометрических и биохимических показателей корневой системы козлятника восточного и ее продуктивности при интродукции в экстремальных почвенно-климатических условиях Сургутского района показал, что изменение изучаемых показателей в большей степени определяются продол-

жительностью возделывания культуры и изучаемыми приемами возделывания. Полученные данные позволили подтвердить характерную особенность интенсивного роста главного корня относительно роста надземного побега козлятника восточного в год посева и постепенное переориентацию на развитие надземной части в последующие года вегетации интродуцента, что, по нашему мнению, является адаптацией растения в целом к неблагоприятным условиям произрастания. Отмечено, что линейный рост главного корня интродуцента, в большей степени определяется ростом надземного побега.

Корневая система козлятника восточного к концу третьего года вегетации обеспечивает поступление в пахотный горизонт до 7,8 т/га органического вещества в котором аккумулируется до 134 кг/га азота, до 23 кг/га подвижного фосфора и до 46 кг/га обменного калия. В связи с чем *Galega orientalis* Lam. может рассматриваться как перспективная сидеральная культура для возделывания на кислых песчаных почвах Сургутского района. Предпосевная инокуляция Байкалом-ЭМ1 способствовала развитию более мощной и продуктивной корневой системы козлятника восточного во все годы наблюдений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас Ханты-Мансийского автономного округа. Том 2. Природа. Экология, Ханты-Мансийск — Москва, 2004. 152 с.
2. Баркалов В.Ю., Прокопенко С.В. *Galega orientalis* Lam. (Fabaceae) — новый вид для адвентивной флоры российского Дальнего Востока. Бюллетень Ботанического сада-института, 2017, №17. С. 45–46.
3. Батыршина Э.Р. Основные технологические приемы возделывания козлятника восточного в одновидовых и смешанных посевах в условиях Среднего Урала : автореф. канд. дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук. Москва, 2004. — 15 с.
4. Гульшина И.И. Основные приемы возделывания козлятника восточного (*Galega Orientalis* Lam.) в одновидовых и смешанных посевах в условиях лесостепи ЦЧР. Автореф. канд. дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук. Москва, 2000. — 24 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. Москва: Колос, 1973. — 335 с.
6. Кшникаткина А.Н., Гушина В.А., Варламов В.А., Галиуллин А.А. Продукционный процесс агрофитоценозов козлятника восточного в условиях среднего Поволжья. Сельскохозяйственная биология, 2003, №2. С. 101–107.
7. Лапина Е.А. (Моисеева Е.А.) Биоморфологические особенности развития козлятника восточного (*Galega orientalis* Lam.) на подзолистых почвах средней тайги Западной Сибири (первый год интродукции) / Е.А. Лапина, Л.Ф. Шепелева // Проблемы современной биологии: материалы XII Международной научно-практической конференции. Москва, 15 апреля. — Москва, 2014. — С. 27–35.
8. Лапина Е.А. (Моисеева Е.А.) Эколого-биоморфологические особенности развития козлятника восточного (*Galega orientalis* L.) первого года интродукции в условиях средней тайги Западной Сибири / Е.А. Лапина, Л.Ф. Шепелева // Вестник Оренбургского государственного университета. — 2014. — № 6 (167). — С. 30–35.
9. Литвяк Г.К. Продуктивность козлятника восточного на корм и семена в зависимости от нормы высевы и способа посева в условиях Оренбургского Предуралья. Автореф. канд. дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук. Оренбург, 2002. — 17 с.
10. Моисеева Е.А. Перспективы возделывания галеги восточной (*Galega orientalis* Lam.) на подзолистых почвах средней тайги Западной Сибири (в условиях Ханты-Мансийского автономного округа-Югры) / Е.А. Моисеева, Р.Х. Бордей, З.А. Самойленко // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. — 2018. — № 3(35). — С. 54–60.
11. Моисеева Е.А. Эколого-биологическая оценка козлятника восточного (*Galega orientalis* Lam.) как перспективной культуры для интродукции в условиях г. Сургута / Е.А. Моисеева, Р.Х. Бордей // Вестник КрасГАУ. — 2017. — № 10. — С. 140–147.
12. Пузырева М.Л. Технология возделывания козлятника восточного на корм и семена в подтаежной зоне Томской области: методические рекомендации РАСХН. Сиб. Отд-ние. СибНИИСХиТ / М.Л. Пузырева. — Томск, 2006. — 28 с.
13. Рубан Г.А. Козлятник восточный. Сорт Еля-Ты. Рекомендации производству (Коми НЦ УрО РАН) / Г.А. Рубан., К.С. Зайнуллина. Сыктывкар, 2001. — 20 с.
14. Сагирова Р.А. Онтогенетический морфогенез галеги восточной (*Galega orientalis* Lam.) как перспективного кормового растения / Р.А. Сагирова // Сельскохозяйственная биология. — 2009. — №4. — С. 75–80.
15. Станков Н.З. Корневая система полевых культур. М.: Колос, 1964. — 280 с.
16. Фаизов И.Ф. Продуктивность козлятника восточного в чистых и смешанных посевах на обыкновенных черноземах степной зоны Саратовского правобережья. Автореф. канд. дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук. Пенза, 2004. — 28 с.
17. Iwabuchi K. Adaptability and cultivation of Leguminosae galega (*Galega orientalis* Lam.) in Hokkaido (Usefulness, cultivation and feeding value of galega (*Galega orientalis* Lam.) in Hokkaido). Journal of the Japanese Grassland Society, 2012, 58 (2): 113–121 (doi: 10.14941/grass.58.113).
18. Fairey N.A., Lefkovich L.P., Coulman B.E., Fairey D.T., Kunelius T., McKenzie D.B., Michaud R., Thomas W.G. Cross-Canada comparison of the productivity of fodder galega (*Galega orientalis* Lam.) with traditional herbage legumes. Canadian Journal of Plant Science, 2000, 80(4): 793–800 (doi: 10.4141/P99-162).
19. Österman J., Chizhevskaja E.P., Andronov E.E., Fewer D.P., Terefework Z., Roumilantseva M.L., Onichtchouk O.P., Dresler-Nurmi A., Simorov B.V., Dzyubenko N.I. and Lindström K. (2011). *Galega orientalis* is more diverse than *Galega officinalis* in Caucasus—whole-genome AFLP analysis and phylogenetics of symbiosis-related genes. Molecular Ecology, 2011, 20(22): 4808–4821 (doi: 10.1111/j.1365-294X.2011.05291).

© Моисеева Екатерина Алексеевна (lapinaea_vizit@mail.ru); Бордей Римма Ханифовна (ar80@yandex.ru);

Ложкина-Гамецкая Наталья Ивановна (L-G.surgpu@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ТЕКУЩИЙ СТАТУС ИССЛЕДОВАНИЙ ГИДАТИДНОЙ БОЛЕЗНИ ОВЕЦ В КИТАЕ

Чжан Нань

Аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Российский биотехнологический университет

CURRENT RESEARCH STATUS HYDATID DISEASE OF SHEEP IN CHINA

Zhang Nan

Summary. Hydatid disease, as a common zoonotic parasitic disease in livestock-raising areas of China, annually causes huge losses and serious illnesses in people in China's livestock industry. The definitive hosts of echinococcus are dogs, wolves, foxes, etc., and intermediate hosts are sheep, cattle, pigs and rodents. The symptoms and severity of echinococcosis in sheep depend on the size, number, location of the parasite and the presence of complications. In the early stages there may be no obvious symptoms or signs.

Hydatidosis endemic areas are mainly found in agricultural and pastoral areas of western and northern China. According to a study on the echinococcosis epidemic in China conducted in 2012, the country has a total of 350 echinococcosis endemic counties with endangered populations.

To solve the problem of echinococcosis, China has conducted a number of studies. This article aims to analyze the current research findings on echinococcosis in China, and provide a comprehensive description of the current status of echinococcosis research in China.

Keywords: echinococcosis, parasites, parasitology, parasitic diseases, research, China.

Аннотация. Гидатидная болезнь, как распространенное зоонозное паразитарное заболевание в животноводческих районах Китая, ежегодно приводит к огромным потерям и серьезным заболеваниям людей в животноводческой отрасли Китая. Окончательными хозяевами эхинококка являются собаки, волки, лисы и др., а промежуточными — овцы, крупный рогатый скот, свиньи и грызуны. Симптомы и тяжесть эхинококкоза у овец зависят от размера, количества, локализации паразита и наличия осложнений. На ранних стадиях может не быть явных симптомов или признаков.

Эндемичные по гидатидозу районы в основном распространены в сельскохозяйственных и пастбищных районах западного и северного Китая. Согласно исследованию эпидемии эхинококкоза в Китае, проведенному в 2012 году, в стране насчитывается в общей сложности 350 эндемичных по эхинококкозу уездов с населением, находящимся под угрозой исчезновения. Чтобы решить проблему эхинококкоза, Китай провел ряд исследований. Эта статья посвящена анализу текущих результатов исследований эхинококкоза в Китае, и предоставить всестороннее описание текущего статуса исследований эхинококкоза в Китае.

Ключевые слова: эхинококкоз, паразиты, паразитология, паразитарные болезни, исследования, Китай.

Введение

Гидатид — китайское название эхинококкоза. Гидатидную болезнь в основном разделяют на гранулезный эхинококкоз, многокамерный эхинококкоз, пагонодулярный эхинококкоз и гибкий эхинококкоз. Эхинококки в Китае в основном представляют собой *Echinococcus granulosus*, вызываемый ленточным червем *Echinococcus granulosus* (в Китае называемый кистозным гидатидозом), и *Echinococcus multilocularis*, вызываемый *Echinococcus multilocularis* (в Китае называемый альвеолярный гидатидоз). Среди них высокой смертностью и большим вредом отличается многокамерный эхинококкоз, поэтому его еще называют «раком-глистом» [1, с. 297].

Цель исследования — изучить преимущества и недостатки текущих результатов исследований эхинококкоза в Китае, и предоставить всестороннее описание текущего статуса исследований эхинококкоза в Китае.

Материалы и методы исследования

Ленточные черви эхинококк очень мелкие. Его длина около 2–7 мм, состоит из головного сегмента и 3–4 сегментов. На голове имеются присоски и верхушечные отростки, мелкие крючки расположены рядами, по 18–20 мелких крючков в каждом ряду. Гермафродиты, имеющие около 35–55 семенников, размножаются очень быстро.

Окончательными хозяевами эхинококка являются собаки, волки, лисы и др., а промежуточными — овцы, крупный рогатый скот, свиньи и грызуны.

Эхинококк — личинки ленточного червя *Echinococcus*. После проглатывания окончательным хозяином каждый содержащийся в нем протоскоцер созревает в кишечнике окончательного хозяина и выделяет яйца и гестационные сегменты с фекалиями, которые могут загрязнять шерсть животного и окружающую среду. Как промежуточный хозяин цепня *Echinococcus*, после того как овцы

поедают корм или воду, содержащую яйца или гестаационные сегменты, личинки шестиногих вылупляются в кишечнике овцы и через стенку кишечника вместе с кровотоком попадают в печень, легкие и другие органы и через 3–5 мес. перерастают в эхинококкоз. В засушливых и ветреных районах яйца могут даже переноситься ветром и вызывать респираторные инфекции [2, с. 1–69].

Симптомы и тяжесть эхинококкоза у овец зависят от размера, количества, локализации паразита и наличия осложнений. На ранних стадиях может не быть явных симптомов или признаков. У овец, зараженных ленточным червем *Echinococcus*, наблюдается задержка роста и развития. По мере того, как гидатидные кисты постепенно увеличиваются в размерах, они начинают сдавливать окружающие ткани и органы, вызывая симптомы заболевания. При ухудшении состояния больных овец они становятся вялыми, теряют в весе, у них сохнет и выпадает шерсть. Большинство зараженных овец обнаруживаются инфицированными на данном этапе [3, с. 2–3]. После того, как состояние продолжит в определенной степени ухудшаться, в глазах и носу больной овцы появится большое количество выделений, что может сопровождаться такими симптомами, как затруднение дыхания. Механическое сжатие может вызвать атрофию и дисфункцию тканей, окружающих очаг паразита. После всасывания метаболитов в окружающих тканях возникает воспаление и системные аллергические реакции. При развитии кистозной болезни до стадии системного заражения больным овцам будет трудно стоять и дышать ровно. Конъюнктивы его глаз становятся сухой и белой, пульс ослаблен, и, в конце концов, они умирают от полиорганной недостаточности.

Эндемичные по гидатидозу районы в основном распространены в сельскохозяйственных и пастбищных районах западного и северного Китая. Согласно исследованию эпидемии эхинококкоза в Китае, проведенному в 2012 году, в стране насчитывается в общей сложности 350 эндемичных по эхинококкозу уездов с населением, находящимся под угрозой исчезновения, более 50 миллионов человек, расположенных во Внутренней Монголии, Сычуани, Юньнани, Тибете, Шэньси, Ганьсу, Цинхэе, Нинся и Синьцзян-9 и Синьцзянский производственно-строительный корпус [4]. Положительная частота фекального антигена ленточных червей *Echinococcus* собак составила 4,26 %, выявляемость эхинококкоза у домашних животных — 4,72 %, цистококкоза у грызунов и зайцеобразных — 1,54 %. Тибет — провинция с самой тяжелой эпидемией эхинококкоза в Китае.

Экономические потери людей и животных в Китае, вызванные эхинококкозом, составляют около 40 % от общемировых показателей, занимая первое место в мире. Экономические потери животноводства составляют около 81 %. В настоящее время в Китае 11 видов ко-

пытных домашних животных заражены эхинококкозом в различной степени. По данным эпидемиологического обследования департамента сельского хозяйства, ежегодно от эхинококкоза поражается более 50 миллионов голов скота, а прямые экономические потери от падежа скота и выброшенных органов превышают 3 миллиарда юаней. Уровень заражения гидатидами овец в Тибетском автономном уезде Тяньцзю провинции Ганьсу достиг 76,90 %. Обследование 7874 голов скота в уезде Шицзю провинции Сычуань показало, что экономический ущерб животноводческой отрасли от гидатидной инфекции составил 903 649 долларов США [5, с. 1–31].

В настоящее время существует пять широко используемых методов диагностики эхинококкоза овец, а именно вскрытие, визуализирующее исследование, метод внутрикожной аллергии, метод петлевой изотермической амплификации и иммуно-ПЦР.

Метод диагностики внутрикожной аллергии позволяет быстро получить диагностические результаты, а уровень выявления может достигать более 90 %. Однако недостатком является то, что метод внутрикожной аллергии является неспецифическим методом диагностики. Он позволяет не только получить положительные результаты при эхинококкозе, но также можно получить ложноположительные результаты при использовании этого метода. Лечение, основанное на результатах анализов, может повлиять на эффект. В настоящее время этот метод широко используется при первичном скрининге инфекций.

Визуализирующее обследование в основном использует ультразвук или компьютерную томографию для дальнейшего уточнения местоположения поражения путем исследования живых тканей крупного рогатого скота и овец, чтобы облегчить целенаправленное лечение. Визуальная диагностика в настоящее время является широко используемым диагностическим методом, и результаты диагностики относительно точны. Этот метод контроля в настоящее время получил широкое распространение благодаря развитию портативного ударного оборудования.

Метод изотермической амплификации, опосредованный петлей, обладает характеристиками быстрого реагирования, низкого технического порога эксплуатации, высокой работоспособности, быстрого реагирования и высокой чувствительности обнаружения. Для работы требуется только, а результаты испытаний можно наблюдать непосредственно невооруженным глазом. Этот метод особенно подходит для рядовых фермеров из-за его низкой стоимости, а также объективных и быстрых результатов обнаружения.

Метод иммуно-ПЦР — это метод обнаружения, представленный в последние годы и подходящий для выяв-

ления эхинококкоза. Он все еще находится на стадии исследований и оптимизации. Для процесса обнаружения требуются реагенты. Принцип диагностики заключается в применении антигенспецифических реакций, и результаты диагностики очень точны. Из-за высокой стоимости испытаний и определенных технических требований к эксплуатации он не подходит для мелких фермеров.

При обнаружении трупов крупного рогатого скота или овец необходимо провести патологоанатомическое исследование туш, чтобы определить, заражены ли они эхинококкозом. При вскрытии больных крупного рогатого скота и овец паразитов можно обнаружить в печени и легких. Больше паразитов находится в печени, с выпячиваниями на поверхности, в печеночной ткани имеется большое количество паразитарных кист разного размера. Личинки колючих шариков широко распространены в различных органах и тканях больного скота, например, в мышцах, мозге, почках и даже под кожей. В тяжелых случаях может возникнуть внутренняя гниль. При вскрытии больного скота следует уделять внимание различию эхинококкоза и пневмонии. Эти два заболевания имеют схожие характеристики по легочным проявлениям. При необходимости для облегчения диагностики следует использовать другие методы обнаружения.

Результаты и обсуждения

Обычно используемые в западной медицине лекарства от цистита включают альбендазол, хиналон, аэномектин, ивермектин и т. д. Дозировка альбендазола рассчитывается исходя из веса овцы. На 1 килограмм овцы необходимо 90 мг альбендазола. По аналогии, после приема его дважды подряд можно уничтожить более 80 % протоцефальных личинок, а эффект лечения хороший. Дозировка хинолона такая же, как указано выше, 25–30 мг/кг. Лечение западной медициной дает быстрый эффект, но дозировку трудно контролировать и легко развивается устойчивость к лекарствам. Необходимо избегать чрезмерной дозировки, которая может вызвать поражение органов у больных овец. Традиционная китайская медицина при лечении гидатиды у овец действует мягко и медленно и подходит для легких случаев. Если симптомы у больных овец тяжелые, сначала для неотложной помощи можно использовать западную медицину, а затем для кондиционирования можно использовать китайскую медицину. Избегайте длительного использования западных лекарств, чтобы развить устойчивость к лекарствам и повлиять на терапевтический эффект. Рациональное использование средств традиционной китайской медицины позволяет в определенной степени улучшить качество овец и повысить устойчивость овец к гиацинтовой болезни овец [6, с.4–2].

Если заболевание крупного рогатого скота или овец серьезное, потребуется хирургическое лечение. Хирургическое лечение обычно включает 5 типов.

Сначала удаляют экзоцисту гидатиды печени. Этот метод резекции в основном включает полную резекцию и субтотальную резекцию наружной капсулы. В реальных хирургических вмешательствах часто рекомендуется использовать тотальную резекцию, что позволяет принципиально снизить частоту рецидивов эхинококкоза. В то же время эффект лечения больше значительны, и рисков можно эффективно избежать.

Во-вторых, резекция печени. Как правило, при эхинококкозе печень крупного рогатого скота и овец будет значительно повреждена, поэтому для оптимизации эффекта лечения необходимо использовать гепатэктомию.

В-третьих, трансплантация печени. Чтобы использовать этот метод для лечения эхинококкоза у крупного рогатого скота и овец, вам необходимо найти подходящую печень, но частота рецидивов относительно высока. Этот метод не рекомендуется, если это не последнее средство.

В-четвертых, чрескожная пункция и дренирование печени. Этот хирургический метод не вызывает серьезных травм, время восстановления относительно короткое, а терапевтический эффект значителен. Рекомендуется обратить внимание на применение пункции и дренирования.

В-пятых, лучевая терапия. В основном используется рентгеновское излучение для уничтожения гидатиды у крупного рогатого скота и овец и, наконец, достигается цель лечения. Следует отметить, что, хотя этот тип операции имеет более высокий уровень успеха, он также оказывает большее воздействие на организм крупного рогатого скота и овец.

Выводы

Необходимо постоянно проводить профилактику эхинококкоза овец.

1. Иммунизация

Гидатидную инфекцию можно эффективно предотвратить с помощью вакцинации. При иммунизации время вакцинации следует определять в зависимости от возраста овец. Перед вакцинацией взрослых овец следует проверить на антитела к эхинококкозу. Если антитела отрицательные, их следует немедленно вакцинировать. Через четыре недели после первой дозы вакцины следует провести повторную вакцинацию. После повторной вакцинации следует проводить ежегодную вакцинацию, один раз в год. Бустерная вакцинация для поддержания титров антител у овец. Некоторые новорожденные овцы переносят антитела от своих матерей, поэтому первую вакцинацию можно отложить до воз-

раста 16 недель. Затем следовать методике вакцинации взрослого крупного рогатого скота; если у них нет материнских антител, первую вакцинацию необходимо провести на 8-й неделе, а затем вакцинацию следует проводить в соответствии с интервалами вакцинации взрослых овец [7].

2. Усиление контроля над окончательными хозяевами, особенно собаками.

Усиление контроля над собаками на пастбищных территориях является одной из важных мер по предотвращению и борьбе с эхинококкозом овец. Возите собаку на регулярные ветеринарные осмотры, чтобы убедиться в наличии необходимых прививок. Регулярно проводите дегельминтизацию вашей собаки, чтобы уменьшить количество паразитов в ее организме. Ограничьте активность собак на пастбищах и старайтесь не допускать их захода на луга, в леса или в другие места, где могут присутствовать яйца ленточных червей. Убедитесь, что для ваших собак есть надежные загоны, чтобы они не бегали и не контактировали с другими животными. Регулярно чистите домик, лежанку и фонтанчик для собаки, чтобы поддерживать в ней сухость и чистоту. Утилизируйте собачьи фекалии надлежащим образом, чтобы предотвратить их загрязнение источников воды и лугов [8, с. 20].

Обеспечить соответствующее обучение фермеров и обучить их способам предотвращения гидатидозной болезни овец и борьбы с ней. Подчеркните важность правильного обращения с мясными продуктами и их приготовления и избегайте употребления мяса, которое не было тщательно нагрето.

3. Улучшить условия кормления овец

Улучшение условий разведения и контроля над процессами кормления и убоя являются одними из ключевых мер по предотвращению эхинококкоза овец (гидатидоза). В процессе планирования и строительства племенной фермы необходимо обеспечить ровную поверхность места разведения, избегать скопления воды и грязи. Поддерживайте среду размножения в чистоте и санитарном состоянии, регулярно очищайте ее от фекалий и сорняков. Укрепите такие места, как загоны и коридоры для животных, чтобы снизить вероятность заражения почвы и заражения цистицеркозом. Обязательно используйте корм, не загрязненный яйцами насекомых, особенно фураж. Запечатайте или поместите корм в сухом и чистом месте, чтобы избежать контакта с дикими животными и возможности заражения. Обратите внима-

ние на разумную смесь кормов и количество корма, чтобы сохранить здоровье животных и снизить риск снижения иммунной резистентности.

В процессе убоя необходимо строго соблюдать гигиенические процедуры, бойня должна быть чистой и продезинфицированной, а также необходимо уделять внимание мерам безопасности пищевых продуктов. Надлежащее обращение и утилизация внутренних органов, особенно таких органов, как печень и легкие, для уменьшения потенциальных источников инфекции.

Изолируйте недавно приобретенных животных и наблюдайте за состоянием их здоровья, чтобы убедиться в отсутствии гидатидной инфекции.

4. Создать полный механизм тестирования и отчетности

Укрепить системы мониторинга и отчетности. Уточнить цели и показатели мониторинга эхинококкоза овец, определить содержание и объем мониторинга с учетом особенностей и потребностей эпидемии. Показатели надзора могут включать количество инфицированных животных, показатели заболеваемости, сообщения о случаях заболевания и т. д. Создать механизм сбора данных, включая регулярный сбор соответствующих данных, информации и образцов [9, с.2–3]. Обеспечивать точность и достоверность данных и использовать унифицированные формы сбора данных или системы их учета. Надежная система лабораторного тестирования гарантирует, что тестирование и анализ проб являются научными и точными. Обеспечить соответствие лабораторных помещений и оборудования стандартам и подготовить профессиональный лабораторный персонал. Своевременно организовывать и обобщать данные мониторинга, а также проводить анализ и оценку данных. Анализируя результаты, мы можем выявить эпидемические тенденции и области риска, что станет основой для разработки мер профилактики и контроля. По результатам мониторинга подготовить соответствующие отчеты о мониторинге и своевременно отчитаться перед соответствующими ведомствами и лицами, принимающими решения.

С помощью информационных технологий будет создана платформа для обмена информацией о мониторинге эхинококкоза овец [10, с.4] в целях содействия обмену информацией и сотрудничеству между соответствующими ведомствами, экспертами и фермерами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чжань Симэй, Паразитология человека [М], //5-е издание, Пекин: Народное медицинское издательство, 2001 №297.
2. Ши Дачжун. Географическое распространение кистозной гидатидной болезни в Китае [J]. //Бюллетень эндемических заболеваний, 2000, №15, С.1–69.
3. Ван Ху. Исследование ультраструктуры взрослых ленточных червей различных штаммов *Echinococcus granulosus* в Цинхэе. //Бюллетень эндемических заболеваний, 1997, №12. С. 2–3
4. Лу Шэндун. Современная экспериментальная технология молекулярной биологии[М]. //Пекин: Издательство Китайского союза медицинских колледжей. 1999 год.
5. Чжэн Хун, Сюй Чжисинь, Ян Гэсюн. Обсуждение уровней IgG, IgG1 и IgE в фазе анафилактического шока, вызванного овцами, зараженными *Echinococcus granulosus* [J]. //Китайский журнал паразитологии и паразитарных заболеваний, 2003, №21 С. 1–31.
6. Пэн Маокайланг. Оптимизированная технология профилактики и борьбы с эхинококкозом у крупного рогатого скота и овец [J]. // Китайская семеноводческая отрасль животноводства и птицы, 2020, №16 С. 4–2
7. Ли Куанхай, Ли Цюаньхуэй, Ду Хунмей, Оптимизированная технология профилактики и контроля эхинококкоза у крупного рогатого скота и овец [J]. Информация о животноводстве, ветеринарной науке и технологиях, 2020, № 8 С.2
8. Ли Сюэцзюнь, Ван Вэньмин, Чжао Ли. Эпидемический статус, стратегии профилактики и борьбы с эхинококкозом в Синьцзяне [J]. //Herbivorous Livestock, 2012, №4 С.20.
9. Лю Пин, У Хайжун, Чжан Вэйчао. Факторы познания и влияния на профилактику эхинококковых заболеваний и борьбу с ними среди фермеров и пастухов в западном Китае [J] // Китайский карантин животных, 2021, №38 С. 5–23
10. Цюй Фэнъи. Исторический обзор и комментарии к развитию медицинской паразитологии в моей стране за последнее столетие [J]. //Китайский журнал паразитологии и паразитических заболеваний, 2007, №25 С.4.

© Чжан Нань

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2024.04.03

РОЛЬ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ФИНАНСОВОМ СЕКТОРЕ

ROLE AND USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE FINANCIAL SECTOR

**R. Bogdanov
V. Samokhina**

Summary. The article discusses issues related to the role and opportunities for the use of artificial intelligence in the financial sector. Special attention is paid to the added value by industry and function, which can be provided by the use of artificial intelligence. Priority areas for the implementation of advanced technologies in the activities of financial companies are also highlighted. Special emphasis is placed on the capabilities of breakthrough innovations to assess risks and fight fraud.

Keywords: services, financial companies, artificial intelligence, risk, customer, experience, profit.

Богданов Роман Александрович

Технический институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», г. Нерюнгри
poone214@mail.ru

Самохина Виктория Михайловна

Кандидат педагогических наук, доцент, Технический институт (филиала) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова» в г. Нерюнгри
vsamokhina@bk.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы, связанные с ролью и возможностями использования искусственного интеллекта в финансовом секторе. Отдельное внимание уделено добавленной ценности по отраслям и функциям, которую может обеспечить использование искусственного интеллекта. Также выделены приоритетные сферы внедрения передовых технологий в деятельность финансовых компаний. Особый акцент сделан на возможностях прорывных инноваций оценивать риски и бороться с мошенничеством.

Ключевые слова: услуги, финансовые компании, искусственный интеллект, риск, клиент, опыт, прибыль.

Технологии искусственного интеллекта (ИИ) становятся все более неотъемлемой частью мира, в котором живет современное общество. Преобразующее воздействие ИИ было глубоким, начиная с момента его появления, изменив то, как предприятия работают и предоставляют услуги клиентам. Финансовая отрасль в данном случае не является исключением, с началом нового тысячелетия она вступила в фазу цифрового марафона с участием ИИ. Участники рынка стремятся внедрять передовые технологии, чтобы оставаться актуальными, привлекательными для потребителей и конкурентоспособными на рынке [1].

В тоже время, необходимо отметить, что активное использование ИИ в финансовом секторе нарушает физику отрасли, ослабляет узы, скреплявшие компоненты традиционных финансовых учреждений, и открывает двери для новых инноваций и более прогрессивных операционных моделей. Не подлежит сомнению тот факт, что для достижения успеха необходима целостная трансформация, охватывающая множество уровней организации.

ИИ играет центральную роль в современных процессах технологических изменений в сфере финансовых

услуг. Его заметное место в инновационных программах свидетельствует о значительных преимуществах, которые новые технологии могут принести компаниям, потребителям и рынкам. ИИ и машинное обучение в финансовой сфере охватывают очень широкий спектр операций и услуг: начиная от чатботов-помощников до выявления мошенничества и автоматизации задач. Согласно отчету Insider Intelligence «ИИ в финансовой сфере», большинство финансовых учреждений (80 %) хорошо осведомлены о потенциальных преимуществах ИИ. В тоже время, по оценкам McKinsey, в глобальном финансовом секторе технологии ИИ потенциально могут приносить до 1 трлн дол. дополнительной стоимости каждый год [2]. На рис. 1 представлена текущая и прогнозная ценность бизнеса, полученная от ИИ в финансовом секторе во всем мире.

В то же время системы ИИ способны повлечь за собой значительные убытки и риски, как для финансовых учреждений, так и для их клиентов. Статистика наглядно свидетельствует о том, что многим посредникам на финансовом рынке не удастся перейти от экспериментов с отдельными сценариями использования ИИ к их мас-

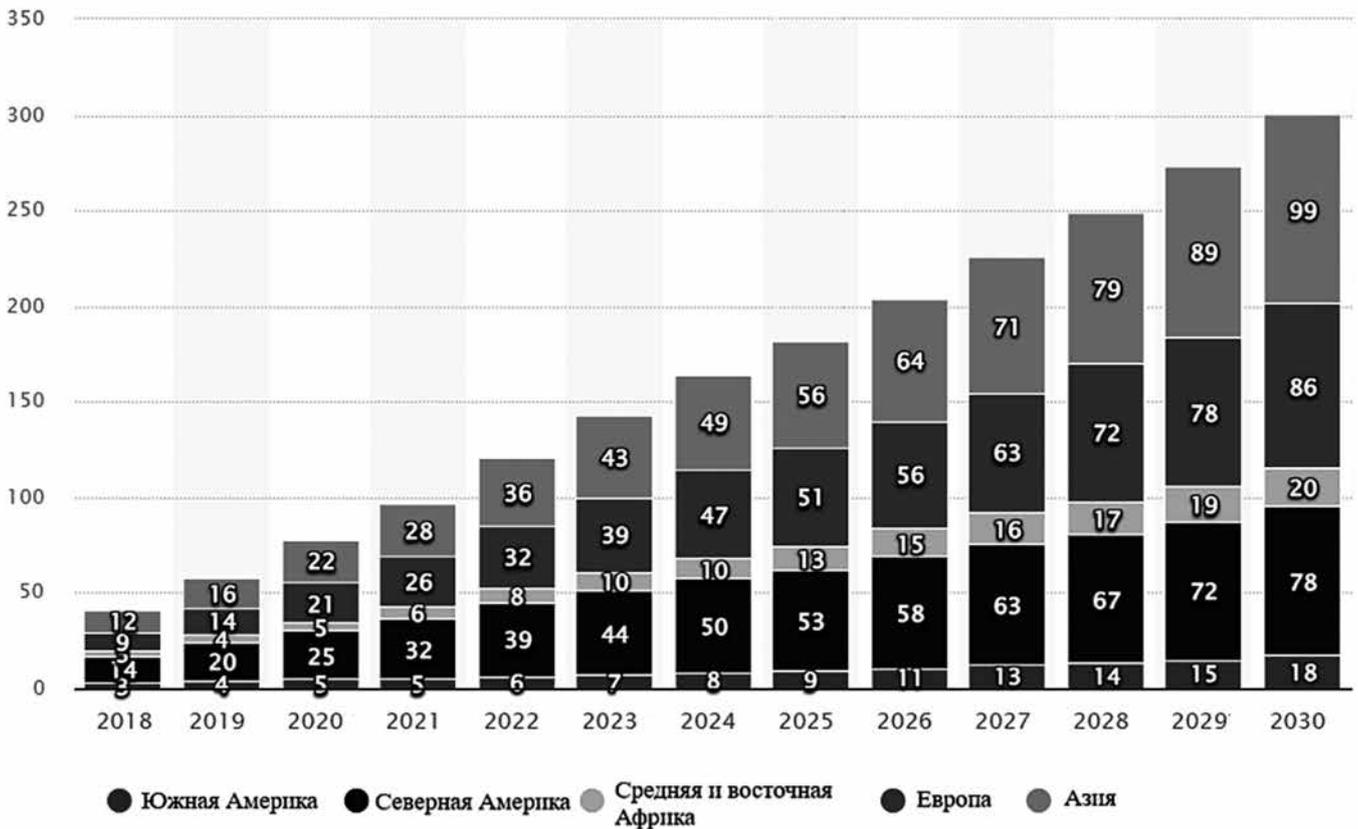


Рис. 1. Добавленная стоимость, полученная от ИИ в финансовом секторе (млрд. дол.) [3]

штабированию в рамках всей организации. Причинами этого являются отсутствие четкой стратегии развития ИИ, негибкое и требующее инвестиций технологическое ядро, фрагментированные активы данных и устаревшие операционные модели, затрудняющие сотрудничество между бизнес- и технологическими командами. Кроме того, во время пандемии COVID-19 ускорились некоторые тенденции в сфере цифрового взаимодействия, вследствие чего крупные технологические компании стремятся войти в сферу финансовых услуг в качестве следующего смежного направления. В данных условиях, чтобы успешно конкурировать и процветать, финансовые учреждения должны стать учреждениями «ИИ-прежде всего», внедряя передовые технологии в качестве основы для новых ценностных предложений и отличительного опыта клиентов.

Таким образом, в свете вышеизложенного, в последние годы все чаще признается важность того, чтобы при расширении практики использования ИИ финансовые учреждения руководствовались соображениями ответственного подхода к инновациям. Это в свою очередь предполагает необходимость проведения дальнейших исследований в направлении формулировки четкого видения и разработки дорожной карты внедрения ИИ в деятельность финансовых учреждений, что и обусловило выбор темы данной статьи.

Проблема влияния цифровизации на деятельность финансового сектора была описана в научных работах многих ученых, таких как Беспалов Д.А., Богатырева М.В., Дьяконова А.Н., Flavio Barboza, Geraldo Silva, José Fiorucci.

Сравнительный анализ основных технологий ИИ с традиционными подходами в работе финансовых учреждений нашел свое отражение в трудах Булатенко М.А., Соловьева П.И., Балкизова А.Х., Свищёва А.В., Maaz Gardezi, Bhavna Joshi, Donna M. Rizzo, Mark Ryan.

В тоже время несмотря на то, что проблематике развития и внедрения инновационных технологий в финансовый сектор посвящено достаточно много исследований, в эпоху Четвертой промышленной революции появляются новые решения и возможности использования ИИ в процессе проведения финансовых операций и обслуживания клиентов, которые требуют дальнейшего изучения.

Итак, принимая во внимание вышеизложенное, цель статьи заключается в исследовании роли и направлений использования ИИ в финансовом секторе.

Путь большинства финансовых компаний, начавшийся с Интернета, прошел через ключевые этапы цифровизации, такие как модернизация основных систем и интеграция мобильных технологий, и привел их к ступени

интеллектуальной автоматизации. Так, например, банки представили банкоматы в 1960-х годах и электронные платежи на основе карт в 1970-х. В 2000-х годах наблюдалось широкое распространение круглосуточного онлайн-банкинга, а в 2010-х годах последовало распространение мобильного «банкинга на ходу».

На сегодняшний день уже многие финансовые компании начали внедрять интеллектуальные решения, такие как передовая аналитика, автоматизация процессов, робо-консультанты и самообучающиеся программы. Но многое еще предстоит сделать по мере развития, демократизации и применения прорывных технологий ИИ.

Использование ИИ в финансовых услугах имеет множество преимуществ. Он может повысить эффективность и производительность за счет автоматизации, уменьшить количество человеческих предубеждений и ошибок, вызванных психологическими или эмоциональными факторами, а также повысить качество и краткость управленческой информации, выявляя аномалии или долгосрочные тенденции, которые не так легко уловить с помощью существующих методов отчетности. Эти приложения особенно полезны, когда новые нормативные акты и требования повышают уровень ответственности высшего руководства за проверку и рассмотрение более качественных данных, поступающих с рынка.

На рис. 2 представлена архитектура, которая демонстрирует возможности увеличения ценности бизнеса финансовых компаний, в разрезе конкретных сфер деятельности и функций.

Исследования показали, что в более чем 25 случаях применения, технологии ИИ могут помочь увеличить доходы за счет роста персонализации услуг для клиентов (и сотрудников), снизить затраты за счет повышения эффективности благодаря автоматизации, уменьшить количество ошибок и обеспечить более рациональное использование ресурсов, а также открыть новые и ранее нереализованные возможности благодаря улучшенной способности обрабатывать и генерировать выводы из огромных массивов данных.

В более широком смысле, прорывные технологии ИИ могут значительно улучшить способность финансовых учреждений достигать четырех ключевых результатов: более высоких прибылей, масштабной персонализации, уникального омниканального опыта и быстрых инновационных циклов.

По мнению автора, значительный интерес в рамках проводимого исследования представляют собой типы уже используемых ИИ-решений в деятельности финансовых компаний, а также те, которые они планируют внедрить в ближайшее время.

Согласно опросу, проведенному компанией Deloitte в 2022 году среди 1100 руководителей финансовых компаний в разных странах мира, оказалось, что решения в области безопасности и биометрии уже внедрены или находятся в ближайших планах. Следующими по вероятности внедрения являются решения по поддержке клиентов (чат-бот/робо-консультант) и персонализация. При более глубоком изучении чуть более 40 % респон-

Общая потенциальная годовая стоимость, млрд. дол.

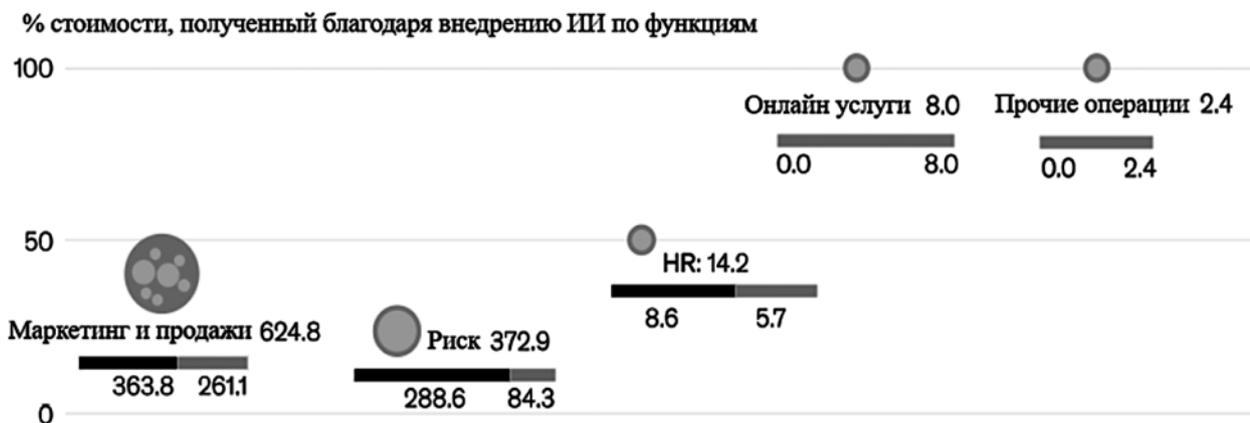
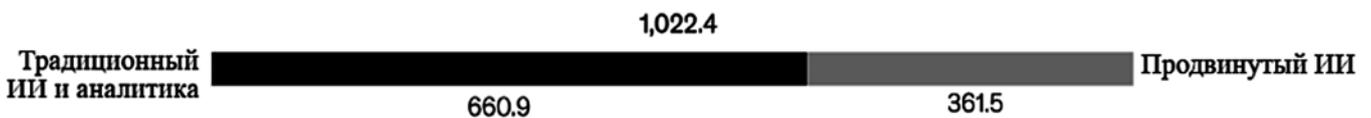


Рис. 2. Увеличение стоимости бизнеса по функциям и направлениям в результате внедрения ИИ [4]

дентов считают применение ИИ для борьбы с мошенничеством и рисками чрезвычайно важным. Второй по значимости функцией ИИ является улучшение маркетинга и клиентского опыта. Персонализация была признана чрезвычайно важной 27 % организаций, а поддержка клиентов с помощью чатботов — чуть более 20 % [5].

На рис. 3 представлено распределение сфер, в которые финансовые компании внедрили или планируют внедрять ИИ-решений в ближайшей перспективе.

Отдельного внимания заслуживает роль ИИ в борьбе с мошенничеством в работе финансовых компаний. Необходимо отметить, что инструменты ИИ изначально появились в сфере оценки рисков. Они не позволяют страховщику переплатить компенсацию или помогают банку предвидеть неисполнение обязательств по кредитам. Инструменты ИИ также играют жизненно важную роль в борьбе с мошенничеством и финансовыми преступлениями.

Модели ИИ, которые служат для уточнения «клиентских рисков», основаны не только на финансовых коэффициентах и внутренних характеристиках аномальных транзакций. Большие объемы внешних общедоступных или платных данных автоматически анализируются, агрегируются и интегрируются с помощью ИИ. Они содержат информацию из финансовых СМИ, а также все большее разнообразие рыночных данных. Поэтому 58 % участников индустрии финансовых услуг полагаются на обнаружение мошенничества с помощью ИИ (см. рис. 4).

Обнаружение мошенничества с использованием ИИ осуществляется на основе машинного обучения и выходит за рамки первоначальных алгоритмов, созданных для поиска сигналов, указывающих на мошенничество. Это реализуется с использованием двух подходов — контролируемого и неконтролируемого машинного обучения. В рамках данных подходов каждая транзакция классифицируется как мошенническая или немошенни-

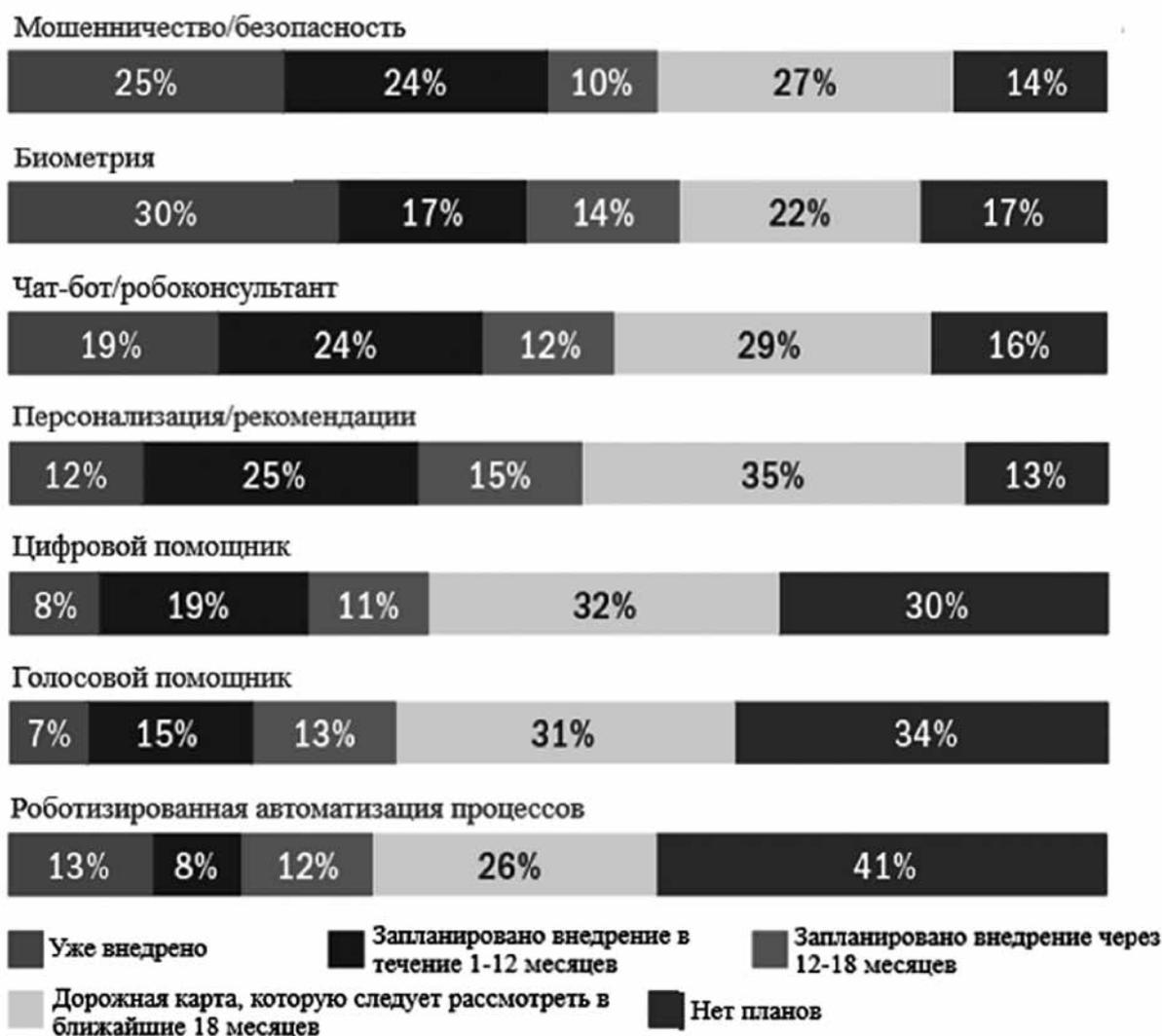


Рис. 3. Сферы внедрения ИИ-решений (% опрошенных) [5]

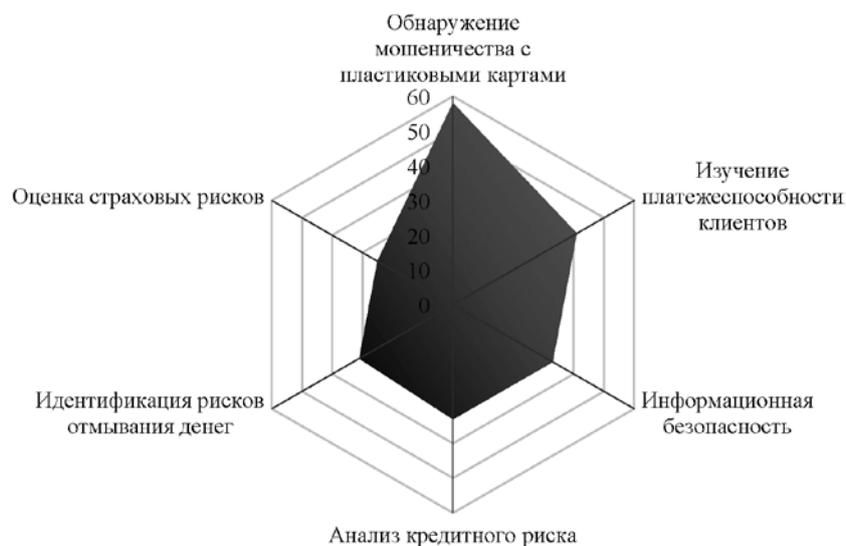


Рис. 4. Сферы использования ИИ для обнаружения различных видов мошенничества и рисков, % [6]

ческая. Модели обучаются путем обработки огромного количества помеченных данных о транзакциях для выявления закономерностей, которые наилучшим образом отражают законную деятельность. Неподконтрольные модели выявляют неожиданное поведение, когда данных о транзакциях мало или они отсутствуют. В таких случаях используется самообучение, чтобы обнаружить закономерности в данных, которые стандартная аналитика не заметила.

Таким образом, подводя итоги, отметим, что ИИ — это мощный инструмент, который имеет большое значение для развития и повышения эффективности работы компаний финансового сектора. Он обладает огромным потенциалом положительного воздействия во многих сферах, например, таких как: качество предоставляемых услуг, персонализированный опыт клиентов, аналитика данных, оценка рисков и борьба с мошенничеством.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Звягин Л.С. Технологии искусственного интеллекта в банковском и финансовом секторах // Мягкие измерения и вычисления. 2022. № 7–1. С. 5–18.
2. Легашов М.А. Использование искусственного интеллекта банковским сектором России для сохранения лидирующих позиций в финансовых технологиях // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2022. № 6 (138). С. 73–77.
3. Business value generated from AI in banking sector worldwide 2018–2030, by region URL: <https://www.statista.com/statistics/994826/worldwide-artificial-intelligence-in-banking-business-value-by-region/>
4. The executive's AI playbook URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-executives-ai-playbook>
5. Heinz Herrmann Three and a half decades of artificial intelligence in banking, financial services, and insurance: A systematic evolutionary review // Strategic Change. 2022. Volume 31, Issue 6. P. 56–64.
6. Arvind Ashta, Artificial intelligence and fintech: An overview of opportunities and risks for banking, investments, and microfinance // Strategic Change. 2021. Volume 30, Issue 3. P. 23–29.

© Богданов Роман Александрович (noone214@mail.ru); Самохина Виктория Михайловна (vsamokhina@bk.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОБНАРУЖЕНИЕ И ОТСЛЕЖИВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ СВЕЯЩЕГОСЯ ОБЪЕКТА

DETECTION AND TRACKING THE TRAJECTORY OF A LUMINOUS OBJECT

**A. Werkner
K. Gorlova**

Summary. The article is devoted to the development of an effective system for tracking moving objects at night for use on unmanned aerial vehicles. The work implements Python code that uses the OpenCV library to detect bright objects on a video stream or webcam, and also tracks the trajectory of their movement. This code is an example of computer vision and video processing. The developed algorithm demonstrates high efficiency and accuracy in detecting and tracking objects, especially in conditions of limited visibility. The proposed system is recommended for integration with the global navigation satellite system, as well as use in conjunction with lidars and radars. A suitable combination of these technologies can provide reliable tracking of object trajectories, making the system suitable for applications in various fields. The proposed system can be used as a starting point for further research and development in this area.

Keywords: object detection, trajectory tracking, computer vision, video processing, OpenCV library, Python, neural network.

Веркнер Алексей Сергеевич

Аспирант, ассистент, МИРЭА —
Российский технологический университет
aleksverk@mail.ru

Горлова Ксения Олеговна

Аспирант, ассистент, МИРЭА —
Российский технологический университет
ko.gorlova@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена разработке эффективной системы отслеживания движущихся объектов в условиях ночного времени для применения на беспилотных летательных аппаратах. В работе реализован Python-код, который использует библиотеку OpenCV для определения ярких объектов на видеопотоке или веб-камере, а также отслеживает траекторию их движения. Этот код представляет собой пример компьютерного зрения и обработки видеоданных. Разработанный алгоритм демонстрирует высокую эффективность и точность в обнаружении и отслеживании объектов, особенно в условиях ограниченной видимости. Предложенная система рекомендуется для интеграции с глобальной навигационной спутниковой системой, а также использования в совокупности с лидарами и радаром. Подходящее сочетание этих технологий позволяет обеспечивать надежное отслеживание траекторий движения объектов, что делает систему подходящей для применения в различных областях. Предложенная система может быть использована в качестве отправной точки для дальнейших исследований и разработок в данной области.

Ключевые слова: обнаружение объекта, отслеживание траектории, компьютерное зрение, обработка видеоданных, библиотека OpenCV, Python, нейронная сеть.

Введение

Обнаружение светящихся объектов и отслеживание их траектории применяется в различных сферах и для решения различных задач. Например, в научных исследованиях для проведения опытов в области физики, химии или биологии с использованием светящихся материалов и маячков для отслеживания движения или взаимодействия объектов и оценки их траекторий. [1, 2] Также отслеживание световых маячков применяется при экспериментах в атмосфере, в таком случае происходит запуск светящихся объектов в атмосферу для исследования ветров, течений и других параметров в верхних слоях атмосферы. Такие системы применяются и в экологии и биологии при отслеживании ночных животных, тогда светящиеся маячки на животных или биологических объектах могут помочь отслеживать и изучать ночную активность и миграцию различных видов. В различных видах спорта, таких как футбол, гольф или теннис, светящиеся маячки на мячах могут облегчить их отслеживание в условиях плохой

видимости, а также использование световых маячков применяется для отслеживания траектории движения спортивных атлетов, таких как бегуны или велосипедисты. Такие системы применяются и при отслеживании объектов специального назначения.[3] Там отслеживание траектории светящихся объектов может использоваться для маркировки целей, а также специальные светящиеся маячки или маркеры могут использоваться для обозначения дружественных объектов. Отслеживание светящихся объектов используется для повышения видимости и мониторинга транспорта в условиях низкой освещенности или ночи. Еще одной сферой применения отслеживания светящихся объектов являются беспилотные летательные аппараты (БПЛА), наиболее актуальной в таких системах является задача предотвращения столкновений в ночное время и обеспечения безопасности полетов, в таком случае БПЛА оснащаются светящимися маркерами для легкой идентификации в воздухе. [4, 5]

Научная новизна данной работы выражается в разработке системы для комплексного применения в БПЛА

с использованием современных технологий и интеграцией методов компьютерного зрения для эффективного отслеживания объектов в условиях ограниченной видимости и ночного времени. Актуальность данного подхода заключается в улучшении безопасности, расширении областей применения беспилотных квадрокоптеров и разработке эффективных решений для условий ночного времени и ограниченной видимости, за счет простоты реализации системы, не требующей больших вычислительных ресурсов.

Целью данной работы является обнаружение светящегося объекта и отслеживание траектории его движения.

Задачами являются: захват видео с встроенной камеры или видеофайла; определение самой яркой точки (объекта) в каждом кадре; отслеживание траектории движения этого светящегося объекта; вывод информации о координатах светящегося объекта и отображение траектории движения на видео.

В данной работе предложена система отслеживания с коптера движущегося в ночное время объекта и траектории его движения. Предложенный алгоритм наиболее эффективно применять в системах совместно с глобальной навигационной спутниковой системой, а также лидарами и радарами. [6,7]

Эти методы могут комбинироваться в зависимости от конкретных требований задачи и условий работы системы. Применение современных технологий машинного обучения, существенно улучшает точность и эффективность отслеживания светящихся объектов в различных приложениях.[8]

Реализация отслеживания движущихся светящихся объектов

На первом этапе была произведена инициализация переменных x и y , которые будут хранить координаты



Рис. 1. Картинка для исследования функционирования системы

самой яркой точки на каждом кадре. На следующем этапе была применена функция `find_brightest_point`, в результате которой были выполнены следующие действия: преобразование кадра в оттенки серого для упрощения последующей обработки изображения; пороговая обработка изображения, где все пиксели, яркость которых выше порогового значения 230, становятся белыми, а остальные черными, `cv2.threshold`, таким образом было получено бинарное изображение; поиск на бинарном изображении контуров объектов, `cv2.retr_external` указывает, что нужно извлекать только внешние контуры; среди найденных контуров выбирается контур с максимальной площадью, который считается самым ярким контуром; определяется ограничивающий прямоугольник вокруг найденного контура `cv2.boundingRect`. Центр ограничивающего прямоугольника определяется и добавляется в список траектории объекта.

Таким образом, в этой части кода реализован алгоритм следования границ, который находит самый яркий объект на кадре, строит ограничивающий прямоугольник вокруг этого объекта, отрисовывает его на кадре и сохраняет центр ограничивающего прямоугольника в траектории объекта.

Основной цикл начинается с открытия видеопотока со встроенной камеры. Затем производится инициализация пустого списка для хранения траектории движения объекта. На следующем этапе реализован бесконечный цикл для обработки каждого кадра видео `while True`. Для вывода координат самой яркой точки на изображение используется метод для добавления текста на изображение `cv2.putText`. Отображение текущего кадра с нарисованными прямоугольниками и траекторией задается функцией `cv2.imshow`. Затем прописано ожидание нажатия клавиши `Esc` для выхода из цикла. И на заключительном этапе реализовано завершение видеопотока `cap.release()` и закрытие всех окон `OpenCV cv2.destroyAllWindows()`.

На рисунках 1, 2 представлены картинки для оценки системы и с результатом функционирования системы.



Рис. 2. Результат функционирования системы



Рис. 3. Картинка для исследования функционирования системы

Рис. 2 демонстрирует функционирование системы, в результате чего системой было найдено светящееся пятно, которое обведено системой, что говорит о правильности функционирования системы.

В качестве еще одного примера функционирования системы была произведена проверка работоспособности на основании рис. 3, а результат продемонстрирован на рис. 4.

Из рис. 2 видно, что разработанная система распознала и выделила светящийся объект, что говорит о правильном функционировании системы.

Еще одной из функций системы является построение траектории движения светящегося объекта. Резуль-



Рис. 4. Результат функционирования системы

тат работоспособности системы продемонстрирован на рис. 5.

В результате проведения исследования работы системы, представленного на рис. 5, на видеофайле съемки с коптера автомобиля, движущегося с включенными фарами, системой была построена траектория движения автомобиля.

На рис. 6. Представлен случай недостоверного отображения системой траектории движения автомобиля.

Из рис. 6 следует, что при функционировании системы без связки с другими системами отслеживания светящихся объектов, в системе могут возникать сбои. В данном случае отображение траектории движения ав-



Рис. 5. Результат функционирования системы при отслеживании автомобиля с квадрокоптера

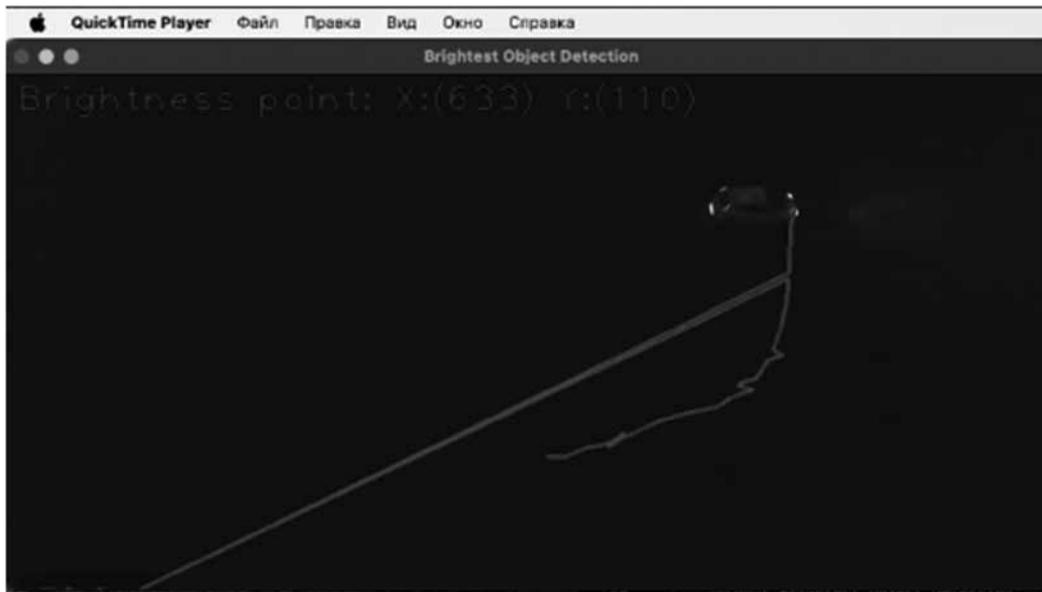


Рис. 6. Результат функционирования системы при отслеживании автомобиля с квадрокоптера

томобиля с квадрокоптера было построено системой не достоверно, что обусловлено засвечиванием исходного видеофайла, таким образом система распознала засвечивание, как светящийся объект, что и привело к некорректному отображению траектории.

Заключение

В статье предложена эффективная система отслеживания движущихся объектов в условиях ночного времени для применения на беспилотных летательных аппаратах. Для определения ярких объектов на видеопотоке или веб-камере, а также отслеживания траектории их движения в работе реализован Python-код, который использует библиотеку OpenCV, который представляет

собой пример компьютерного зрения и обработки видеоданных. Разработанный алгоритм демонстрирует высокую эффективность и точность в обнаружении и отслеживании объектов в условиях ограниченной видимости. Применение предложенной системы рекомендуется совместно с глобальной навигационной спутниковой системой, а также в совокупности с лидарами и радарам.

Благодаря сочетанию этих технологий обеспечивается надежное отслеживание траекторий движения объектов, что делает систему подходящей для применения в различных областях. Предложенная система может быть использована в качестве отправной точки для дальнейших исследований и разработок в данной области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход.: Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. — 928 с.: ил.
2. Rowan-Robison M. Night Vision: Exploring the Infrared Universe. — NY.: Cambridge University Press, 2013. — 288 p.
3. Охтилев М.Ю. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. / М. Ю. Охтилев, Б.В. Соколов, Р. М. Юсупов. — М.: Наука, 2006. — 410с.
4. Веркнер А.С. Математическая модель динамики беспилотного летательного аппарата (БПЛА) для задачи стабилизации / А.С. Веркнер, Е.О. Гурьянова // XXIV Туполевские чтения (школа молодых ученых) Материалы Международной молодёжной научной конференции. Сборник докладов. — В 6 т.; Т. 5. — Казань: изд-во ИП Сагеева А.Р., 2019. — 734 с.: ил.
5. Веркнер А.С. Система стабилизации движения геофизической ракеты в вертикальной плоскости для цели точного измерения / А.С. Веркнер, Е.О. Гурьянова // XXXI Международная инновационная конференция молодых ученых и студентов (МИКМУС — 2019): Сборник трудов конференции (Москва, 4–6 декабря 2019) / М.: Изд-во ИМАШ РАН, 2020 — 911 с.
6. Шакирьянов Э.Д. Компьютерное зрение на Python. Первые шаги / Э.Д. Шакирьянов. — Электрон. Изд. — М.: Лаборатория знаний, 2021. — 163 с.
7. Молодяков С.А. Применение функций OpenCV в компьютерном зрении (60 примеров на Python) / С.А. Молодяков. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2022. — 296 с.
8. Бураков, М.В. Нейронные сети и нейроконтроллеры: учеб. пособие / М.В. Бураков. — СПб.: ГУАП, 2013. — 284 с.: ил.

© Веркнер Алексей Сергеевич (aleksverk@mail.ru); Горлова Ксения Олеговна (ko.gorlova@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ КАТЕГОРИЙ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ НОВОСТНОГО МАССИВА

METHODOLOGY FOR DETERMINING OPTIMAL CATEGORIES FOR CLASSIFYING A NEWS ARRAY

**B. Goryachkin
T. Korenkova
Yu. Chernykh**

Summary. One of the most important sources of analysis of social events and processes is news, since they reflect almost all their aspects and afford the opportunity to build a complete picture of social reality. To do this, it is necessary to carry out a preliminary classification of news by social topics, and the original news headings in various news resources are not well suited for this task. Therefore, in this paper it was developed and tested in practice a methodology for determining the optimal categories for classifying news texts, in particular, for the social sphere. The methodology includes the definition of new preliminary news categories by the Word2Vec algorithm, multiple thematic modeling using Zero-Shot classification and semi-automatic modification of categories until the desired thresholds of the derived metric are reached. As a result, an optimal list of categories reflecting social reality was obtained, and its advantage over the initial categories was proved.

Keywords: News topic modeling, news classification, social modeling, Word2Vec, Zero-Shot classification, NLI.

Горячкин Борис Сергеевич

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

Коренькова Татьяна Вячеславовна

Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана
korenkova.tanya@mail.ru

Черных Юлия Сергеевна

Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана
chernyh_julia@mail.ru

Аннотация. Одним из важнейших источников анализа социальных событий и процессов являются новости, поскольку они отражают практически все их аспекты и позволяют выстраивать полноценную картину социальной реальности. Для этого необходимо проводить предварительную классификацию новостей по социальным тематикам, а исходные рубрики новостей в различных новостных ресурсах недостаточно хорошо подходят для данной задачи. Поэтому в работе была разработана и проверена на практике методика определения оптимальных категорий для классификации новостных текстов, в частности, для социальной сферы. Методика включает в себя определение новых предварительных категорий новостей алгоритмом Word2Vec, многократное тематическое моделирование с помощью Zero-Shot классификации и полуавтоматическую модификацию категорий до достижения нужных порогов производной метрики. В результате был получен оптимальный список категорий, отражающих социальную реальность, а также доказано его преимущество по сравнению с исходными категориями.

Ключевые слова: тематическое моделирование новостей, классификация новостей, социальное моделирование, Word2Vec, Zero-Shot классификация, NLI.

Введение

Одним из важнейших источников изучения социальных явлений и процессов являются новости, поскольку они практически всесторонне отражают социальную реальность. Однако для проведения различного рода анализа, установления взаимосвязей между социальными явлениями и событиями и дальнейшего построения социальных прогнозов необходимо соотносить новости с классами, каждый из которых как раз и представляет себя определенную область социальной сферы.

Основная проблема в том, что готовые классы-рубрики новостей, выделенные экспертами в новостных

ресурсах, плохо подходят для данной задачи, так как являются мало информативными и недостаточно отражающими социальную тематику. Поэтому возникает необходимость разработки собственной методики определения оптимальных социальных категорий и проверки качества соотнесения новостей к ним.

В настоящей статье будут рассмотрены вопросы разработки и валидации качества методики определения оптимальных социальных категорий для классификации новостей. Задачами исследования будут следующие:

- Сбор массива и категорий новостей с выбранного новостного ресурса.
- Разработка теоретической методики определения оптимальных социальных категорий.

- Формирование метрик и ограничений для определения качества методики.
- Апробация разработанной методики на практике.
- Представление итоговых результатов в виде графиков.

Классификация первичного новостного массива

За период 2020–2023 годов с российского новостного ресурса Lenta.ru была извлечена выборка из почти 400000 российских новостей и их метаданных, таких как дата публикации, название и тематика [1]. Этот источник был выбран из-за большого объема репрезентативных новостей, удобной структуры и возможности проведения web scraping. Сбор данных был осуществлен с использованием библиотек «BeautifulSoup» и «requests» на языке программирования Python [2]. Фрагмент собранного новостного массива представлен в табл. 1.

Цель следующего шага — определить первоначальный список новых категорий путем расширения исходных категорий, собранных с новостного ресурса. Необходимость определения новых категорий обосновывается тем, что исходные категории, собранные с новостного ресурса, недостаточно полно отражают суть новостей, особенно их социальную направленность. На рис. 1 показан график частотного распределения исходных новостных тематик. Можно увидеть, что некоторые тематики очень широкие, например, Россия и Мир, а некоторые формулировки слабо отражают смысловую суть представленных категорий.

Таблица 1.

Фрагмент новостного массива

Дата	Новостной заголовок	Исходная категория
2023/03/17	В США призвали Швейцарию заблокировать больше российских активов	Мир
2023/03/17	Созданы устойчивые к повреждениям крыльев роботы-шмели	Наука и техника
2023/03/17	В Венгрии обвинили Европарламент в эскалации конфликта на Украине	Мир
2023/03/17	В России раскрыли срок подготовки предложений по системе высшего образования	Россия
2023/03/17	США одобрили продажу Польше 800 ракет Hellfire	Мир

В контексте задачи классификации первичного новостного массива использована модель Word2Vec для обучения на массиве новостных заголовков с целью формирования таблицы из всех слов из данного массива и списка максимально контекстно-близких к ним. Модель Word2Vec, созданная Google, представляет собой нейронную сеть, которая обрабатывает текстовые данные [3]. Word2Vec включает в себя две модели обучения: «Continuous Bag of Words» (CBOW) [4] и Skip-gram [5]. CBOW — «непрерывный мешок со словами», архитектура, которая предсказывает текущее слово, исходя из окружающего его контекста. Архитектура типа Skip-gram действует иначе: она использует текущее слово,

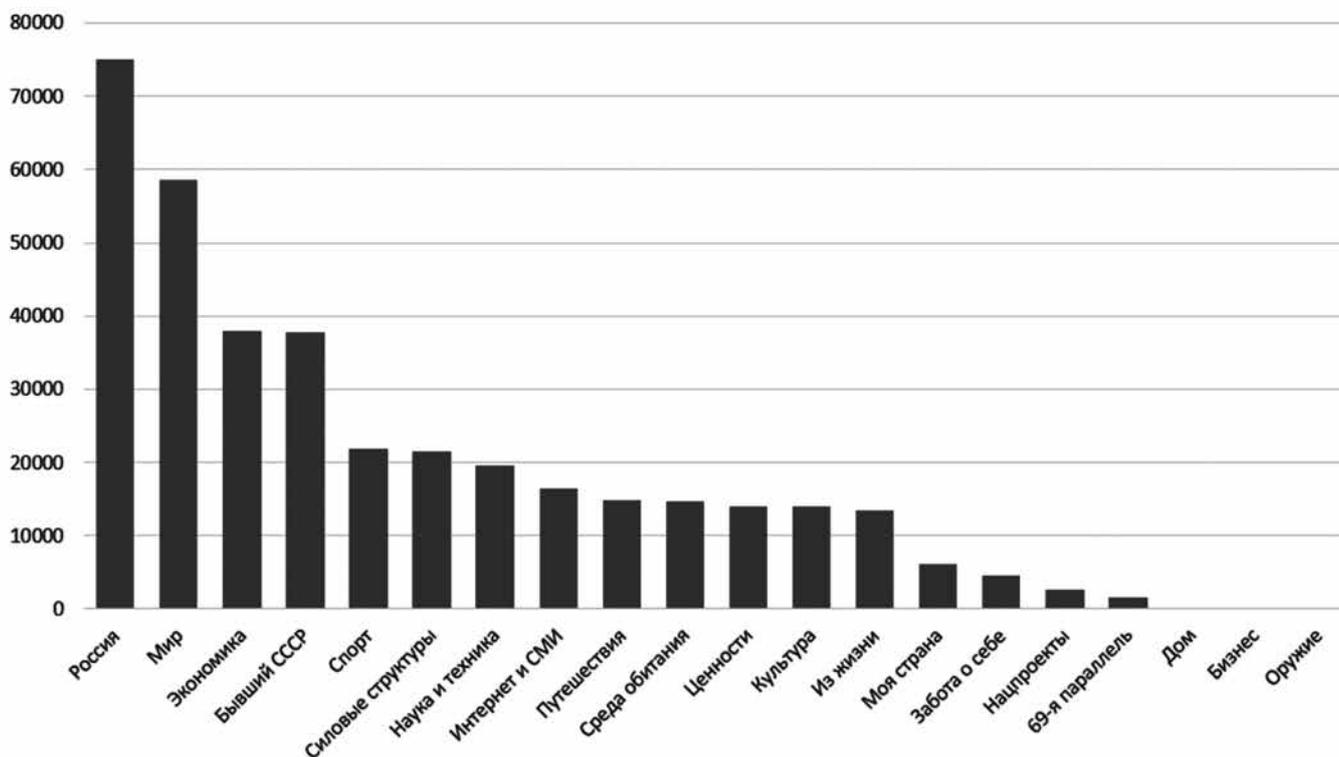


Рис 1. Частотное распределение исходных новостных тематик

чтобы предугадывать окружающие его слова. На вход в обучающую модель Word2Vec подается текстовый массив данных, а на выходе генерируются векторы слов. Кроме того, Word2Vec имеет возможность вычислять косинусное расстояние между каждым словом. Это значит, что для каждого слова из обучающей выборки можно найти список самых близких к нему слов, то есть таких, которые чаще всего упоминаются в одном контексте, на основе схожести их векторов. Модель Word2Vec обучена на языке программирования Python с использованием библиотеки «genism» [6].

Необходимость данного этапа заключается в том, что определение нового списка категорий вручную требует глубокого погружения в каждую из тематик, а также неизвестно, какие из них в принципе присутствуют в новостях. С помощью модели можно как раз получить предварительный список новых вероятных тематик, а вручную остается лишь отфильтровать нужные и подходящие для данного исследования.

После получения полной таблицы необходимо оставить только те слова, которые представляют из себя исходные категории. В списке самых контекстно-близких слов в полуавтоматическом режиме фильтруются те потенциальные слова-категории, относящиеся к социальной тематике, которые расширяют исходные. Например, одна из исходных категорий — экономика. В результате применения модели Word2Vec к слову «экономика» был сформирован список самых контекстно-близких слов, одним из которых было «безработица». Его можно добавить к списку новых потенциальных категорий, так как оно расширяет исходную категорию. В табл. 2 представлены примеры результатов работы модели Word2Vec, а именно, список исходных тематик с самыми контекстно-близкими словами, в порядке убывания векторной близости слов. На основе анализа этих контекстно-близких слов и был составлен первоначальный список новых категорий.

Таблица 2.

Результаты работы модели Word2Vec

Исходная категория	Список самых контекстно-близких слов
Экономика	кризис, отрасль, инфляция, нефть, промышленность, энергетика, дефолт, рынок, энергокризис, бюджет, безработица, ввп, госдолг, бедность, неурожай, газ, инвестор, рецессия, экспорт, рождаемость
Политика	стратегия, разногласие, демократия, союзник, кризис, санкции, русофобия, суверенитет, импичмент, конституция, альянс, распад, реформа, заговор, дефолт, революция, война, государство, преступление

Исходная категория	Список самых контекстно-близких слов
СМИ	телеканал, журналист, издание, олигарх, хакер, политик, спецслужба, дипломат, роскомнадзор, пропаганда, telegram, facebook, оппозиция, цензура, сайт, meta, минюст, иноагент, блокировка, соцсеть
Технологии	инновации, интеллект, наука, алгоритм, импортозамещение, корпорация, нейросеть, медицина, промышленность, инвестиции, туризм, космос, исследование, образование, мониторинг, экосистема, сколково, модернизация, виртуальный, микроэлектроника
Культура	национальный, народный, студенческий, музыкальный, молодёжный, патриотический, архитектура, искусство, фестиваль, литература, наследие, общество, театральный, музей, кинофестиваль, язык, возрождение, концертный, фотовыставка, цифровизация

Тематическое моделирование новостей

Тематическое моделирование — одно из современных приложений машинного обучения к анализу текстов, которое позволяет определить, к каким тематикам относится каждый документ и какие слова образуют каждую из них [7]. При этом одна из главных трудностей — формирование обучающих данных под каждую категорию, что в рамках данного исследования очень затруднительно, так как целью является многократная апробация алгоритма на разных вариантах списков новых категорий, а сделать качественную разметку под каждую из них не представляется возможным. В связи с этим был выбран подход Zero-shot classification для тематического моделирования, который позволяет обойти все эти ограничения.

Zero-shot классификация текста — задача классификации, в которой модели могут классифицировать текст, не обучаясь при этом на наборе данных, созданном для этой задачи классификации. Модель способна предсказать, к какому из предложенных классов вероятнее всего относится текст на основе анализа ключевых слов и контекста [8].

Такое возможно благодаря задаче NLI (Natural Language Inference — вывод по тексту) [9]. С помощью предобученных мультязычных моделей, решающих задачу NLI, можно переформулировать задачу определения класса следующим образом: пусть есть множество Y , состоящее из n классов, заданных текстовой строкой, к которым может относиться текстовый документ d . Тогда с помощью модели NLI, определяющей вероятность $P(h | p)$ того, что пара высказывание (p) — гипотеза (h) относится к логическому следствию, для классификации достаточно найти [10]:

$$\operatorname{argmax}_{y \in Y} P(y | d)$$

Тогда класс u , для которого будет достигаться максимум вероятности, можно считать классом, к которому относится текстовый документ.

В данном исследовании была взята предобученная мультязычная модель для Zero-Shot классификации текстов mDeBERTa-v3-base-mnli-xnli [11], код написан на языке программирования Python с использованием библиотеки «transformers» [12].

В разработанной методике целью применения тематического моделирования является классификация новостей по исходным и новым категориям. Ставится гипотеза, что исходные категории малоинформативны для классификации новостей по социальным тематикам, но это можно доказать, только применив модель тематического моделирования для них и сравнив их с помощью метрик. Для новых категорий цель применения тематического моделирования немного отличается — необходимо многократно запустить модель на небольших выборках новостей объемом 300 наблюдений и модифицировать категории до тех пор, пока метрика качества по каждой из них не достигнет определенного значения, и можно будет считать, что был сформирован оптимальный и достаточно информативный список новых категорий для последующей классификации новостей по социальным тематикам.

Описание существующих и создание производной метрики качества тематического моделирования

В результате применения модели тематического моделирования для классификации новостей каждое наблюдение получает вероятность принадлежности к каждой из категорий — пусть эта вероятность будет называться PB . Тогда можно считать, что чем выше PB , тем больше модель «уверена» в своем выборе, и, значит, тем лучше контекст новостного заголовка и ключевые слова в нем представляют определенную категорию. В качестве примера можно взять одну и ту же новость, проклассифицированную моделью на исходном и новом списке категорий. Сравнение первых трех полученных категорий в порядке убывания значения PB представлено в табл. 3.

Выбрав самую вероятную категорию для каждой новости и соответствующую ей вероятность PB , можно рассчитать средний PB как для всей выборки, так и для каждой категории в отдельности. Логично предположить, что если средний PB для старых категорий при многократном запуске будет во всех случаях ниже PB для новых категорий, то можно считать новые категории более информативными и репрезентативными, чем старые.

Однако нужен критерий качества завершения цикла запуска алгоритма и модификации новых категорий.

Таблица 3.

Сравнение PB на исходных и новых категориях

Новость	Топ категорий		PB	
	Исходные	Новые	Исходные	Новые
ВОЗ рассказала об итогах испытаний российской вакцины от коронавируса	Россия	Болезнь	0.88	0.98
	Мир	Наука	0.07	0.87
	Забота о себе	Медицина	0.07	0.94
Лукашенко пообещал организатору госпереворота ответ «на всю катушку»	Силовые структуры	Политика	0.69	0.95
	Оружие	Преступление	0.54	0.73
	Ценности	Армия	0.48	0.54
В Германии возобновят работу угольной ТЭС из-за проблем с газом	Экономика	Энергетика	0.78	0.99
	Нацпроекты	Кризис	0.77	0.98
	Ценности	Промышленность	0.71	0.97

Пусть PB для каждой из новых категорий будет выше 0.8. Это будет означать, что итоговый список новых категорий достаточно оптимален в рамках данной задачи и дальнейшие модификации категорий не принесут сильного прироста в качестве.

Экспериментальные исследования вновь смоделированных категорий новостей и их оценка

В результате пятикратного запуска процесса тематического моделирования был достигнут порог метрики $PB = 0.8$ для каждой из новых категорий, после которого алгоритм был завершён. Финальный список категорий, подходящий под критерии оптимальности, оказался следующим: алкоголизм, армия, банкротство, бедность, безработица, болезнь, вакцина, война, голод, жилищно-коммунальное хозяйство, инвестиции, инновации, интернет, инфляция, информационные технологии, искусственный интеллект, искусство, катастрофа, кибератака, коронавирус, космос, кража, кризис, культура, медицина, наука, образование, оружие, политика, преступление, промышленность, развлечения, религия, рождаемость, санкции, социальная сфера, спорт, терроризм, туризм, экология, экономика, энергетика.

На рис. 2 можно увидеть график изменения среднего PB для новых и старых категорий на каждом из запусков. Полученные результаты доказывают, что новые категории во всех случаях репрезентативнее старых, так как для них PB на всех итерациях сильно выше.

На рисунках 3 и 4 представлены графики изменения PB для самых нерепрезентативных категорий на каждой из итераций. Можно увидеть, что разброс «неуверенности» для новых тематик относительно стабилен, и те категории, для которых PB низкий, подвергались дополнительному ручному анализу и модификации, то есть

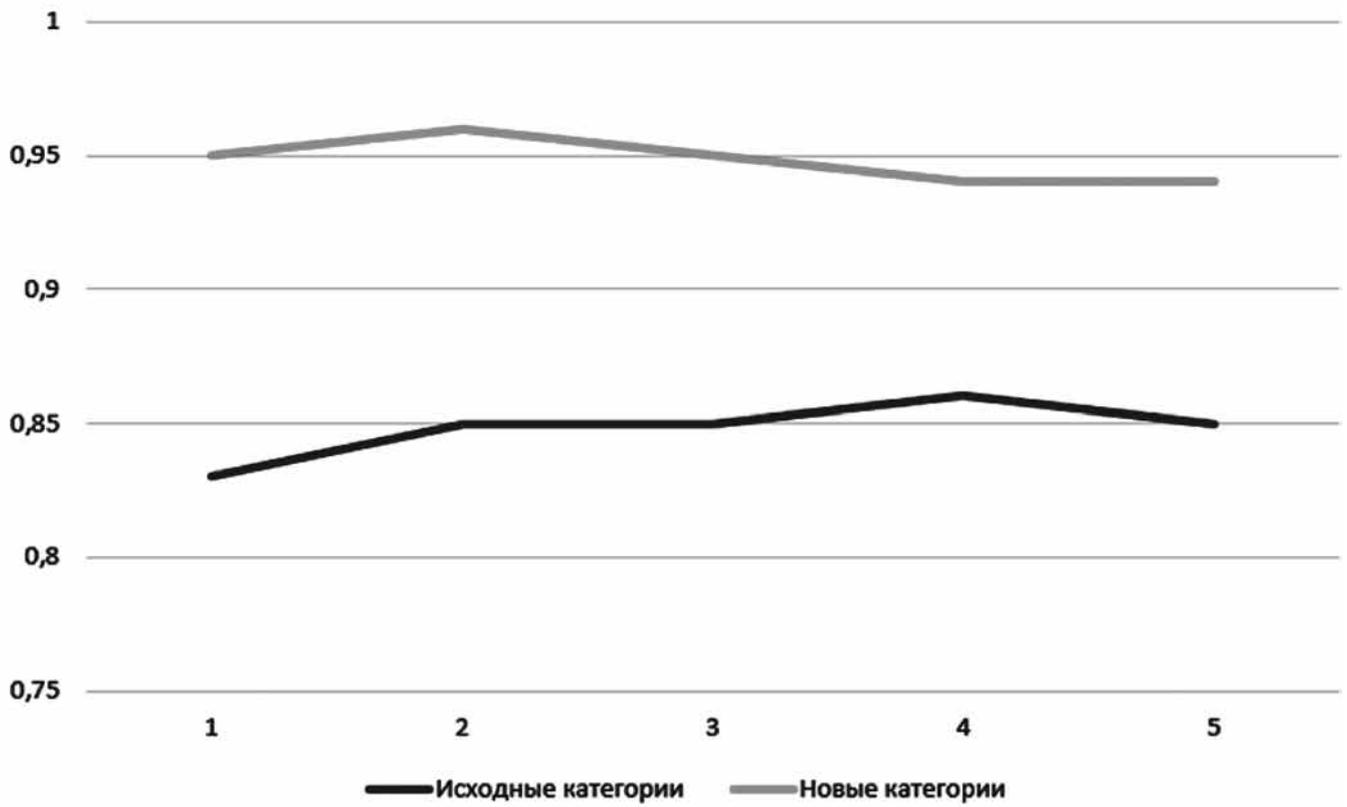


Рис. 2. График изменения среднего *PB* для новых и старых категорий по итерациям

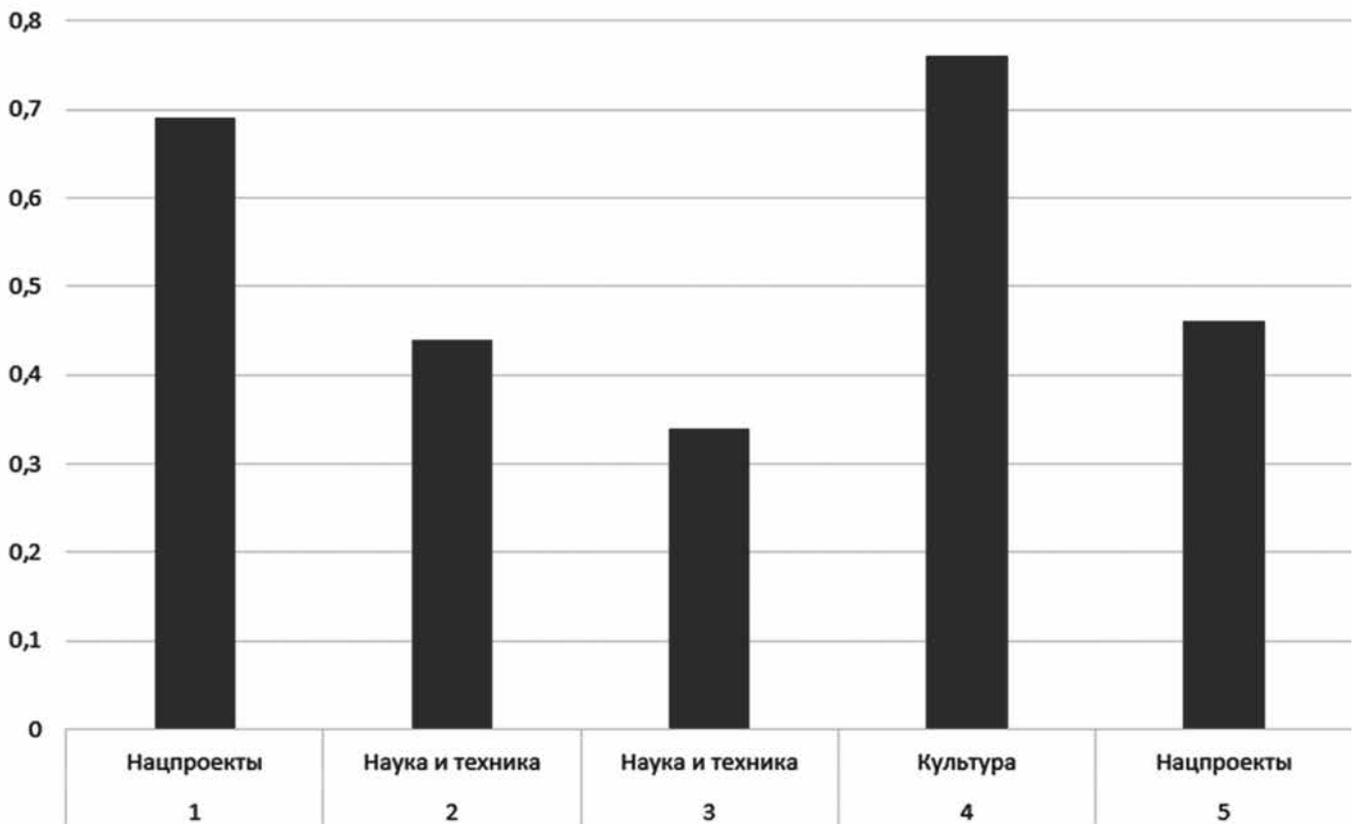


Рис. 3. График изменения *PB* для наименее репрезентативных старых категорий по итерациям

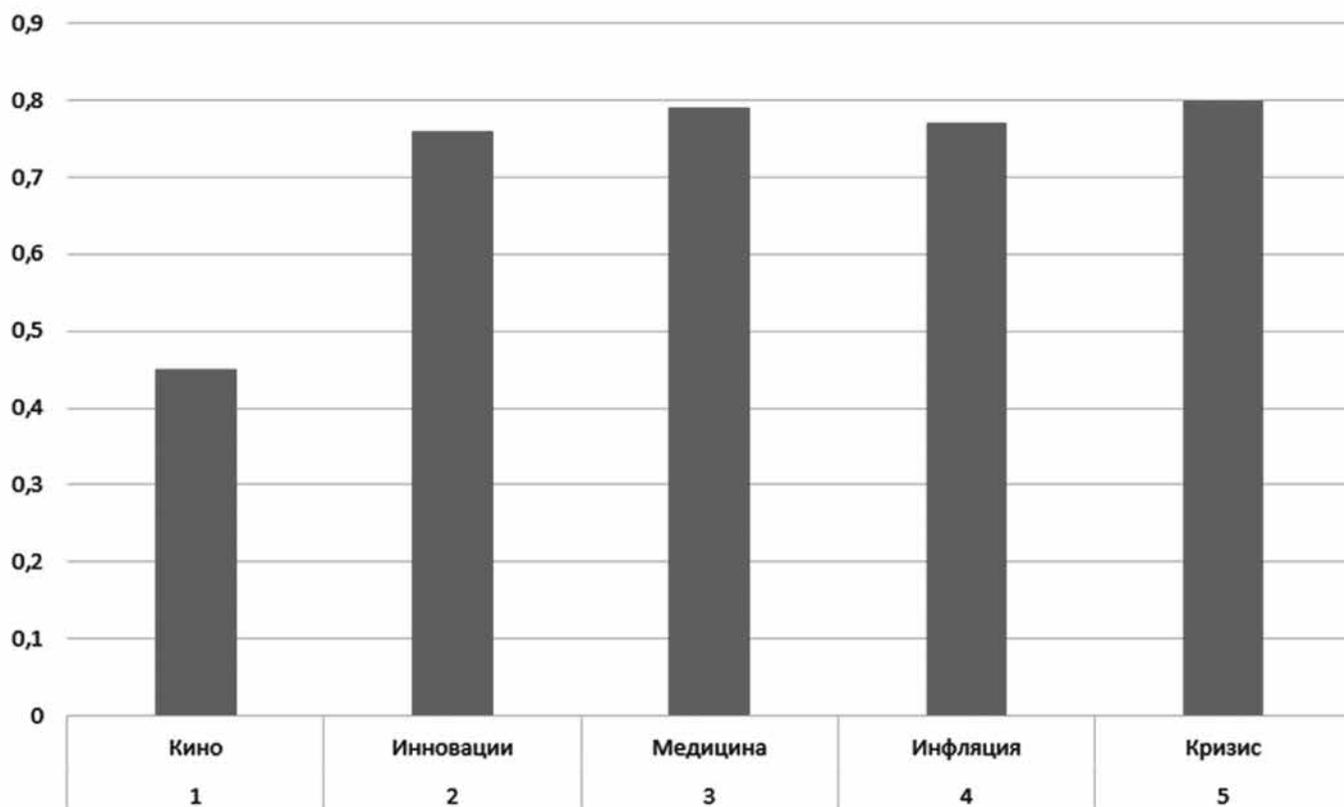


Рис. 4. График изменения *PB* для наименее репрезентативных новых категорий по итерациям

расширению, переформулированию или удалению, и в результате график *PB* стал практически стабильно возрастающим. Для старых же тематик *PB* ведет себя очень нестабильно на одних и тех же категориях.

Заключение

В результате проведенного исследования была достигнута поставленная цель — разработана и апробирована на практике методика определения оптимальных социальных категорий для классификации новостей. Он состоит из этапов сбора данных, определения первоначальных категорий с помощью модели Word2Vec, многократного запуска тематического моделирования новостей с подходом Zero-Shot classification, ручной модификации категорий на основании количественной метрики и сравнения итоговых результатов. С помощью метрики, отражающей вероятность и ин-

формативность определения новостей к категориям, было доказано, что исходные готовые категории, взятые с новостного ресурса, недостаточно репрезентативны для отражения социальной реальности через новости. В результате многократного повторения алгоритма был определен новый оптимальный список категорий, которые могут отображать те или иные социальные явления и процессы и позволять проводить дальнейший анализ и прогнозы.

Разработанную методику можно использовать для классификации новостей и изучения социальной обстановки в различных мониторинговых службах, государственных структурах, с целью установления взаимосвязей между социально-значимыми событиями и явлениями. Также его можно использовать в новостных агентствах для улучшения качества и большей автоматизации рубрикации новостей по категориям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lenta.ru (2023). Available at: <https://lenta.ru/> (accessed 17 December 2023).
2. J.M. Patel, «Web scraping in python using beautiful soup library», Getting Structured Data from the Internet: Running Web Crawlers // Scrapers on a Big Data Production Scale, 2020. — Pp. 31–84.
3. Mikolov T., Chen K., Corrado G., Dean J. Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space // Proc. Workshop at ICLR. — 2013.
4. Mikolov T., Sutskever I., Chen K., Corrado G., Dean J., Distributed Representations of Words and Phrases and their Compositionality // Proc. NIPS. — 2013.
5. Mikolov T., Yih W., Zweig G., Linguistic Regularities in Continuous Space Word Representations // Proc. NAACL HLT. — 2013.

6. Haider M. M. et al. Automatic text summarization using gensim word2vec and k-means clustering algorithm // 2020 IEEE Region 10 Symposium (TENSYP). — IEEE, 2020. — Pp. 283–286.
7. Daud A., Li J., Zhou L., Muhammad F. Knowledge discovery through directed probabilistic topic models: a survey // Frontiers of Computer Science in China. — 2010. — Vol. 4, no. 2. — Pp. 280–301.
8. Ji Z. et al. Zero-shot classification with unseen prototype learning // Neural computing and applications. — 2021. — Pp. 1–11.
9. Kim N. et al. Probing what different NLP tasks teach machines about function word comprehension // arXiv preprint arXiv:1904.11544. — 2019.
10. Dmitrievic B. U. Automatic creation of video presentation from text. — 2021.
11. Huggingface.co (2023). Available at: huggingface.co/MoritzLaurer/mDeBERTa-v3-base-mnli-xnli (accessed 17 December 2023).
12. Tunstall L., Von Werra L., Wolf T. Natural language processing with transformers. — «O'Reilly Media, Inc.». — 2022.

© Горячкин Борис Сергеевич (bsgor@mail.ru); Коренькова Татьяна Вячеславовна (korenkova.tanya@mail.ru);
Черных Юлия Сергеевна (chernyh_julia@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АКТУАЛИЗИРОВАННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ, АДАПТИРОВАННАЯ К РАЗЛИЧНЫМ СФЕРАМ IT ОТРАСЛИ

UPDATED CLASSIFICATION OF INFORMATION MODELS, ADAPTED TO VARIOUS AREAS OF THE IT INDUSTRY

**B. Goryachkin
A. Zheltova**

Summary. The article is devoted to information technology models that use new information technologies. An updated classification of models such as process, object-oriented, relational and others has been developed. The purpose of the study is to contribute to the understanding of the role of information models in the development of new technologies, including understanding the suitability of models to task requirements. The resulting analysis results helped explain the effectiveness of the selected models for design and information systems in various areas of modern society.

Keywords: information model, classification, adaptability, new technologies.

Горячкин Борис Сергеевич

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

Желтова Александра

Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана
zheltovaalexandrario5@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена классификации информационных моделей, используемых в контексте новых информационных технологий. Разработана актуализированная классификация таких моделей, как: процессные, объектно-ориентированные, реляционные и другие. Исследование призвано внести вклад в понимание роли информационных моделей в разработке новых технологий, подчеркивая важность соответствия модели конкретным требованиям задачи. Полученные в результате анализа выводы легли объясняют эффективность выбранных моделей для проектирования и внедрения информационных систем в различных областях современного общества.

Ключевые слова: информационная модель, классификация, адаптивность, новые технологии.

Введение

В современном обществе, где новые технологии стремительно развиваются, выработка и изучение классификации информационных моделей имеют важное значение для обеспечения эффективной работы и взаимодействия разнообразных систем и устройств. Информационные модели представляют собой абстрактные концепции, отражающие структуру, процессы и взаимодействие внутри информационных систем. Они лежат в основе новых технологий, таких как искусственный интеллект, интернет вещей, облачные вычисления и другие передовые направления [1, 2].

В данном контексте ключевым является формирование эффективных классификаций информационных моделей, способствующих лучшему пониманию и управлению сложными процессами в новых технологиях. Анализ этих моделей помогает выявлять их преимущества и недостатки, что в конечном итоге способствует разработке более совершенных и инновационных решений.

Предпосылки актуализации классификации информационных моделей в сфере новых информационных технологий

Актуализация классификации информационных моделей в сфере новых технологий является важным и неотъемлемым процессом, который отражает динамичное развитие информационного общества. Новые технологии, такие как искусственный интеллект, блокчейн, интернет вещей и другие, постоянно внедряются в различные области деятельности, влияя на способы сбора, обработки, передачи и использования информации [3, 4]. Поэтому актуализация классификации информационных моделей становится необходимой по нескольким причинам:

— Новые технологии и изменение подходов. Внедрение новых технологий часто сопровождается изменением подходов к обработке и управлению информацией. Например, аналитика больших данных, машинное обучение и другие технологии требуют специфических методов обработки данных, что может потребовать изменений в классификации информационных моделей.

- Множество источников и типов данных. С появлением новых технологий возникают новые источники данных и типы информации. Это могут быть данные с датчиков, текстовая информация из социальных сетей, изображения и многое другое. Классификация должна учитывать этот широкий спектр данных.
- Безопасность информации. С увеличением объема и важности информации растет и угроза безопасности. Актуализация классификации необходима для внедрения новых мер безопасности, соответствующих современным стандартам.
- Учет контекста использования. Современные технологии предоставляют более гибкие и динамичные сценарии использования информации. Классификация должна учитывать контекст использования данных, чтобы обеспечить их эффективное использование.
- Соответствие нормативам и законодательству. Законы и нормативы в области информационной безопасности и конфиденциальности постоянно обновляются. Классификация информационных моделей должна соответствовать последним требованиям, чтобы обеспечить соблюдение законодательства.
- Интеграция с ранее существующими системами. Актуализация классификации также важна для обеспечения совместимости новых информационных моделей с уже существующими системами.
- Оптимизация процессов. С учетом новых технологий возможны более эффективные методы обработки и использования информации. Актуализация классификации помогает оптимизировать информационные процессы и повысить эффективность бизнеса [5].
- Развитие области исследований. Постоянное развитие научных исследований в области информационных технологий может привести к появлению новых моделей обработки данных, которые также требуют обновления классификации.

Процесс актуализации классификации информационных моделей требует внимательного мониторинга тенденций в области технологий, постоянного обновления стандартов и взаимодействия с экспертами, работающими в соответствующих областях.

Таким образом, можно констатировать, что современные технологии открывают новые возможности для гибкого и динамичного использования информации, что требует учета контекста при её классификации. Этот аспект становится ключевым для обеспечения эффективного использования информации в современных условиях [7]. Для построения классификации были выбраны следующие информационные модели: табличные, логические, продукционные, фреймовые, объектно-

ориентированные, сетевые, процессные, реляционные, функциональные, информационно-кодовые и иерархические. Универсальность всех вышеперечисленных моделей, успешно применяемых в различных областях современных технологий, подтверждает их важную роль в обеспечении устойчивости и эффективности информационных систем.

Актуализированная классификация информационных моделей

Классификация информационных моделей — это процесс систематизации, группировки и организации информационных структур и концепций, которые используются для представления, описания и организации данных в информационных системах. Информационные модели представляют собой абстрактные или конкретные концепции, которые помогают описать, как данные организованы, как они взаимодействуют между собой, и как они используются в рамках определенной деятельности или приложения.

Основная цель классификации информационных моделей заключается в создании систематизированной структуры, которая облегчит понимание и управление данными в информационных системах. В контексте новых технологий, таких как искусственный интеллект, интернет вещей и другие, классификация информационных моделей становится важным инструментом для эффективной адаптации и интеграции новых подходов к обработке данных.

Классификация информационных систем по различным областям применения включает в себя разнообразные типы систем, каждая из которых ориентирована на решение конкретных задач и привязана к информационным моделям различного вида (рис. 1). Вот примеры классификации информационных систем по указанным областям применения:

Искусственный интеллект (ИИ):

- Экспертные системы: системы, имитирующие решения, принимаемые экспертами в конкретной области.
- Системы машинного обучения: системы, способные учиться на основе опыта и данных.

Виртуальная реальность (VR):

- Системы виртуальной реальности: обеспечивают взаимодействие пользователя с виртуальным окружением.

Машинное зрение:

- Системы обработки изображений: используют алгоритмы для анализа и интерпретации визуальной информации.

Большие данные:

- Системы анализа больших данных: предоставляют возможность эффективного анализа и обработки больших объемов данных.

Робототехника:

- Интегрированные системы управления роботами: предоставляют средства управления и координации действий роботов.

Информационные системы:

- Системы управления базами данных: обеспечивают хранение, поиск и обработку данных.
- Системы управления контентом: предоставляют средства управления и публикации контента.

Экспертные системы:

- Системы поддержки принятия решений: используют знания экспертов для решения сложных проблем.

Разработка программного обеспечения:

- Интегрированные среды разработки (IDE): облегчают процесс написания, отладки и тестирования программного обеспечения.

Системы управления проектами:

- Системы планирования и управления проектами: обеспечивают координацию и мониторинг выполнения задач в проекте.

Организационная структура:

- Системы управления отношениями с клиентами (CRM): предоставляют средства для взаимодействия с клиентами и управления отношениями.

Компьютерные сети:

- Системы управления сетями: обеспечивают мониторинг, управление и обеспечение безопасности компьютерных сетей.

Это лишь общие категории, и существует множество конкретных информационных систем, которые могут сочетать в себе несколько аспектов из различных областей применения.

Адаптация информационных моделей

Адаптация информационных моделей к новым технологиям — это процесс изменения и модификации существующих информационных моделей и систем с целью интеграции новых технологий. Этот процесс касается различных областей информационных технологий, таких как базы данных, компьютерные сети, экспертные системы, разработка программного обеспечения, управление проектами, организационная структура и управ-

ление процессами (рис. 2). Рассмотрим каждую из этих областей более подробно:

Базы данных

- Необходимость адаптации: С развитием технологий появляются новые требования к хранению, обработке и анализу данных. Адаптация баз данных может включать в себя изменения схемы баз данных, оптимизацию запросов, внедрение новых технологий хранения данных (например, NoSQL баз данных), а также обеспечение безопасности данных.

Компьютерные сети

- Необходимость адаптации: Развитие технологий сетей, таких как 5G, требует обновления и модернизации инфраструктуры. Это может включать в себя увеличение пропускной способности, повышение устойчивости к сбоям, внедрение новых протоколов связи и обеспечение безопасности сети.

Экспертные системы

- Необходимость адаптации: Внедрение новых методов искусственного интеллекта, машинного обучения и алгоритмов обработки данных может потребовать обновления экспертных систем. Новые данные и знания могут требовать переобучения моделей, а также внесение изменений в алгоритмы принятия решений.

Разработка программного обеспечения

- Необходимость адаптации: Технологии программирования и методы разработки постоянно совершенствуются. Адаптация включает в себя переход на новые языки программирования, использование современных методологий разработки (например, Agile), а также внедрение инструментов автоматизации тестирования и развертывания.

Управление проектами

- Необходимость адаптации: Внедрение новых методов управления проектами, таких как DevOps, Agile, требует адаптации процессов управления проектами. Это может включать в себя изменение структуры команд, пересмотр методов планирования, внедрение систем отслеживания и отчетности.

Организационная структура

- Необходимость адаптации: Развитие информационных технологий может потребовать пересмотра организационной структуры. Например, создание отдельных подразделений по информационным технологиям, формирование команд для работы с новыми технологиями.

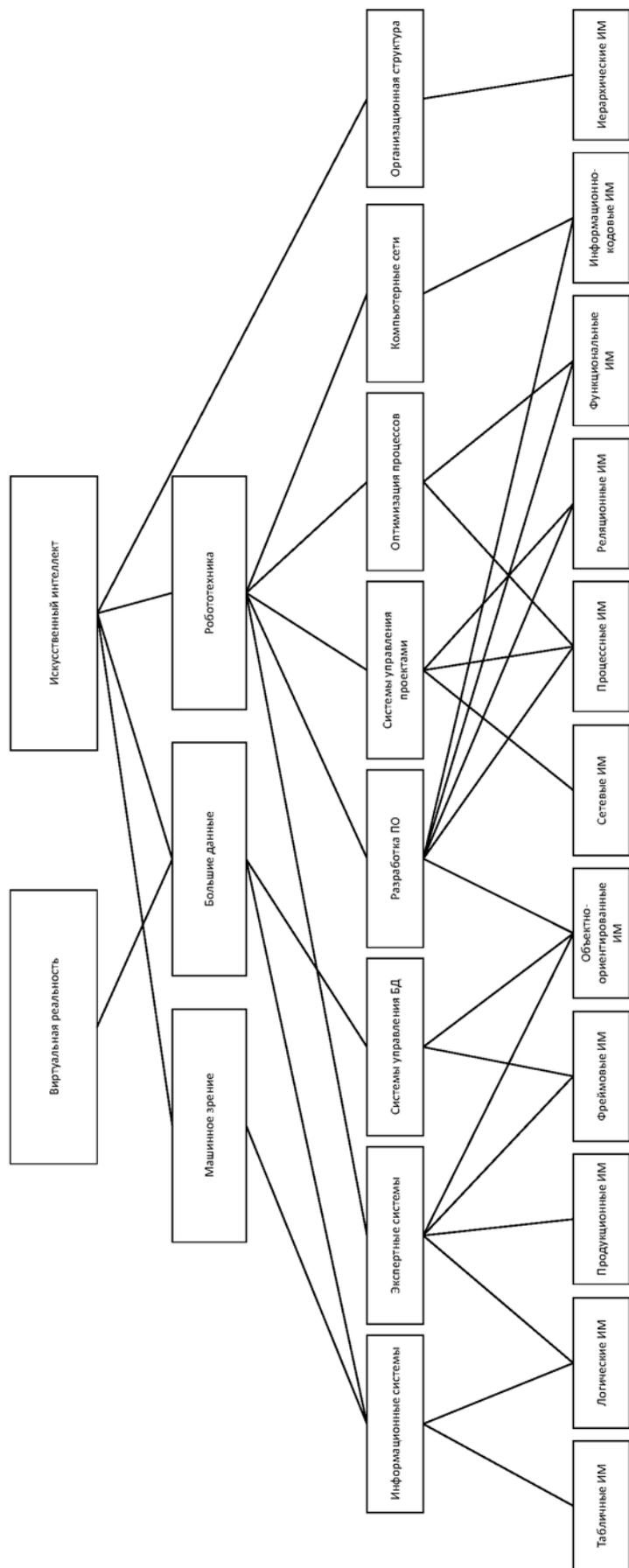


Рис. 1. Актуализированная классификация информационных моделей

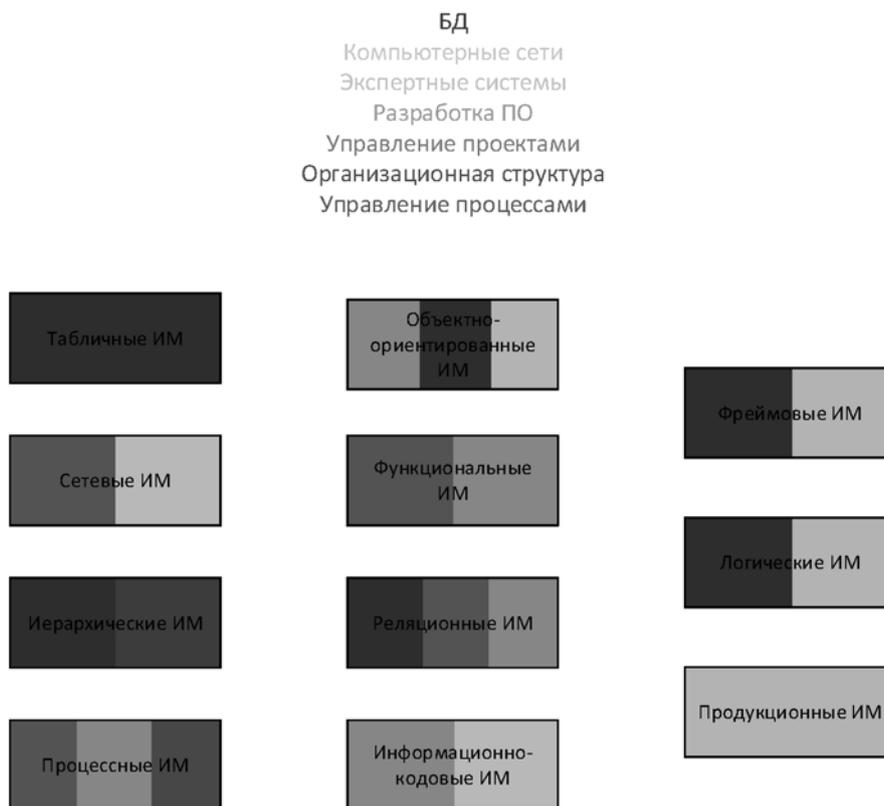


Рис. 2. Области применения ИМ

Управление процессами

— Необходимость адаптации: Внедрение методов управления процессами, таких как Business Process Management (BPM), требует адаптации текущих бизнес-процессов. Это включает в себя оптимизацию, автоматизацию и внедрение стандартов для улучшения эффективности.

В целом, адаптация информационных моделей к новым технологиям — это неотъемлемая часть процесса инноваций и развития в области информационных технологий. Это позволяет организациям оставаться конкурентоспособными, улучшать производительность и эффективность своих бизнес-процессов.

Выводы

Одной из ключевых причин, обуславливающих необходимость актуализации классификации информационных моделей, является постоянное изменение подходов к обработке и управлению информацией при внедрении новых технологий. Такие технологии, как аналитика больших данных и машинное обучение, требуют специфических методов обработки данных, что требует соответствующих изменений в классификации информационных моделей.

Также следует отметить, что с появлением новых технологий расширяется множество источников и типов

данных, таких как данные с датчиков, текстовая информация из социальных сетей, изображения и другие. Этот разнообразный спектр данных требует от классификации учета различных источников и типов информации.

Важным аспектом является также обеспечение совместимости новых информационных моделей с ранее существующими системами. Это обеспечивает бесперебойную интеграцию новых технологий в уже действующие информационные системы, что является ключевым фактором для успешного внедрения инноваций.

Оптимизация информационных процессов и повышение эффективности бизнеса являются важными результатами актуализации классификации информационных моделей. Новые технологии предоставляют более эффективные методы обработки и использования информации, и актуализация классификации играет ключевую роль в этом процессе.

Заключение

С увеличением важности и объема информации требуется обновление классификации, чтобы соответствовать современным стандартам безопасности. Растущие угрозы подчеркивают необходимость адаптации классификации к последним требованиям в области информационной безопасности и конфиденциальности.

Современные технологии предоставляют более гибкие сценарии использования информации, что требует учета контекста при её классификации. Этот аспект играет ключевую роль в обеспечении эффективного использования информации.

Актуализация классификации информационных моделей помогает соблюдать законодательство в области безопасности и конфиденциальности. Быстрое обновление классификации позволяет системам соответствовать последним требованиям и нормативам.

Исследование автора подчеркивает универсальность различных моделей, успешно применяемых в со-

временных технологиях. Это подтверждает важную роль этих моделей в обеспечении устойчивости и эффективности информационных систем.

Исследование значительно способствует пониманию роли информационных моделей в развитии новых технологий. Полученные результаты выделяют необходимость учета характеристик информационных моделей при выборе инструментов для конкретных задач. Эти выводы могут быть основой для более эффективного проектирования и внедрения информационных систем в различных областях современного общества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Т.М. Мартинец, С.Г. Беркович, К.Я. Шультен. «Нейронно-газовая сеть для векторного квантования и ее применение для прогнозирования временных рядов», *IEEE Transactions on Neural Networks*, Vol. 4, № 4, с.558–569, 1993.
2. Б.Фрицке. «Растущие нейронные газовые сети изучают топологии», In *Advances in Neural Information Processing Systems 7*, ред. Г. Тезауро, Д.С. Турецкий, Т.К. Лин, MIT Press, Кембридж, Массачусетс, стр. 625–632, 1995.
3. Балдин К.В. Информационные системы в экономике: Учебник / К.В. Балдин, В.Б. Уткин. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2006. — 395 с.
4. Голицына О.Л. Информационные системы: учеб. пособие О.Л. Голицына, Н.В. Максимов, И.И. Попов. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. — 496 с.
5. Маклаков С.В. Моделирование бизнес-процессов с AllFusion PM. — 2-е изд., испр. и дополн. — М.: Издательство Диалог-МИФИ, 2008. — 224 с.
6. Советов Б.Я. Информационные технологии: Учебник для вузов / Б.Я. Советов, В.В. Цехановский. — 2-е изд., стер. — М.: Высшая шк., 2005. — 263 с.
7. Душин В.К. Теоретические основы информационных процессов и систем: Учебник / В.К. Душин. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2006. — 348 с.

© Горячкин Борис Сергеевич (bsgor@mail.ru); Желтова Александра (zheltovaalexandrario5@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ

THE POSSIBILITIES OF USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES FOR EQUIPMENT DIAGNOSTICS

A. Emelianov

Summary. The article presents a study of the possibilities of artificial intelligence for equipment diagnostics. The principles and disadvantages of existing diagnostic methods are considered. The existing technologies used in equipment diagnostics have been identified. The functional capabilities of an artificial neural network for use in solving a diagnostic problem are described. The existing practices of using artificial neural networks in various fields of human activity are presented and analyzed.

Keywords: artificial intelligence, artificial neural networks, diagnostics, classification task.

Емельянов Александр Дмитриевич

аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Технологический университет имени дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта А.А. Леонова», г. Королев, Московская область
workoi310@gmail.com

Аннотация. В статье представлено исследование возможностей искусственного интеллекта для диагностики оборудования. Рассмотрены принципы и недостатки существующих методов диагностики. Определены существующие технологии применяемые при диагностике оборудования. Описаны функциональные возможности искусственной нейронной сети для использования при решении задачи диагностики. Представлены и проанализированы существующие практики применения искусственных нейронных сетей в различных областях человеческой деятельности.

Ключевые слова: искусственный интеллект, искусственные нейронные сети, диагностика, задача классификации.

Введение

Одной из основных причин стремительного развития различных сфер человеческой деятельности является повышение качества товаров, услуг и общего технического оснащения. Вследствие этого наблюдается как появление новых, так и усложнение существующих производственных процессов, требующих более проработанной технологии, большего количества контролируемых параметров, повышения точности измерений. Любые отклонения от технологии производства или ложные данные, характеризующие состояния систем могут привести к повышению количества брака, замедлению выявления дефектов оборудования, увеличению вероятности критических ситуаций, представляющих угрозу для работающего персонала.

Циркуляция в системе недостоверной информации является серьезной проблемой. Детальное изучение данной темы демонстрирует множество причин возникновения подобных ситуаций, среди которых особое внимание следует уделить неправильному функционированию активного и пассивного измерительного оборудования, являющегося основным источником информации о техническом состоянии элементов эксплуатируемых систем, которое, в совокупности, представляет собой измерительный канал (ИК)

В настоящее время, предприятия уже применяют различные средства и технологии диагностирования

ИК, от простейшего переносного оборудования для определения общего состояния элемента до специализированных аппаратно-программных комплексов для выявления неисправных узлов, но несмотря на возможность выполнять поставленную перед ними задачу, они не лишены недостатков, существенно влияющих на эффективность диагностики.

Учитывая актуальность данной темы, в рамках научного исследования рассматриваются проблемы существующих средств и технологий диагностики ИК и возможные пути их решения с помощью достижений современной науки, в частности, в области искусственного интеллекта.

Методы диагностики ИК

Совокупность приёмов использования принципов, технологий и средств, применяемых для выявления, некорректно работающего ИК составляет метод диагностики ИК. Среди наиболее распространённых методов диагностики ИК следует выделить субъективный, аппаратный и программный.

Субъективный метод основывается на личной оценке и опыте специалиста, приобретенным им во время работы. Одним из способов его же процесс его реализации можно представить в виде следующего алгоритма:

1. Специалист изучает информацию на визуальном контроле

2. Концентрирует внимание на параметре или группе параметров, выделяющихся нестандартным (аномальным) поведением.
3. Определяет то каким образом выражается отклонение от стандартного поведения: завышение или понижение значений параметра в пределах длительного промежутка времени, кратковременные скачки значений в большую или меньшую сторону (превышающие допустимую погрешность), полное несоответствие значений, отображаемых на средстве визуального контроля подаваемому сигналу
4. Производит регистрацию значений каналов, обладающих нестандартным поведением в течении определенного количества времени для произведения детального анализа сигнала
5. Определяет возможные причины выхода ИК из строя и прорабатывает дальнейший план действий

Аппаратный метод представляет собой применение специализированного оборудования, функции которого напрямую или косвенно могут повлиять на скорость определения неработоспособного ИК. Диагностическое оборудование может быть подразделено на:

По степени внедрения

- Внешнее, применяемое при выявлении неисправностей отдельных элементов или участков, входящих в состав ИК
- Внутреннее, являющееся одним из элементов ИК, для проведения операция по дополнительному контролю передаваемой информации

Разберем более детально работу с внешним и внутренним диагностическим оборудованием.

При применении внешнего оборудования процедура диагностики осуществляется путем прямого взаимодействия на определенных участках, зонах или объектах, выполняющих функции передачи или преобразования измерительной информации, что позволяет получить промежуточные результаты и произвести их сравнение со значениями в программах визуального контроля. Объем получаемой информации напрямую зависит от применяемого оборудования: базовые устройства (мультиметры, вольтметры, амперметры) используются для мгновенного получения измеренных значений; продвинутое (осциллографы, калибраторы) поддерживают более тонкую настройку, меняющуюся в зависимости от рассматриваемого случая и способны выдавать данные в формате экспресс-отчета; полноценные мобильные измерительные комплексы (MIC-200, MIC-355M) способны производить обработку, регистрацию и анализ измеряемых величин, вблизи или с минимальным расстоянием от диагностируемого элемента.

Внутреннее же оборудование имеет больше стационарный характер и предназначены для решения узкоспециализированных задач. В качестве примера подобного решения можно рассмотреть системы контроля технического состояния пьезоэлектрических датчиков. Устройство подключается к датчику, установленному на объекте контроля, и отслеживает напряжение реакции. Результат контроля работоспособности датчика («Исправен» или «Неисправен») отображаются на ЖК дисплее и в виде световой индикации. [1]

Программный метод реализуется с помощью специализированного программного обеспечения (ПО), которое в режиме реального производит сбор, обработку и анализ поступающей информации по заданным алгоритмам, сложность и объем которых определяется разработчиком. В некоторых случаях пользователю предоставляется возможность разработки и внедрение собственных алгоритмов в виде дополнительных модулей для расширения функционала (плагинов) или доступ к программным библиотекам, используемых разработчиком для создания независимого ПО. Реализацию подобных подходов можно наблюдать в ПО FlexLogger от компании National Instruments, DeweSoftX от DeweSoft и QtРегистратор от Информтест [2,3,4]

Выделим недостатки и проблемы вышеописанных методов:

Субъективный метод:

- Малый объем специалист обладающих подобным опытом, и низкая скорость их подготовки в связи с хаотичным характером проявления подобных ситуаций
- Вероятность пропуска момента перехода из стабильного в нестабильное вследствие человеческого фактора
- Усложнения процесса диагностика и анализа силами специалиста по причине увеличения количества контролируемых параметров и общего потока данных

Аппаратный метод:

- Финансовые расходы на приобретение оборудования, дополнительных аксессуаров и программных средств производителя. Средняя стоимость наиболее распространенных типов оборудования продемонстрировано в таблице 1
- Затраты на ремонт, поверку, другие услуги по техническому обслуживанию
- Сложности в обучении персонала: тем сложнее техника, тем выше трудозатраты на объяснения, как с ней работать
- Невозможность установки диагностического оборудования в связи с конструктивными особенностями производственного или испытательного помещения.

Таблица 1.
Средняя стоимость диагностического оборудования

Тип оборудования	Производитель			
	АКИП	FLUKE	Keysight Technologies	Ronde and Schwarz
Мультиметр	86203	130254	951961	225494
Калибратор	14044	115330989	–	–
Осциллограф	299539	533667	683323	481670

Программный метод:

- Сложности в определении какой диапазон является «нормой» для установки в алгоритм работы программы
- Постоянные доработки ПО из-за динамически меняющихся условий, приводящие к финансовым издержкам.

Одним из возможных решений способных компенсировать недостатки и помочь в решение данных проблем является применений технологий искусственного интеллекта, в частности искусственных нейронных сетей (ИНС).

Диагностика ИК с помощью ИНС

Как было сказано ранее, основной задачей диагностики ИК является определение его работоспособности, то есть отнесение к определенному классу: работоспособный и неработоспособный. Процесс отнесения, наблюдаемого ИК происходит на основании наличия или отсутствия у него, в той или иной степени, определенных признаков. Таким образом процесс диагностики ИК, можно интерпретировать как задачу классификации.

Причинами рассмотрения ИНС как возможного способа решения задачи классификации являются результаты исследований демонстрирующее эффективность применения ИНС в задачах подобного рода. В особенности активно используемая технология компьютерного зрения, процесс работы которой также представляет собой классификацию.

Список функциональных возможностей ИНС весьма обширен, но выделим наиболее актуальными для процедуры диагностики являются:

- Возможность обучения на данных, предоставленных пользователем
- Классификация по заданным признакам
- Возможность обработки больших объемов данных

Более детально рассмотрим, как вышеперечисленные функциональные возможности могут быть применимы при диагностике ИК.

1. Возможность ИНС обучаться на данных позволяет специалистам подготовить обучающие массивы и научить ИНС определять состояние ИК
2. Определения состояния ИК происходит по определенным признакам что является одной из основных задач ИНС
3. ИНС могут быть использованы для создания автономных систем, способных принимать решение и действовать без явного программирования
4. ИНС могут обрабатывать и анализировать большие объемы данных более эффективно, чем стандартное программное обеспечение благодаря параллельной обработке и распределенным вычислениям

Примеры систем диагностики с применением ИНС

Сама практика применения ИНС в диагностике уже существует и используется для решения определенных задач. Произведем анализ существующих примеров применения ИНС с целью определения их структуры, функциональных возможностей и эффективности.

1. Система автоматической интеллектуальной диагностики САИД

САИД подключается к изучаемому объекту (турбогенератор, питательный насос, дутьевой вентилятор) и начинает процесс съема данных в режиме 24/7. Входным сигналом служит питающее напряжение, несущая (сетевая) частота которого модулируется работой самого объекта и формирует выходной сигнал в виде спектра гармоник потребляемого тока. На основе получаемых спектрограмм происходит процесс обучения и выявление пороговых значений. По окончании обучения система переходит в режим мониторинга и в случае выявления проблем в работе оборудования автоматически посылает оповещения.

Применение САИД позволяет добиться следующих результатов:

Экономия электроэнергии — от 2 % до 5 %: достигается за счет того, что использование САИД не допускает развитие критических дефектов в электрическом оборудовании, а значит можно быть уверенным в том, что не будут возникать утечки электроэнергии и короткие замыкания, оборудование не будет потреблять лишнюю электроэнергию.

Увеличение средней производительности оборудования — на 5 %. Благодаря интеллектуальной системе оборудование всегда находится в нормальном состоянии, не допускается ухудшение его характеристик, то есть поддерживается высокий КПД.

Снижение объема планово-предупредительных работ — до 30 %. Такой эффект достигается благодаря переходу к ремонтам по состоянию. В результате реализации такой стратегии компания перестает выполнять лишние планово-предупредительные ремонты, то есть начинает ремонтировать только то, что необходимо.

Снижение эксплуатационных расходов — на 10 %. С помощью САИД, компании не надо постоянно направлять обходчиков к оборудованию, она не тратится на дополнительные замеры, а просто спокойно контролирует состояние механизмов и электрической части. [5]

2. Средства измерения показателей качества электроэнергии (СИ ПКЭ) со встроенной ИНС

СИ ПКЭ со встроенной ИНС была использована в рамках опытно-промышленной эксплуатации (ОПЭ) на объекте Карельского филиала ПАО «Россети Северо-Запад». Устройство подключалось в шести пунктах контроля, доступ к которым осуществлялся посредством WEB-браузера. Процесс обучения ИНС производился на данных, получаемых с пунктов контроля. Задачей обучения ИНС было определение событий «земля в сети» (замыкание фазы на землю) и оповещение об этом диспетчера при помощи приложения Telegram.

По результатам ОПЭ, полученная ИНС не только выполняла поставленную задачу, но и предоставляла прогнозы событий за несколько суток до возникновения, позволяя персоналу заранее скоординировать свои действия, что, в свою очередь, способствует увеличению эффективности упреждающего реагирования. [6]

3. Система на основе компьютерного зрения в добывающей промышленности для холдинга УЗТМ-КАРТЭК

Еще одним примером демонстрации способности ИНС к оценке состояния оборудования является проект реализованной компанией ООО «Норд Клан» и АО «Союзтехноком». В результате совместной работы была получена система компьютерного зрения (СКЗ), оценивающая в режиме реального времени состояние зубьев ковша экскаватора и сигнализирующая машинисту в случае их критического износа или потери. Благодаря способности СКЗ производить оценку и в дневное, и в ночное время машинист может лучше концентрироваться на работе, не снижая эффективность экскавации. Сама структура СКЗ включает в себя камеру машинного зрения, устанавливаемую на стрелу экскаватора, системный блок с развернутой ИНС для обработки видео и сенсорный монитор для визуального и голосового оповещения. [7,8]

Заключение

В рамках данного исследования показаны существующие методы диагностики измерительных каналов и недостатки, влияющие на их эффективность. Рассмотрены возможности применения технологий искусственного интеллекта (искусственных нейронных сетей), как способа решения упомянутых проблем. Показаны современные примеры применения искусственной нейронной сети для диагностики оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мельников Анатолий Аркадьевич, Цыпин Борис Вульфович, Бастрыгин Кирилл Игоревич, Кикот Виктор Викторович Система контроля состояния пьезоэлектрических датчиков давления // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2014. №4 (10). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-kontrolya-sostoyaniya-piezoelektricheskikh-datchikov-davleniya> (дата обращения: 24.02.2024).
2. FlexLogger: сайт. — URL: <https://www.ni.com/en/shop/data-acquisition-and-control/flexlogger.html> (дата обращения: 24.02.2024)
3. DewesoftX: сайт. — URL: <https://dewesoft.com/ru/products/dewesoftx> (дата обращения: 28.02.2024)
4. Информтест QtРегистратор: сайт. — URL: https://www.informtest.ru/catalog/Software/informtest_qtregistrator (дата обращения: 24.02.2024)
5. Интеллектуальная диагностика: как и зачем предприятиям переходить к ремонтам по состоянию // Tadviser: сайт. — URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Интеллектуальная_диагностика:_как_и_зачем_предприятиям_переходить_к_ремонтам_по_состоянию (дата обращения: 24.02.2024)
6. Пешнин, С.Е. Прорывные технологии прогноза в электроэнергетике анализаторами качества электроэнергии с искусственной нейронной сетью / С.Е. Пешнин // 22 НОЯБРЯ 2021 Спецвыпуск «Россети» : электронный журнал. — URL: <https://eepir.ru/release/specvypusk-rosseti-4-23-dekabr-2021/> (дата обращения: 24.02.2024).
7. uralmash-kartex: сайт. — URL: <https://uralmash-kartex.ru/uztm-karteks-osnastil-ekskavatoryi-novoj-onlajn-sistemoj> (дата обращения: 24.02.2024)
8. mlsense.nordclan: сайт. — URL: <https://mlsense.nordclan.com/case-control-frontalny-pogruzchik> (дата обращения: 24.02.2024)

© Емельянов Александр Дмитриевич (workoi310@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ОЦЕНИВАНИЕ СИСТЕМ ЛЕОНТЬЕВСКОГО ТИПА

STATISTICAL EVALUATION OF LEONTIEF- TYPE SYSTEMS

**M. Ermilov
L. Surkova
S. Bityutsky
L. Kudryavtseva
A. Shurupov**

Summary. Improving mathematical models of economic objects remains relevant. The paper proposes a solution to the Leontief-type inverse problem — obtaining a statistically consistent estimate of the technological matrix based on the assumption that the production and demand vectors in the Leontief model are known with some accuracy. It is shown that, within the framework of traditional assumptions regarding the statistical properties of direct measurement errors, this estimate of the technological matrix turns out to be unbiased. The covariance properties of the obtained estimates are calculated.

Keywords: statistical estimation; matrix, vectors; unbiased matrix estimates; covariance properties of matrix estimates.

Ермилов Михаил Михайлович

Старший преподаватель,
Российский университет кооперации, г. Мытищи Россия
termilov@ruc.su

Суркова Людмила Евгеньевна

кандидат технических наук, доцент, Национальный
Исследовательский Московский государственный
строительный университет, г. Москва
LSurkova2004@yandex.ru

Битюцкий Сергей Яковлевич

кандидат технических наук, доцент,
Российский университет кооперации, г. Мытищи Россия
s.ya.bitjuckij@ruc.su

Кудрявцева Людмила Георгиевна

кандидат технических наук, доцент,
Российский университет кооперации, г. Мытищи Россия
l.kud@mail.ru

Шурупов Анатолий Александрович

кандидат технических наук, доцент,
Российский университет кооперации, г. Мытищи Россия
ashurupov@ruc.su

Аннотация. Совершенствование математических моделей экономических объектов остается актуальным. В работе предложено решение обратной задачи леонтьевского типа — получение статистически состоятельной оценки технологической матрицы на основе предположения известности с некоторой точностью векторов производства и спроса в модели Леонтьева. Показано, что в рамках традиционных предположений относительно статистических свойств погрешностей непосредственных измерений, данная оценка технологической матрицы оказывается несмещённой. Вычислены ковариационные свойства полученных оценок.

Ключевые слова: статистическое оценивание; матрица, векторы; несмещённые оценки матрицы; ковариационные свойства матричных оценок.

Введение

Цифровизация экономики, совершенствование технического и программного обеспечения, накопленные объемы информации и возможности их аналитической обработки сопровождаются также развитием математического обеспечения информационных систем, являющейся неотъемлемой их частью. Математические модели экономических систем, реализованные в автоматизированных информационных системах и прикладных программах, позволяют решать широкий класс задач, как аналитического характера, так и задач управления, например, анализ, планирование, прогнозирование. Процесс разработки математической модели и исследование системы на ее основе является составляющей системного анализа [1].

В современной экономике одной из ключевых задач является анализ межотраслевых взаимосвязей и определение эффективности производства. Для решения задач такого типа широко используются леонтьевские модели [2, 3], которые позволяют описать как взаимодействие различных отраслей экономики, так и взаимодействие внутри одной отрасли или предприятия. Модели Леонтьева, как правило, описывают взаимосвязи между различными секторами экономики, включая производство, потребление и инвестиции, и позволяют анализировать влияние различных факторов, как экономических, так и технологических.

Одной из задач в моделях леонтьевского типа выступает задача определения технологической матрицы на основе известных векторов производства и спроса.

Технологическая матрица представляет собой матрицу коэффициентов, описывающих отношение между потреблением и выпуском товаров, и может быть использована, например, для оценки ряда показателей:

- Определения степени взаимозависимости отраслей экономики
- Анализа структуры экономической системы и её устойчивости
- Оценки эффективности использования ресурсов и производства
- Прогнозирования изменений в экономике в связи с изменениями в производстве и спросе
- Определения возможностей для развития отдельных отраслей и стратегии государственного регулирования

Таким образом, задача моделирования и получение статистически состоятельной оценки технологической матрицы в экономических моделях леонтьевского типа важна и имеет практическое значение для анализа структуры экономического объекта, определения эффективности производства в различных отраслях экономики.

Целью данной статьи является получение статистически состоятельной оценки технологической матрицы, т.е. решение обратной задачи: предполагая, что с некоторой точностью известны векторы производства и спроса в модели Леонтьева, требуется получить статистически состоятельную оценку технологической матрицы. Объектом исследования является экономическая система, предметом исследования — методы и модели для оценки технологической матрицы.

Актуальность данного исследования заключается в том, что точность оценки технологической матрицы является ключевым фактором для принятия решений в экономической сфере. Например, на основе такой оценки можно определить эффективность использования ресурсов, разработать стратегию государственного регулирования и прогнозировать изменения в экономике.

Материалы и методы

Задачи подобного типа, касающиеся оценки технологической матрицы при известных векторах производства и спроса рассмотрены в различных работах [2, 4–5]. В работе [2] рассматривается метод оценки технологической матрицы на основе леонтьевских моделей, а также примеры применения данного метода в различных экономических задачах. Работа [4] посвящена оценке матрицы коэффициентов импортных капитальных затрат в рамках динамической модели «затраты-выпуск» для экономики Республики Беларусь по данным за 2016–2020 гг. В работе [5] представлена обобщенная модель

Леонтьева на случай ограничений на интенсивность производства и нечеткости исходных данных. В работе описывается модель Леонтьева с интервальной производственной матрицей. Методы наименьших квадратов и максимального правдоподобия позволяют получить статистически состоятельную оценку технологической матрицы, основанную на известных векторах производства и спроса. В данной работе использовались матричные методы.

Результаты

Классическое уравнение Леонтьева описывает обобщённый процесс производства некоторого ассортимента n видов товаров. Количество единиц товара того или иного вида входит в этой модели как один из элементов n -мерного вектора \mathbf{x} . Его можно назвать вектором производства. Предполагается, что некоторая часть производимых товаров из этого вектора затрачивается как непосредственно для производства, так и на потребление товаров самими членами предприятия. Возможны и иные, не всегда очевидные расходы. Это может быть связано, например, с технологией производства какой-либо продукции. Наконец, оставшаяся часть товаров поступает на рынок в количествах, описываемых вектором \mathbf{y} , который можно назвать вектором спроса. Весь процесс выражается уравнением Леонтьева:

$$\mathbf{x} - A\mathbf{x} = \mathbf{y} \quad (1)$$

Здесь матрица A , называемой матрицей прямых затрат, или технологической матрицей, определяет упомянутую уже долю расходов продукции в самом процессе производства.

Прямой задачей принято считать нахождение вектора производства \mathbf{X} , если заданы как вектор спроса \mathbf{y} , так и матрица A . В данной статье решается обратная задача: предполагая, что с некоторой точностью известны векторы производства и спроса, требуется получить статистически состоятельную оценку технологической матрицы. Предполагается, что произведено N наблюдений векторов $\mathbf{x}_k, \mathbf{y}_k$ ($k = 1, 2, \dots, N$), и каждая такая пара удовлетворяет уравнению

$$\mathbf{x}_k - A\mathbf{x}_k = \mathbf{y}_k + \varepsilon_k \quad (k = 1, \dots, N) \quad (2)$$

Введём матрицу $\varepsilon = (\varepsilon_1 \ \varepsilon_2 \ \dots \ \varepsilon_N)$ из N столбцов, каждый из которых — случайный вектор с нулевым средним значением; они независимы, и, простоты ради, будем считать, что каждый из них имеет одинаковую матрицу ковариаций C .

Аналогично образуются матрицы

$$X = (\mathbf{x}_1 \ \dots \ \mathbf{x}_N); Y = (\mathbf{y}_1 \ \dots \ \mathbf{y}_N)$$

Уравнение (2) принимает матричный вид

$$X - AX = Y + \varepsilon \tag{3}$$

На базе этого уравнения можно сформировать критерий для оценки технологической матрицы A

$$S^2 = \text{tr}[(AX - X + Y)(X^T A^T - X^T - Y^T)] \rightarrow \min$$

Здесь знак tr обозначает след матричного выражения.

Оценочному значению будет соответствовать минимум S^2 . В точке достижения минимума критерия его виртуальное изменение обращается в нуль: $\delta S^2 = 0$.

$$\delta S^2 = 2 \cdot \text{tr}[(AX - X + Y)X^T \cdot \delta A] = 0,$$

и, в силу произвольности δA :

$$(AX - X + Y)X^T = 0.$$

Отсюда получается оценка значения леонтьевской матрицы A

$$A = I - YX^T (XX^T)^{-1} \tag{4}$$

где $I_{n \times n}$ — единичная матрица.

Рассмотрим некоторые статистические характеристики полученной оценки. Положим, что в (4):

$$Y = X - A_0 X + \varepsilon$$

Будем иметь

То есть погрешность:

$$A = A_0 + \varepsilon X^T (XX^T)^{-1}, \tag{5}$$

$$\Delta A = A - A_0 = \varepsilon X^T (XX^T)^{-1}$$

Во-первых, прямо из (5)

$$\langle \Delta A \rangle = \langle \varepsilon \rangle X^T (XX^T)^{-1} = 0$$

То есть систематический сдвиг оценки отсутствует.

Во-вторых, рассмотрим, какое отклонение оценки спроса произойдёт в силу случайной погрешности оценки матрицы:

$$\Delta Y = -\Delta A \cdot X = -\varepsilon \cdot D, \tag{6}$$

$$D = X^T (XX^T)^{-1} X$$

Попутно заметим, что матрица D симметрична и идемпотентна:

$$D^T = D; D^2 = D \tag{7}$$

Согласно (6, 7) получаем ковариацию оценки спроса:

$$\text{cov}(\Delta Y) = \langle \Delta Y \Delta Y^T \rangle$$

То есть:

$$\text{cov}(\Delta Y) = \langle \varepsilon D \varepsilon^T \rangle \tag{8}$$

Тут уместно доказать следующее достаточно общее утверждение:

Лемма. Пусть

$$\begin{aligned} \varepsilon &= (\varepsilon_1 \ \varepsilon_2 \dots \varepsilon_N); \\ \langle \varepsilon \rangle &= 0; \end{aligned} \tag{9}$$

$$\langle \varepsilon_k \varepsilon_l^T \rangle = r_{k,l} \cdot C;$$

$$R = \|r_{k,l}\| = \|r_{l,k}\| = R^T$$

Тогда математическое ожидание выражения (8)

$$V = \langle \varepsilon D \varepsilon^T \rangle = \text{tr}(R^T D) \cdot C \tag{10}$$

Доказательство.

Пусть матрица D рассматривается как система столбцов

$$D = (\mathbf{d}_1 \ \mathbf{d}_2 \dots \mathbf{d}_N)$$

Запишем величину V более детально, учитывая равенства (9):

$$\begin{aligned} V &= \left\langle (\varepsilon_1 \dots \varepsilon_N) \cdot (\mathbf{d}_1 \ \mathbf{d}_2 \dots \mathbf{d}_N) \cdot \begin{pmatrix} \varepsilon_1^T \\ \dots \\ \varepsilon_N^T \end{pmatrix} \right\rangle = \\ &= \left\langle (\varepsilon_1 \dots \varepsilon_N) \cdot \sum_j \mathbf{d}_j \varepsilon_j^T \right\rangle = d_{i,j} \langle \varepsilon_i \varepsilon_j^T \rangle = d_{i,j} r_{j,i} C \end{aligned} \tag{11}$$

Ради сокращения записи, в выражениях (11) было использовано хорошо известное в физике правило суммирования по повторяющимся индексам i, j . Заметим, что числовой коэффициент, стоящий теперь перед матрицей C , представляет собой след от произведения матриц D, R . Таким образом, утверждение леммы доказано. Попутно можно заметить, что, судя непосредственно по доказательству, формула (10) также остаётся в силе и для любой квадратной матрицы D .

Заключение

Таким образом, в статье обоснована возможность оптимальной статистической оценки технологической матрицы в моделях леонтьевского типа. При этом

в качестве исходных данных в модели рассматриваются наблюдения спроса и предложения. Показано, что в рамках традиционных предположений относительно статистических свойств погрешностей непосредственных измерений, данная оценка технологической матрицы оказывается несмещённой. Это означает, что при использовании статистических методов для оценки технологической матрицы, среднее значение оценок приближается к истинному значению технологической матрицы, и систематических ошибок в оценке не возникает. Таким образом, несмещённая оценка технологической матрицы позволяет получить более точное представление о структуре и взаимосвязях в экономике на основе известных векторов производства и спроса

Кроме того, вычислены ковариационные свойства полученных оценок. Это является важным этапом в статистическом анализе, поскольку позволяет оценить степень уверенности в полученных оценках и провести статистический вывод о параметрах модели или явления. Ковариационные свойства оценок позволяют оценить их точность, доверительные интервалы, а также провести статистические тесты на значимость полученных результатов.

Отметим, что развитый формализм в принципе получать оценки не только стационарных, но и динамических моделей Леонтьева, в которых может учитываться, например, что каждый очередной цикл производства товаров продолжается на протяжении некоторого числа часов, дней, либо других временных единиц. Методика оценивания при этом не вызовет каких-либо принципиальных трудностей, хотя, естественно, сама оценка станет более сложной и информативной. Сложности при этом возникнут в связи с увеличением размерности оцениваемой матрицы.

Практическая значимость данного исследования заключается в возможности применения полученных результатов для анализа экономических процессов и принятия решений в экономической сфере на основе математических методов, которые могут быть реализованы в информационных системах. Таким образом, результаты данного исследования могут быть использованы для разработки информационных систем, предназначенных для анализа экономических процессов и принятия решений в экономической сфере.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вдовин В.М., Суркова Л.Е., Валентинов В.А. Теория систем и системный анализ. Учебник для бакалавров / (5-е изд., стер.) Москва, 2020.
2. Келлер А.В. Системы леонтьевского типа и прикладные задачи. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование. 2022. Т. 15. № 1. С. 23–42.
3. Казей И.С., Ермилов М.М. Математическое моделирование кооперативных систем в терминах статической модели Леонтьева. Современная математика и концепции инновационного математического образования. 2018. Т. 5. № 1. С. 191–199.
4. Пархименко В.А. Опыт экспериментальной оценки матрицы коэффициентов импортных капитальных затрат в динамической модели Леонтьева для белорусской экономики в 2016–2020 годах. «Проблемы прогнозирования» 2023 №4 (2023): п. pag.
5. Козловская, Я.И., Петров А.Д., Севодин М.А. «Существование равновесия в системах леонтьевского типа с ограничениями и оценка его параметров при нечеткости исходных данных.» Mathematics (2016).

© Ермилов Михаил Михайлович (mermilov@ruc.su); Суркова Людмила Евгеньевна (LSurkova2004@yandex.ru); Битюцкий Сергей Яковлевич (s.ya.bitjuckij@ruc.su); Кудрявцева Людмила Георгиевна (l.kud@mail.ru); Шурупов Анатолий Александрович (ashurupov@ruc.su)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРАКТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ ПО РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В РОССИЙСКИХ ИТ-КОМПАНИЯХ

Кожевников Илья Сергеевич

Менеджер продукта / начальник аналитического
отдела, ООО «Центр интеграции приложений»
is.kozhevnikov@gmail.com

Сиражитдинов Азамат Юлаевич

Chief Executive Officer, ООО «КлиЭнджин» — Go Digital
asirazhi@gmail.com

THE PRACTICE OF USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SOFTWARE DEVELOPMENT PROJECT MANAGEMENT IN RUSSIAN IT COMPANIES

**I. Kozhevnikov
A. Sirazhitdinov**

Summary. This article explores the role and impact of artificial intelligence (AI) on project management in the modern world, with special attention to the Russian IT sector. By introducing the topic, the authors indicate the relevance of the problem in the context of the challenges and needs facing the industry. The literature review provides a brief overview of existing research and publications, focusing on the application of AI in project management and analyzing the state of the Russian IT sector. The research methodology describes the methods used and criteria for selecting objects of analysis. In the following, the article analyzes examples of successful implementation of AI in project management, discusses the advantages and challenges of this process, and also considers organizational and legislative aspects affecting project management in the Russian context. The results and discussion present an analysis of the collected data and its significance for the development of the industry. In conclusion, the authors summarize the main conclusions and recommendations for further research and implementation of AI in project management.

Keywords: project management, software development, artificial intelligence, research and forecasts in the IT-field, code optimization, neural networks, ChatGPT.

Аннотация. Данная статья исследует роль и влияние искусственного интеллекта (ИИ) на управление проектами в современном мире, с особым вниманием к российскому ИТ-сектору. Вводя в тему, авторы обозначают актуальность проблемы в контексте вызовов и потребностей, стоящих перед отраслью. Обзор литературы представляет собой краткий обзор существующих исследований и публикаций, сосредотачиваясь на применении ИИ в управлении проектами и анализе состояния российского ИТ-сектора. Методология исследования описывает применяемые методы и критерии выбора объектов анализа. В дальнейшем статья анализирует примеры успешного внедрения ИИ в управление проектами, обсуждает преимущества и вызовы этого процесса, а также рассматривает организационные и законодательные аспекты, влияющие на управление проектами в российском контексте. Результаты и обсуждение представляют собой анализ собранных данных и их значимость для развития отрасли. В заключении авторы подводят основные выводы и рекомендации по дальнейшему исследованию и внедрению ИИ в управлении проектами.

Ключевые слова: управление проектами, разработка программного обеспечения, искусственный интеллект, исследования и прогнозы в ИТ-сфере, оптимизация кода, нейронные сети, ChatGPT.

Введение

В эпоху цифровизации, искусственный интеллект (ИИ) становится ключевым инструментом в руках специалистов по управлению проектами, предоставляя новые возможности для оптимизации процессов, повышения эффективности и сокращения затрат. Внедрение ИИ в проектную деятельность, особенно в сфере разработки программного обеспечения, открывает перед российскими ИТ-компаниями перспективы для достижения конкурентных преимуществ на глобальном рынке.

Актуальность применения ИИ в управлении проектами в российских ИТ-компаниях обусловлена несколькими ключевыми факторами. Во-первых, интенсивное разви-

тие технологий и увеличение сложности программных продуктов требуют новых подходов к управлению проектами, где традиционные методики оказываются неэффективными. Во-вторых, конкуренция на рынке ИТ-услуг вынуждает компании искать инновационные решения для сокращения времени разработки и улучшения качества продукции. В-третьих, специфика российского рынка, с его организационными и культурными особенностями, создает уникальный контекст для применения ИИ, который может стать основой для разработки адаптированных под местные условия технологических решений.

Российский ИТ-сектор характеризуется высокой квалификацией специалистов, однако сталкивается с рядом

организационных и экономических вызовов. В частности, в работах отечественных ученых подчеркивается проблема недостаточной интеграции современных ИТ-решений в стандартные практики управления проектами. Исследование Михненко П.А. (2023) [4] указывает на то, что российские ИТ-компании все чаще обращаются к инновационным технологиям, в том числе к ИИ, для повышения конкурентоспособности. Тем не менее, отмечается недостаточная готовность некоторых компаний к полноценному внедрению этих технологий из-за отсутствия опыта и специализированных знаний в области ИИ.

Анализ текущего состояния внедрения ИИ в российских ИТ-компаниях показывает, что активное применение искусственного интеллекта наблюдается во всех компаниях, имеющих доступ к необходимым ресурсам и знаниям ввиду небольшой цены за предоставляемые услуги. Примеры успешного применения ИИ в проектах разработки программного обеспечения демонстрируют значительные преимущества, включая ускорение процессов разработки и улучшение качества продукта.

Исследование опиралось на метод анализа случаев (case study), который позволил глубоко изучить конкретные примеры внедрения ИИ в управление проектами в российских ИТ-компаниях. Этот метод был дополнен аналитическим обзором литературы для выявления общих тенденций и сравнения полученных результатов с международным опытом. Для количественного анализа использовались такие методы, как статистический анализ и моделирование, что позволило оценить эффективность применения ИИ с точки зрения конкретных показателей проектной деятельности.

В качестве отправной точки в сборе информации опрашиваемым специалистам была предложена анкета, которая включала следующие вопросы:

1. Какие конкретные технологии искусственного интеллекта вы используете в своей работе для управления проектами?
2. Как эти технологии помогают вам в планировании и выполнении проектных задач?
3. Какие конкретные проблемы или вызовы в управлении проектами вы решаете с помощью искусственного интеллекта?
4. С какими результатами вы столкнулись после внедрения технологий искусственного интеллекта в управление проектами?
5. Какие практические примеры успеха у вас есть, когда искусственный интеллект сыграл ключевую роль в достижении целей проекта?
6. Какие параметры или метрики вы используете для измерения эффективности применения искусственного интеллекта в управлении проектами?
7. Какие преимущества и вызовы вы видите в использовании искусственного интеллекта по срав-

нению с традиционными методами управления проектами?

8. Какие дополнительные ресурсы или подготовка необходимы для эффективного использования технологий искусственного интеллекта в управлении проектами?
9. Как вы оцениваете будущий потенциал и развитие использования искусственного интеллекта в вашей сфере деятельности?
10. Какие рекомендации вы можете дать тем, кто только начинает изучать и применять искусственный интеллект в управлении проектами?

Критерии выбора компаний для анализа

Выбор компаний для анализа основывался на следующих критериях:

- **Активное использование ИИ в управлении проектами:** компании, реализующие проекты с применением ИИ в различных аспектах управления.
- **Разнообразие секторов деятельности:** отбор отечественных компаний из разных сегментов ИТ-индустрии для анализа широкого спектра применения ИИ.
- **Доступность информации:** компании, предоставляющие данные о своих проектах и результатах внедрения ИИ.
- **Географическое разнообразие:** отбор компаний, расположенных в разных регионах России, для учета региональных особенностей внедрения ИИ.

Российские ИТ-компании были выбраны в качестве объектов исследования по нескольким причинам. Во-первых, специфика российского ИТ-рынка, включая культурные и организационные особенности, предоставляет уникальный контекст для изучения внедрения ИИ в управление проектами. Во-вторых, российские ИТ-компании активно стремятся к инновациям и поиску новых решений в условиях международных санкций, что делает их интересными объектами для исследования. В-третьих, анализ российского опыта позволит выявить как уникальные вызовы, так и возможности для применения ИИ, которые могут быть полезны для других стран с аналогичными условиями развития ИТ-сектора.

Применение искусственного интеллекта в управлении проектами

Рассмотрение конкретных примеров успешного внедрения искусственного интеллекта.

В последние годы российские ИТ-компании активно интегрируют искусственный интеллект в процессы управления проектами, что позволяет значительно по-

высить их эффективность и качество выпускаемой продукции. Наибольшую популярность в практическом применении получили нейронные сети.

Как показало анкетирование, основными инструментами ИИ являются языковые модели: GPT 3.5, GPT 4.0, Gemini, Copilot, AI assistant в Pycharm.

Примеры успешного внедрения ИИ включают:

- Поиск ошибок в коде.
- Актуализация кода тестов, в тех местах, где разработчик наблюдает слабые места в собственных знаниях.
- Написание юнит тестов.
- Создание UML алгоритмов.
- Замена поисковых систем.
- Автоматизация рутинных задач.
- Описание общего хода выполнения задачи и определение ее сложности.
- Переформулированные постановки задачи для более точного описания и последующее разбиение ее на этапы.
- Переписывание кода другим языком программирования.
- Консультации по вопросам оптимизации процесса разработки программного обеспечения.

- Написание проектной документации.
- Менторство. Объяснение построчно особенностей введенного кода.

Как видно из диаграммы 1, области применения ИИ в управлении проектами достаточно разнообразны и умеют примерно одинаковую популярность, из чего следует, что опрошенные специалисты используют его как многофункциональный инструмент при разработке программного обеспечения.

Последний пункт (Менторство) является одним из заметных примеров. Этот функционал позволил одной из российских IT-компаний существенно повысить уровень вовлеченности сотрудников и оперативно реагировать на возникающие проблемы в команде, предотвращая задержки в сроках сдачи проектов.

Другой пример — использование алгоритмов машинного обучения как консультанта для оптимизации распределения ресурсов в многопроектной среде. Система анализирует данные о текущей загрузке специалистов, сложности задач и сроках выполнения проектов, автоматически предлагая наиболее эффективное распределение ресурсов между проектами.

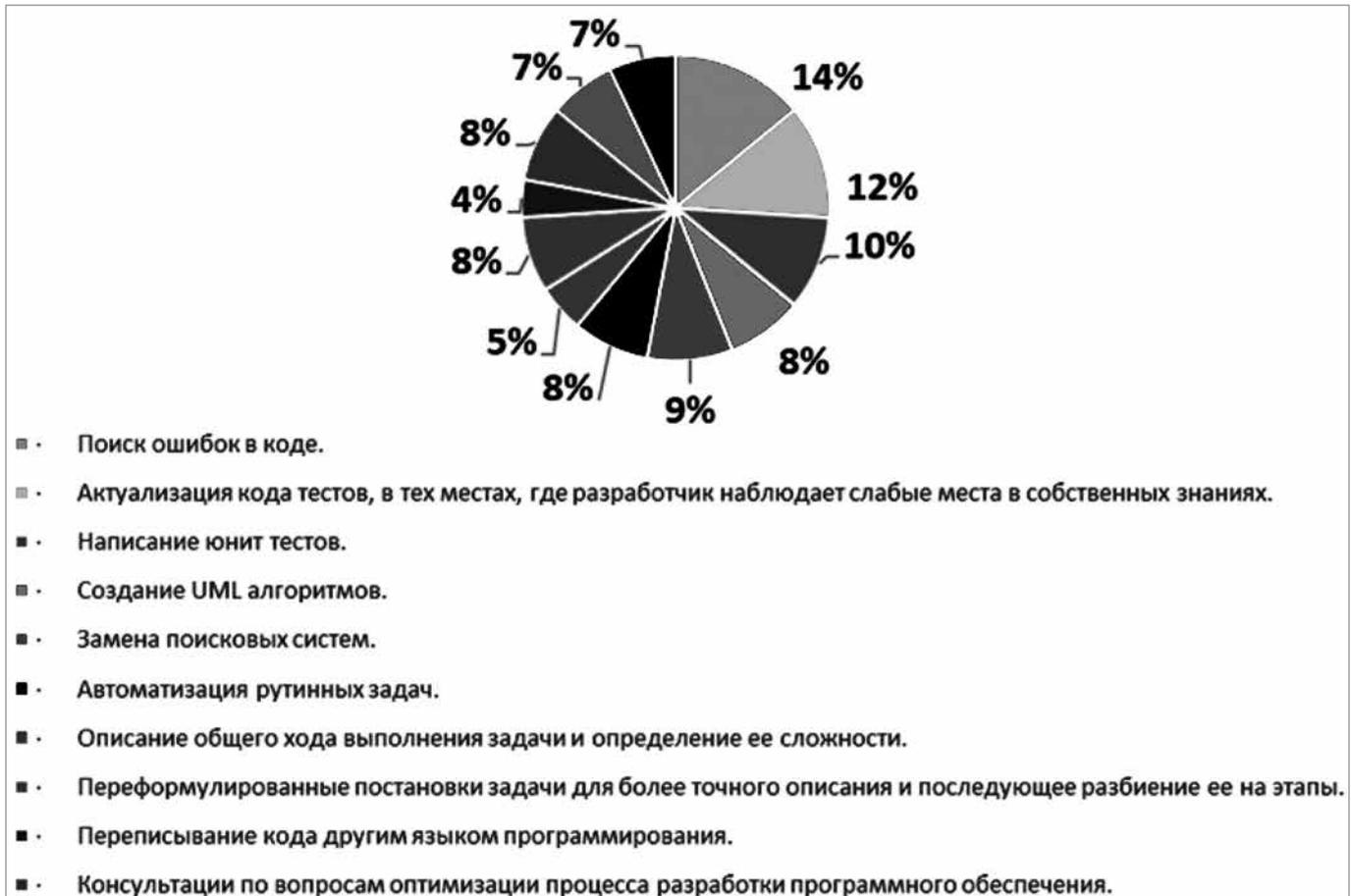


Диаграмма 1. Распределение примеров популярности использования ИИ в управлении проектами в процентах.

Преимущества использования ИИ в управлении проектами включают:

- **Повышение точности прогнозирования:** ИИ помогает предсказывать возможные риски и задержки на основе анализа больших объемов данных о ходе выполнения аналогичных проектов в прошлом.
- **Оптимизация ресурсного планирования:** Алгоритмы машинного обучения способны эффективно распределять задачи и ресурсы, учитывая приоритеты и доступность команды.
- **Автоматизация рутинных задач:** ИИ значительно сокращает время, необходимое на выполнение стандартных операций, таких как составление отчетности, тестирование и отслеживание ошибок.

Вызовы связаны с:

- **Сложностью интеграции и адаптации:** Внедрение ИИ требует значительных изменений в существующих бизнес-процессах и корпоративной культуре.
- **Необходимостью квалифицированных специалистов:** Разработка и поддержка систем на основе ИИ требуют наличия высококвалифицированных в области создания промпта в соответствующей профессиональной области.
- **Этическими и конфиденциальными вопросами:** Использование ИИ для анализа поведения сотрудников и принятия управленческих решений может вызвать вопросы конфиденциальности и этики.

Особенности российского контекста

Российский IT-сектор обладает уникальными культурными и организационными особенностями, которые играют значительную роль в процессе внедрения и использования искусственного интеллекта в управлении проектами. Традиционные подходы к управлению, высокая централизация принятия решений и специфика корпоративной культуры могут как способствовать, так и затруднять интеграцию новых технологий. Одним из ключевых аспектов успешного применения ИИ является создание открытой и инновационной среды, поддерживающей экспериментирование и обмен знаниями.

Применение искусственного интеллекта в управлении проектами в российских IT-компаниях должно подчиняться законодательному и нормативному регулированию. Важными аспектами являются защита данных, конфиденциальность информации и этические стандарты использования технологий ИИ. Российское законодательство в области IT и защиты персональных данных требует от компаний строгого соблюдения правил обработки и хранения данных, что влечет за собой необходимость адаптации ИИ-систем к этим требованиям.

Адаптация и интеграция ИИ в проектные процессы

Для успешной адаптации и интеграции искусственного интеллекта в проектные процессы российских IT-компаний необходимо учитывать как технические, так и организационные аспекты. Это включает в себя разработку и внедрение стандартов и процедур, обучение и развитие персонала, а также создание адаптивной инфраструктуры, способной поддерживать инновационные технологии. Ключевым фактором является также разработка механизмов для оценки эффективности и экономической целесообразности применения ИИ в конкретных проектах.

Результаты и обсуждение

Анализ применения искусственного интеллекта в управлении проектами в российских IT-компаниях выявил ряд ключевых находок. Во-первых, было установлено, что внедрение ИИ способствует значительному повышению эффективности проектных процессов, включая сокращение времени на разработку, улучшение качества продукции и оптимизацию использования ресурсов. Во-вторых, использование ИИ позволяет улучшить процесс принятия решений на основе анализа больших объемов данных и прогнозирования потенциальных рисков.

Полученные данные подчеркивают значительный потенциал искусственного интеллекта для трансформации управления проектами в российских IT-компаниях. Это особенно актуально в условиях высокой конкуренции и требований к быстрому адаптивному к изменяющимся рыночным условиям. Тем не менее, успешное внедрение ИИ требует решения ряда организационных и технологических задач, включая подготовку кадров, адаптацию корпоративной культуры и обеспечение ответственности действующему законодательству.

Сравнение полученных результатов с данными аналогичных исследований в других странах показывает, что российские IT-компании находятся на сопоставимом уровне с мировыми тенденциями в области применения ИИ в управлении проектами. Однако в некоторых аспектах, таких как законодательное регулирование и специфика корпоративной культуры, российский опыт имеет свои уникальные особенности, которые могут как способствовать, так и затруднять процесс внедрения и использования новых технологий.

Выводы и перспективы

Исследование показало, что применение искусственного интеллекта в управлении проектами по разработке программного обеспечения в российских IT-компаниях имеет значительный потенциал для улучшения эффек-

тивности процессов, повышения качества продукции и оптимизации использования ресурсов. Внедрение ИИ способствует более точному прогнозированию, автоматизации рутинных задач и поддержке принятия обоснованных решений на основе данных. Однако успешное использование ИИ требует комплексного подхода, включая техническую и организационную адаптацию, обучение персонала и учет законодательных аспектов.

Внедрение ИИ-инструментов в реальную практику производства программного обеспечения идет согласно классификации теории «Диффузии инноваций» Эверетта Роджерса [10].

- сформированы категории с «инноваторами» и «ранними последователями». Начата формализация использования ИИ-инструментов (проектные команды выполняют корпоративный план по внедрению ИИ в разработку ПО, создают и используют централизованные корпоративные политики и \ или рекомендации);
- идет процесс формирования категории «раннее большинство». Многие команды заинтересованы в дальнейшем изучении ИИ-инструментов разными способами (НИОКР, индивидуальный\командный эксперимент и т.п.).

Применение искусственного интеллекта в управлении проектами представляет собой ключевой фактор для поддержания и укрепления конкурентных преимуществ российских IT-компаний на глобальном рынке. Адаптация к новым технологиям и интеграция ИИ в проектные процессы позволяет не только сократить затраты и повысить эффективность, но и стимулирует инновационное развитие и создание качественного и востребованного программного обеспечения.

Дальнейшие исследования в данной области могут быть направлены на изучение конкретных методик и инструментов ИИ, наиболее эффективных для различных типов проектов в IT-секторе. Важным направлением является также анализ барьеров и вызовов, связанных с организационной культурой и законодательством, а также разработка рекомендаций по их преодолению. Особое внимание следует уделить вопросам обучения и развития специалистов, способных работать с ИИ-технологиями в контексте управления проектами.

Заключение

В ходе проведенного исследования было подробно рассмотрено применение искусственного интеллекта

в управлении проектами по разработке программного обеспечения в российских IT-компаниях. Анализ существующих подходов и практик выявил важные тенденции, возможности и вызовы, с которыми сталкиваются организации при интеграции ИИ в свои проектные процессы. Основываясь на полученных данных, можно сделать вывод, что внедрение ИИ предлагает значительные преимущества для повышения производительности, эффективности и инновационного потенциала компаний. Однако для реализации этих преимуществ требуется преодоление ряда барьеров, связанных с техническими, организационными и культурными аспектами, а также с обеспечением соответствия законодательным требованиям.

Более глубокий анализ показывает, что успешное применение ИИ в управлении проектами требует не только внедрения передовых технологий, но и создания адаптивной среды, способствующей непрерывному обучению, экспериментированию и сотрудничеству. Ключевым фактором является развитие культуры инноваций и готовности к изменениям, что предполагает активное вовлечение всех участников проектного процесса и поддержку со стороны управленческой команды.

Сравнение с международным опытом демонстрирует, что российские IT-компании имеют потенциал для достижения высокого уровня компетенций в области применения ИИ в управлении проектами. Тем не менее, для реализации этого потенциала необходимо активное развитие инфраструктуры, поддержка научных исследований и образовательных программ, направленных на подготовку специалистов, способных работать с новыми технологиями.

В заключение, результаты исследования подчеркивают важность дальнейшего изучения и внедрения искусственного интеллекта в проектную деятельность российских IT-компаний. Это не только способствует улучшению конкретных показателей эффективности, но и открывает новые горизонты для инновационного развития отрасли в целом. Для достижения этих целей предприятиям необходимо сосредоточиться на разработке стратегий интеграции ИИ, которые учитывают уникальные характеристики российского IT-сектора, и на поиске эффективных путей преодоления существующих вызовов. Такой подход позволит полностью реализовать потенциал искусственного интеллекта как ключевого драйвера технологического прогресса и инновационного развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бородина Е.В. Использование искусственного интеллекта в управлении проектами. в книге: Международная молодежная научная школа-конференция «цифровая трансформация реального сектора экономики». Сборник тезисов докладов. Москва, 2021. С. 34–37.
2. Дроговоз П.А., Коренькова Д.А. Современный инструментальный гибкого управления IT-проектами и перспективы его совершенствования с использованием технологий искусственного интеллекта. Экономика и предпринимательство. 2019. № 10 (111). С. 829–833.
3. Макеева В.Г., Геокчакян А.Г. Стратегические аспекты использования искусственного интеллекта в современных методологиях управления национальными проектами и программами. В сборнике: Шаг в будущее: искусственный интеллект и цифровая экономика. Материалы 1-й Международной научно-практической конференции. Государственный университет управления. 2017. С. 185–192.
4. Михненко П.А. Динамическая модель управления изменениями проекта: актуальность технологий искусственного интеллекта. в сборнике: управленческие науки в современном мире. Сборник докладов X Международной научно-практической конференции. Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации. Санкт-Петербург, 2023. С. 109–113.
5. Пантелеева Т.А. Интеграция инструментов искусственного интеллекта в систему стратегического менеджмента агробизнеса. Продовольственная политика и безопасность. 2021. Т. 8. № 2. С. 145–166.
6. Пантелеева Т.А. Стратегические аспекты использования искусственного интеллекта в современных системах управления национальными проектами и программами развития АПК. Экономика и предпринимательство. 2019. № 5 (106). С. 121–125.
7. Сапин Н.Г. Автоматизация в управлении IT-проектами с использованием искусственного интеллекта. Интернаука. 2021. № 20-1 (196). С. 62–65.
8. Тумилевич Е.Н. Использование искусственного интеллекта в управлении проектами. Вестник Хабаровского государственного университета экономики и права. 2023. № 4 (114). С. 112–118.
9. Шедько Ю.Н., Власенко М.Н., Унижаев Н.В. Стратегическое управление проектами на основе использования искусственного интеллекта. Экономическая безопасность. 2021. Т. 4. № 3. С. 629–642.
10. Использование ИИ-инструментов в разработке ПО <https://habr.com/ru/articles/748846/>

© Кожевников Илья Сергеевич (is.kozhevnikov@gmail.com); Сиражитдинов Азамат Юлаевич (asirazhi@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСКАЗАНИЯ АБСОЛЮТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ И ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Нгуен Вьонг Ань

Академия ГПС МЧС России
vuonganh2709@gmail.com

NEURAL NETWORK MODEL FOR PREDICTING THE ABSOLUTE EFFECTIVENESS OF PREVENTIVE MEASURES AND SUPPORTING MANAGEMENT DECISIONS

Nguyen Vuong Anh

Summary. The article analyzes and evaluates the effectiveness of preventive measures using neural networks. The input data for training the neural network include information about fires collected in Vietnam, such as population, number of fires, number of deaths, and number of preventive measures. Based on these indicators, the effectiveness of the preventive measures is predicted. The results of the study play a fundamental role in the practices of the General Directorate of the Fire Service in the decision-making process to enhance fire safety in the provinces and cities of Vietnam. The construction of a model for predicting the effectiveness of fire prevention and extinguishment measures in Vietnam is based on a multilayer neural network. Decisions to ensure fire safety in the country can be made based on the forecast results. Efficiency of forecasting and fire risk values have been established for the provinces and cities in Vietnam. These indicators assist in developing models for optimally predicting the effectiveness of preventive measures. The results indicate the feasibility of predicting the absolute value of preventive work's effectiveness using quantitative and categorical variables. A relatively large forecasting error is linked, on one hand, to the necessity of considering a greater number of input parameters, and on the other hand, to the need to expand the data set for training the neural network. After refining the model, the obtained results enable the evaluation of the effectiveness of preventive measures for the provinces and cities in Vietnam.

Keywords: fire safety, preventive measures, neural network, management decision support, prediction model.

Введение

Вьетнам занимает площадь 331,212 км² и имеет население более 98 миллионов человек, что делает страну одной из самых густонаселённых (около 319 чел./км²). Территория Вьетнама разделена на 63 административные единицы провинциального уровня, включая 5 крупнейших централизованно управляемых городов с большим населением: Хошимин (9,5 миллиона человек), Ханой (8,8 миллиона человек), Хайфон (2,3 миллиона человек), Кантхо (1,5 миллиона человек) и Дананг (1,3 миллиона человек) [1].

Аннотация. В статье анализируется и оценивается эффективность профилактических мероприятий с использованием нейронных сетей. Входные данные для обучения нейронной сети включают информацию о пожарах, собранную во Вьетнаме: население, количество пожаров, число жертв, количество профилактических мероприятий. На основании этих данных прогнозируется эффективность профилактических мероприятий. Полученные результаты исследования служат фундаментом в практике Главного управления противопожарной службы при принятии решений по повышению пожарной безопасности в провинциях и городах Вьетнама. Разработка модели прогнозирования эффективности мер по предотвращению и тушению пожаров во Вьетнаме основана на многослойной нейронной сети. На основе результатов прогнозирования могут быть приняты решения по обеспечению пожарной безопасности в стране. Уровни эффективности прогнозирования и пожарных рисков определены для провинций и городов Вьетнама. Эти показатели помогают разрабатывать модели для оптимального прогнозирования эффективности профилактических мер. Результаты свидетельствуют о возможности прогнозирования абсолютного значения эффективности профилактической работы на основе количественных и категориальных переменных. Относительно большая ошибка прогноза связана, с одной стороны, с необходимостью учета большего количества входных параметров, с другой стороны — с необходимостью увеличения объема данных для обучения нейронной сети. После доработки модели полученные результаты позволяют оценить эффективность профилактических мероприятий для провинций и городов Вьетнама.

Ключевые слова: пожарная безопасность, профилактические мероприятия, нейронная сеть, поддержка принятия управленческих решений, модель предсказания.

Обеспечение пожарной безопасности во Вьетнаме — это одна из важнейших функций государства. Эту функцию выполняют органы исполнительной власти в соответствии с положениями Закона «О пожарной безопасности» № 27 от 2001 года и Закона «О внесении изменений и дополнений в ряд статей Закона о пожарной безопасности» № 40 от 2013 года Вьетнама [4].

Система обеспечения пожарной безопасности представляет собой комплекс технических решений, направленных на устранение и минимизацию рисков возникновения пожара, оперативное тушение в случае его

возникновения, предотвращение распространения огня и снижение ущерба для людей и имущества [9, 10, 15].

В настоящее время во Вьетнаме отсутствует метод оценки эффективности противопожарных мер. Кроме того, использование методов искусственного интеллекта для прогнозирования эффективности противопожарной защиты в России все еще сталкивается с множеством ограничений. Поэтому мы анализируем и оцениваем эффективность предотвращения пожаров во Вьетнаме, используя модели искусственного интеллекта для разработки решений по предотвращению пожаров [5–7].

Литературный обзор

В период с 2016 по 2021 год во Вьетнаме среднее количество пожаров превышало 3274, причём в городах было зарегистрировано 58,4 % случаев, а в сельской местности — 41,6 %. Прямой ущерб в среднем составлял 61,75 миллиона долларов, а число погибших — 89 человек в год. Общая характеристика пожарной обстановки во Вьетнаме представлена в таблице 1 [2,3]. Анализ пожарной обстановки показывает, что с 2010 по 2018 год во Вьетнаме наблюдалась тенденция к увеличению количества пожаров и их последствий, а затем — к снижению с 2019 по 2021 год [15]. При этом объём противопожарных мероприятий за эти годы особо не изменился, хотя в 2020 году их количество было наименьшим. В 2020 году также произошёл и сильно усилился всплеск пандемии COVID-19, что ограничило реализацию противопожарных мероприятий.

Таблица 1.

Количество пожаров и их последствия за период 2016–2021 гг. во Вьетнаме

Годы	Население млн чел.	Количество пожаров, ед.	Ущерб, млн долл.	Гибели при пожаре, чел.	Количество профилактических мер
2016	93,6	3006	64,9	98	1157196
2017	94,6	3794	87,5	99	1539074
2018	95,5	4047	70,2	97	1413302
2019	96,4	3790	72,7	85	1262179
2020	97,3	2764	43,2	75	305983
2021	98,5	2245	32,0	85	1307482
Среднее	95,9	3274	61,7	89	1164202

Профилактические мероприятия по пожарной безопасности — это деятельность, направленная на предотвращение возникновения пожара и минимизацию ущерба, причиненного пожаром. Она включает в себя проверки на наличие пожарных сигнализаций, контроль за частотой проведения этих проверок, пожарно-техническое обследование, проверку соблюдения противопо-

жарных норм и правил, обучение сотрудников правилам пожарной безопасности и инструктаж по применению средств тушения пожара [8]. В практике противопожарной отрасли Вьетнама уделяется всё большее внимание оценке эффективности противопожарных мер. Без такой оценки невозможно эффективное решение организационно-управленческих задач, направленных на снижение уровня пожарной опасности в стране. При оценке эффективности профилактических мер необходимо учитывать такие факторы, как численность населения, количество произошедших пожаров, число погибших людей и количество противопожарных проверок [11]. В данной статье рассматривается оценка эффективности профилактических мер во Вьетнаме с помощью обучения и использования нейронных сетей.

В предыдущей работе [12] методами статистического и дискриминационного анализа была оценена эффективность профилактических мероприятий в отношении снижения количества пожаров и жертв от них. Были выявлены ряд статистически значимых корреляций, в частности, между относительной безопасностью (отношение числа погибших на пожарах к населению) муниципального образования (МО) и его размерами, а также значимое снижение эффективности профилактических мероприятий с ростом численности населения. Одновременно, дальнейшее разделение МО на подклассы указывает на более высокую чувствительность эффективности профилактики к численности населения для подкласса тип 1 — городские районы областного центра, по сравнению с подклассом тип 11 — города и другие МО этого типа в области [11, 12]. Наконец, для таких специфических показателей, как гибель/профилактика и пожары/профилактика в зависимости от населения, было установлено наличие так называемых «тяжелых хвостов» («heavy tails»). Логарифмическая нормальность распределения в этих случаях является следствием существенной нелинейности процессов в задаче статистического описания многомерного пространства. Это характерно для сложных социально-экономических процессов. Следовательно, возникает необходимость увеличения размерности входных переменных для оценки эффективности профилактических мероприятий, что ограничивает возможности применения стандартных корреляционных или регрессивных моделей. Требуется учет специфики МО, численности населения и других параметров как качественного, так и количественного типа. Для решения этой задачи предполагается использовать классифицирующий искусственный интеллект на основе многослойных нейронных сетей обратного распространения, чему и посвящена предлагаемая работа [13].

Рассмотрим теперь результаты обучения нейронных сетей (НС) в разрезах выходного категориального пространства. В качестве примера возьмем одномерное

сечение гибель/профилактика и пожары/профилактика. Результаты представлены в таблице 2, где P обозначает вероятность правильного предсказания на тестовом наборе, K — число нейронов скрытого слоя, S — количество эпох обучения ($S = 100, 500$), x_1 — гибель/профилактика, x_2 — пожары/профилактика.

Таблица 2.

Модель анализирует одномерные сечения выходных переменных

K	P			
	S = 100		S = 500	
	x_1	x_2	x_1	x_2
64	0.571	0.678	0.607	0.615
128	0.590	0.566	0.703	0.556
256	0.681	0.652	0.818	0.708

Предсказания в одномерных сечениях категориального пространства в сечении гибель/профилактика слабо зависят от числа нейронов, если их количество превышает 64, при этом максимальная вероятность правильной классификации достигается уже при 500 эпохах и составляет 0.818. Надежность классификации в одномерном сечении категориального пространства пожары/профилактика ниже — 0.708, и при этом также слабо зависит от числа нейронов скрытого слоя ($K \geq 64$) и длительности обучения ($S \geq 500$).

Высокая надежность прогнозов в сечении профилактика/гибель, очевидно, связана с эффективным реализовыванием профилактических мероприятий во Вьетнаме, что приводит к снижению количества людей, погибших в результате пожаров. Кроме того, меньшая вероятность прогнозирования в сечении пожары/профилактика указывает на то, что количество пожаров уменьшается благодаря профилактике [14].

Материалы и методы

Представляет интерес не только классификация эффективности профилактических мероприятий, но и предсказание их абсолютных значений эффективности. Для решения этой задачи была разработана многослойная нейронная сеть, в которой в качестве входных переменных использовались ранее введенные количественные характеристики муниципальных образований (население) и категориальные (с учетом подклассов 1 и 11). Выходными переменными являлись относительная эффективность профилактических мероприятий — переменные x_1, x_2, x_3 , где x_1 — гибель/профилактика, x_2 — пожары/профилактика, x_3 — гибель/население.

Полносвязная нейронная сеть состояла из трех внутренних слоев с нулевым сдвигом и функцией активации гиперболический тангенс $\tanh(x)$. Выходной слой также использовал функцию активации $\tanh(x)$. В качестве

меры качества обучения использовалось среднеквадратичное отклонение.

$$W(z_i) = \sum_{i=0}^{Q-1} (y_i - z_i)^2, \tag{1}$$

где y_i — ожидаемый выход, z_i — реализованный выход, Q — количество выходных переменных.

Вариабельными параметрами являлись количество нейронов в слоях и число эпох обучения. База для обучения, размер пакета и доля данных, выделенных для валидации, были аналогичны ранее описанным. Обучение проводилось методом обратного распространения ошибки с использованием стохастической градиентной оптимизации. Схема нейронной сети представлена на рисунке 1.

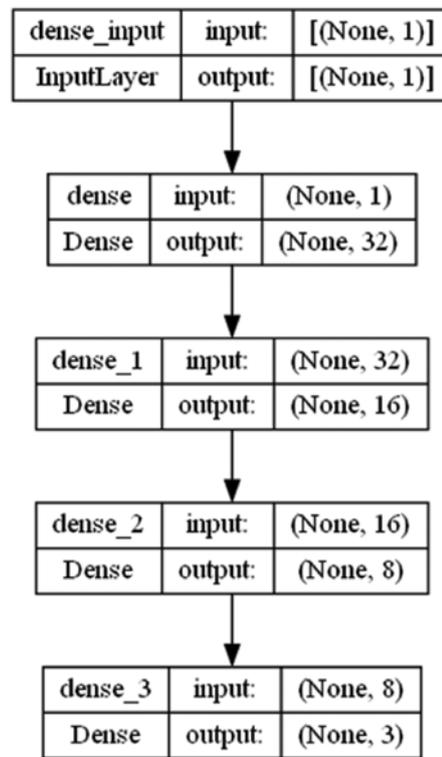
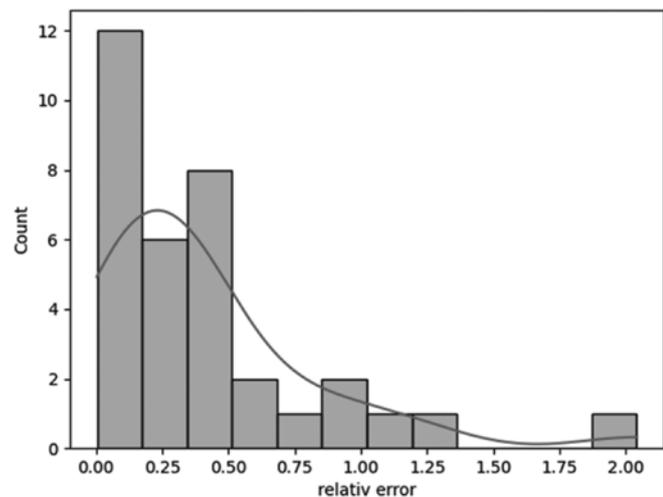


Рис. 1. Топология предсказывающей НС

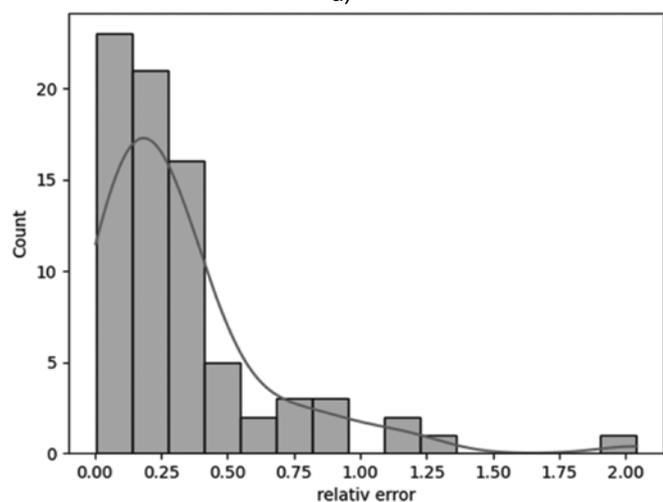
В процессе тестирования нейронной сети (НС) вычислялась относительная ошибка предсказания — величина $\frac{\Delta x_i}{x_i}$, где $\Delta x_i = |x_i - x_i^*|$ представляет собой разницу между истинным и предсказанным значениями одной из трех переменных x_1, x_2, x_3 . На рисунке 2 представлены гистограммы распределения относительной ошибки предсказания эффективности профилактической деятельности во Вьетнаме.

В таблице 3 представлены средние относительные ошибки предсказания абсолютной эффективности профилактики для параметров гибель/профилактика, пожары/профилактика и гибель/население при различных

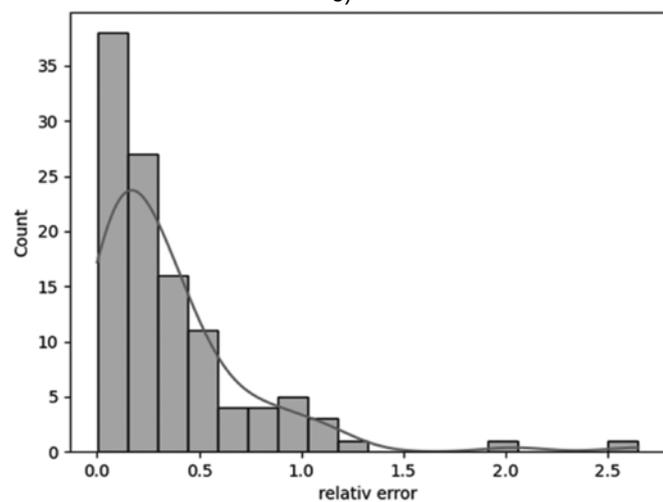
топологиях сети. Количество эпох обучения всегда составляло $S = 1000$.



а)



б)



в)

Рис. 2. Гистограммы распределения предсказаний абсолютной эффективности профилактики на тестовом наборе. Топология сети: 32, 16, 8. а — гибель/профилактика, б — пожары/профилактика, в — гибель/население

Таблица 3.

Средняя относительная ошибка предсказания абсолютных значений эффективности профилактики

K	x_1	x_2	x_3
8, 4, 2	0.60	0.49	0.50
16, 8, 4	0.41	0.35	0.48
32, 16, 8	0.404	0.324	0.355

Полученные результаты свидетельствуют о возможности прогнозирования абсолютного значения эффективности профилактической работы на основе количественных и категориальных переменных. Относительно большая ошибка прогноза связана, с одной стороны, с необходимостью учета большего числа входных параметров, с другой стороны, с необходимостью увеличения объема базы обучения нейронных сетей. Вместе с тем, необходимо отметить, что значительный вклад в среднюю ошибку предсказания вносят «хвосты» распределения — редкие события с низким значением предсказываемых величин. В то же время, более двух третей тестового набора имеют среднюю ошибку предсказания вдвое меньше, как показано на рис. 2. Дальнейшее увеличение размеров сети и количества эпох не приводит к существенным изменениям в результатах.

Результаты

Полученные результаты позволяют оценить эффективность профилактических мероприятий для муниципальных образований (МО) различных типов и населения, но для оптимизации профилактических мероприятий и поддержки принятия решений они могут быть не слишком удобны. Предлагаем реализовать другой алгоритм решения этого вопроса. Для этого создадим нейронную сеть, на входе которой будет категория МО (возможно, с учетом подкатегории МО), численность населения и удельная профилактика, то есть отношение численности профилактических мероприятий за предшествующий год к населению МО в текущем году. Переменные с соответствующими нормировками на максимальное значение обозначим как x и y . На выходе нейронной сети будут пожарные риски R_1 и R_2 — отношение числа пожаров к численности населения и отношение числа погибших в них к численности населения. Создадим многослойную нейронную сеть по аналогии с описанной в предшествующем разделе, с 5 (6) переменными на входе и 2 на выходе. Количество эпох обучения и число внутренних слоев являются настраиваемыми параметрами, мерой является среднее квадратическое отклонение между реализацией и обучающими примерами, а метод оптимизации — метод стохастических градиентов.

После обучения, сеть на данной базе предсказывает риски $R_{1,2} = F(x,y)$. Далее, полученная трехмерная зави-

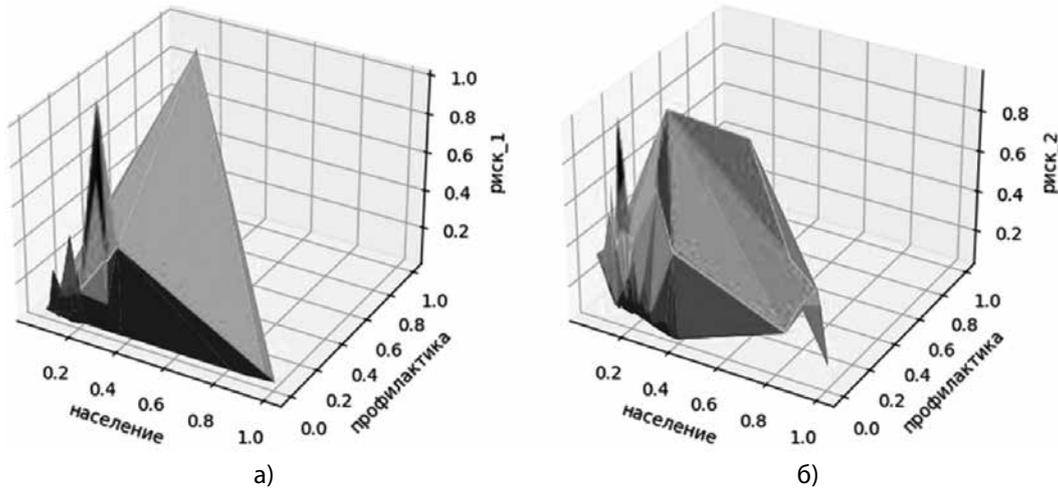


Рис. 3. Пожарные риски в зависимости от населения и удельной профилактики:
 а) пожары/население б) гибель/население

симость проектируется на плоскость (x,y) при условии $R_{1,2} < R_{ном}$, где $R_{ном}$ — нормативный риск [16, 17]. Полученная эмпирическая зависимость аппроксимируется методом наименьших квадратов с определением доверительного интервала для коэффициентов аппроксимации и F -критерия. Она связывает нормированную профилактику с типом МО и численностью населения с учетом типа МО, при условии, что полученные риски меньше нормативных. Для анализируемых регионов риски в зависимости от населения и нормированной профилактики представлены на рис. 3. Поверхности восстановлены на основе нейросетевого моделирования.

Оптимальная профилактика показана на рис. 4. Сводные данные и уравнения регрессии представлены в таблице 4.

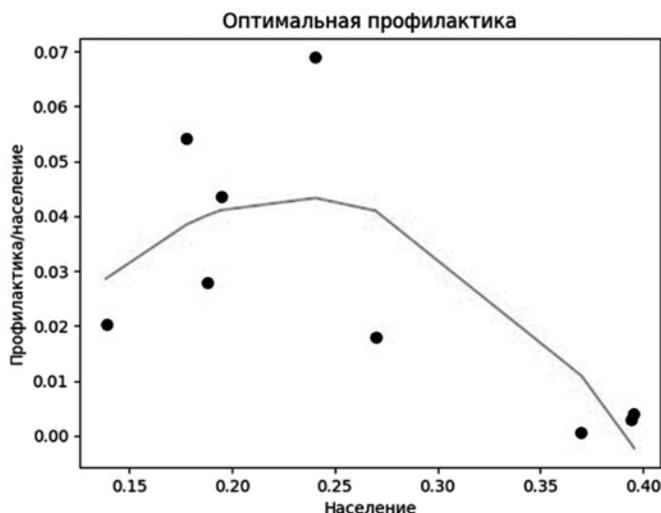


Рис. 4. Оптимальная профилактика в зависимости от населения. Нормативный риск $R_{ном}=0.1$ от максимального значения на обучающем наборе

Таблица 4.

Оптимальная профилактика в зависимости от населения

Зависимость	F	Нормировки			
		Нас.	Проф./Нас.	Пож./Нас.	Гиб./Нас.
$y=(0.78+0.57)x - (1.70+1.02)x^2$	4.761	200000	1.351	0.022	0.00050

Указаны F — критерий и нормировки. Нормативный риск $R_{ном}=0.1$.

Уровень значимости коэффициентов регрессии 0.98.

Обсуждение

Построение модели прогнозирования эффективности мер по предотвращению и тушению пожаров во Вьетнаме на основе многослойной нейронной сети [12] позволяет принимать решения, направленные на обеспечение пожарной безопасности в стране. В процессе исследования использовались методы анализа, синтеза, сравнения, математической статистики, а также методы искусственного интеллекта.

Значения эффективности прогнозирования и пожарных рисков установлены для провинций и городов Вьетнама. Эти показатели помогают строить модели для оптимального прогнозирования эффективности профилактических мер.

Использование методов многослойного обучения нейронных сетей для прогнозирования эффективности профилактических мер во Вьетнаме [13] демонстрирует результаты, которые будут применены в практике работы Главного Управления противопожарной службы Вьетнама для управления пожарными рисками и ресурсами, учитывая динамические и территориальные особенности пожарной опасности.

Результаты исследования свидетельствуют о возможности прогнозирования абсолютного значения эффективности профилактической работы на основе количественных и категориальных переменных. Относительно большая ошибка прогноза связана, с одной стороны, с необходимостью учета большего числа входных параметров, с другой стороны, с необходимостью увеличения объема данных для обучения нейронной сети. После доработки модели полученные результаты позволяют оценить эффективность профилактических мероприятий для провинций и городов Вьетнама [14].

Заключение

1. Полученные результаты способствуют повышению эффективности принятия управленческих решений. Действительно, вводя в обученную сеть тип муниципального образования (МО), как с учетом деления на подклассы, так и без него, можно оценить попадание в тот или иной класс по эффективности профилактической работы в трехмерном пространстве выходных параметров (гибель/

профилактика, пожары/профилактика, гибель/население), либо в любых одномерных или двумерных сечениях этого пространства.

2. Разработана модель нейронной сети, оценивающая эффективность профилактических мероприятий в пространстве гибель — пожары — население в зависимости от типа и подкласса МО, как с точки зрения классификации прогнозов, так и прогнозов абсолютной эффективности профилактики. Надежность классификации в трехмерном выходном пространстве составляет 0.950 при агрегировании в два класса.
3. Величину абсолютной эффективности профилактических мероприятий можно предсказать, используя обученную многослойную нейронную сеть (НС) с тремя скрытыми слоями по 32, 16 и 8 нейронов соответственно. Увеличение числа слоев и количества нейронов в них не приводит к снижению относительной ошибки предсказания, которая составляет 0.404, 0.324 и 0.355 в сечениях гибель/профилактика, пожары/профилактика, гибель/население соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отчёт Главного Статистического управления Вьетнама о социально-экономическом положении за 2010-2021 гг. Ханой, 2021. — 270 с.
2. Отчёт по противопожарной работе Главного Управления пожарной охраны и аварийно-спасательных служб МОБ Вьетнама за 2010-2021 гг. Ханой, 2022. — 125 с.
3. Дао А.Т. Анализ пожарной обстановки во Вьетнаме в 2001-2015 годах [Электронный ресурс] // Технологии техносферной безопасности [сайт]. 2016. Вып. № 5 (69). — 7с. Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-5/29-05-16.ttb.pdf> (дата обращения 10.05.2022).
4. Закона «О внесении изменений и дополнений в ряд статей Закона о пожарной безопасности» № 40 от 2013 г. Вьетнама, 2013. — 8 с.
5. Чупакова А.О., Гудин С.В. Проблемы управления пожарной безопасностью производственных объектов с использованием методов искусственного интеллекта [Электронный ресурс] // Технологии техносферной безопасности [сайт]. 2018. Вып. № 6 (82). — 7с. Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2018-6/03-06-18.ttb.pdf> (дата обращения 10.01.2024).
6. Топольский Н.Г., Бутузов С.Ю., Вилисов В.Я., Семиков В.Л. Нейросетевое моделирование эффективности реагирования на чрезвычайные ситуации в многоуровневой системе управления [Электронный ресурс] // Технологии техносферной безопасности [сайт]. 2021. Вып. № 2 (92). — 12с. Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2021-2/06-02-21.ttb.pdf> (дата обращения 10.01.2024).
7. Кадиев Ш.К., Хабибулин Р.Ш., Годлевский П.П., Семиков В.Л. Обзор исследований в области классификации для машинного обучения при разработке интеллектуальных систем поддержки принятия управленческих решений [Электронный ресурс] // Технологии техносферной безопасности [сайт]. 2020. Вып. № 3 (89). — 10с. Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2020-3/02-03-20.ttb.pdf> (дата обращения 10.01.2024).
8. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01-03).
9. Рязанов В.А., Соболев Н.Н., Семиков В.Л., Попков С.Ю., Клепко Е.А., Присяжнюк Н.Л., Орлова О.Н., Измаилов Р.А.-Х., Ломаева Т.А., Сидоркин В.А., Морозов В.И. Организация и управление в области обеспечения пожарной безопасности. Учебное пособие / М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. 392 с.
10. Брушлинский Н.Н., Соколов. С.В. Современные проблемы обеспечения пожарной безопасности в России. Монография. М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. 178 с.
11. Авдеенко А.М., Лахвицкий Г.Н., Нгуен Вьонг Ань, Сатин А.П., Бурлаченко К.Г. Некоторые особенности исследования многомерной базы пожаров с использованием инструментария кластерного анализа // Сборник материалов XVII Международная научно-практическая конференция «Пожарная и аварийная безопасность» Иваново, 2022 г. С. 4-8.
12. Нгуен Вьонг Ань, Авдеенко А.М. Реализации системы поддержки принятия решений на основе многослойных нейронных сетей обратного распространения // Сборник материалов XII Международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов «Проблемы техносферной безопасности — 2023». М.: Академия ГПС МЧС России, 2023. С. 159–163.
13. Нгуен Вьонг Ань. Методы искусственного интеллекта для прогнозирования эффективности профилактических мероприятий во Вьетнаме // Сборник материалов 32 Международной научно-практической конференции «Системы безопасности — 2023». М.: Академия ГПС МЧС России, 2023. С. 130–133.
14. Нгуен Вьонг Ань. Применение нейронных сетей обратного распространения для прогнозирования эффективности профилактических мероприятий по предотвращению пожаров в Социалистической Республике Вьетнам // Сборник материалов XV Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Робототехника и искусственный интеллект». М.: Сибирский федеральный университет, 2023. С. 109–113.
15. Чьонг, В.Х. Оценка пожарной опасности административно-территориальных единиц Вьетнама / В.Х. Чьонг, Н.Л. Присяжнюк // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. — 2022. — № 3. — С. 90–98. — DOI 10.25257/FE.2022.3.90-98. — EDN BMTWCT.
16. Куватов В.И., Колеров Д.А. Алгоритм интеллектуальной поддержки принятия решений при прогнозировании ущерба от пожаров // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». — 2022. — № 3. — С. 119–127.
17. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учеб. пособие для вузов. М., «Высшая школа», 1977.

© Нгуен Вьонг Ань (vuonganh2709@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИНТЕГРАЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ВИРТУАЛЬНУЮ РЕАЛЬНОСТЬ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СРЕД

INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO VIRTUAL REALITY TO CREATE PERSONALIZED EDUCATIONAL ENVIRONMENTS

A. Olkhovaya

Summary. The article is devoted to highlighting one of the directions of artificial intelligence system development based on machine learning to solve the problem of generalization in virtual reality systems used in educational technologies. The author proposes architectural modifications of artificial neural networks that can contribute to solving this problem, opening new perspectives for personalization and improving the effectiveness of learning in virtual learning environments.

Keywords: artificial intelligence, virtual reality, educational technology, artificial neural network, integration of two technologies.

Ольховая Анастасия Михайловна
Аспирант, ГАОУ ВО «Московский городской
педагогический университет»
nas-tya92@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена освещению одного из направлений развития системы искусственного интеллекта на основе машинного обучения для решения проблемы обобщения в системах виртуальной реальности, применяемых в образовательных технологиях. Автор предлагает архитектурные модификации искусственных нейронных сетей, которые могут способствовать решению этой проблемы, открывая новые перспективы для персонализации и повышения эффективности обучения в виртуальных учебных средах.

Ключевые слова: искусственный интеллект, виртуальная реальность, образовательные технологии, искусственная нейронная сеть, интеграция двух технологий.

Введение

Как известно, оптимальное управление объектом невозможно без применения результатов его оценивания и идентификации как объекта регулирования. Отсутствие априорной информации об объекте управления обуславливает необходимость его моделирования и идентификации полученной модели. С другой стороны, трансформация современных концепций обучения подразумевает широкое использование персонализированных и дистанционных (Blackboard, Moodle и др.) образовательных платформ, эффективность обучения в которых определяется, в том числе, достоверностью воссоздаваемых учебных ситуаций и сценариев относительно реалий предметной области.

Наблюдать, регистрировать или говоря техническим языком, проводить натурные эксперименты с реальными объектами порой затратно, а в ряде случаев — невозможно, т.к. существует множество объектов или процессов однократного (уникального) действия. Фактически, виртуальные лаборатории, равно как и простейшие тренажеры моделируют окружающую действительность для того, чтобы обучающийся идентифицировал ее своим «естественным интеллектом» в части профессионального предназначения, как это делается в теории идентификации систем. И обобщенная роль искусственного интеллекта в виртуальной реальности заключается в максимизации числовых по-

казателей подобия учебных сценариев — окружающей действительности.

Дополнительное преимущество использования моделей и алгоритмов искусственного интеллекта заключается в возможности идентификации профиля обучающегося на основе примеров и контрпримеров его познавательного процесса. Иными словами, появляется возможность адаптивного представления учебного материала в зависимости от распознанного «состояния ученика».

1. Проблема машинного обучения в виртуальных учебных средах

На острие современного искусственного интеллекта находится технология машинного обучения, а на ней — модели и алгоритмы глубокого обучения многослойных (сверточных) нейронных сетей прямого распространения.

Абстрагируясь от конкретного типа виртуального инструмента в образовательной программе, будь то:

- 3D тренажер каких-то механических манипуляций в реальном времени или
- тест-ситуативные задания по управления многопараметрическими объектами в отложенном временном режиме, можно утверждать, что в результате параметризации любого учебного сценария



Рис. 1. Обобщенная последовательность этапов обучения человека в VR-среде с использованием моделей и алгоритмов машинного обучения

синтез описания предметной области для обучающегося с использованием нейросетевых технологий включает приблизительно одну и ту же последовательность операций (рисунок 1).

Именно на заключительном 4-м этапе иллюстрированной последовательности раскрывается потенциал искусственных нейронных сетей, которые реализуют функцию распознавания вектора Y параметров транслируемой виртуальной реальности по конкатенированному вектору X ретроспективных данных реакций, действий, особенностей обучающегося.

Применение любой нейронной сети по назначению возможно только после ее верифицированного обучения, и алгоритмы машинного обучения информационно-емких сетей требуют больших датасетов.

Проблема заключается в том, что реакция обучающегося или его когнитивные особенности могут отсутствовать как примеры в обучающей выборке, при этом нейросети необходимо в режиме Real-Time сформировать решение.

Настоящая статья посвящена освещению одного из направлений развития системы искусственного интеллекта на основе машинного обучения для решения проблемы вышеописанного типа.

2. Машинное обучение — как многомерная нелинейная интерполяция в пространстве параметров виртуальной учебной среды

Одно из свойств, которым обязательно должен обладать сильный искусственный интеллект — это способность к обобщению. Данным свойством, в основе которого лежат принципы математической интерполяции потенциально могут обладать системы искусственного интеллекта на основе машинного обучения [2].

В основе функционирования обученной многослойной нейронной сети лежит известна теорема о представлении функций множества переменных суперпозицией функций одной переменной. С другой стороны, в теории интерполяции (как частном случае аппроксимации) ищется принадлежащий ограниченному классу функций полином $P(x)$. Значения данного полинома должны в заданных точках совпадать со значениями другой непрерывной функции $f(x)$, которая, в свою очередь, принадлежит гораздо более широкому классу функций, $|P(x) - f(x)| \rightarrow 0$ [1]. Существует иерархия аппроксимационных понятий иллюстрированная рисунком 2.



Рис. 2. Интерполяция в узком смысле потенциально позволяет обеспечить обобщающую способность систем искусственного интеллекта на основе машинного обучения

В нашем случае $P(x)$ — это выходные сигналы обученной нейронной сети, формирующие параметрическое описание сцены виртуальной реальности, а $f(x)$ — характеристики окружающей действительности, которую воссоздает имитатор на основе искусственной нейронной сети.

Множество точек совпадения $P(x)$ и $f(x)$ — это и есть вариант параметризации примеров обучающей выборки.

Интерполяция, подразумевает, что, если искомая функция $y(x)$ задана обучающей выборкой в виде таблицы, т.е. в плане эксперимента на сетке $\{x_n, n = 0, 1, \dots\}$, в узлах которой известны значения $y_n = y(x_n)$, то задача

заключается в построении функции, восстанавливающей значения $y(x)$ в произвольной точке x . При этом мы должны требовать достаточно простого поведения $y(x)$: функция не должна иметь «всплесков» между соседними узлами. Математически это означает, что $y(x)$ должна иметь достаточное количество старших производных, не слишком больших по величине. Выберем систему линейно независимых функций $\{f_m(x), m = 0, 1, \dots\}$. Линейную комбинацию таких функций называют обобщенным многочленом $\Phi(x)$. Аппроксимация $y(x)$ обобщенным многочленом

$$y(x) \approx \Phi_N(x) \equiv \sum_{m=0}^N c_m f_m(x), \quad (1)$$

где c_m — коэффициенты, выбранные с условием, чтобы обобщенный многочлен $\Phi_N(x)$, содержащий $N+1$ коэффициент, точно передавал табулированные значения функции в $(N+1)$ -м узле

$$\sum_{m=0}^N c_m f_m(x) = y_n, \quad 0 \leq n \leq N. \quad (2)$$

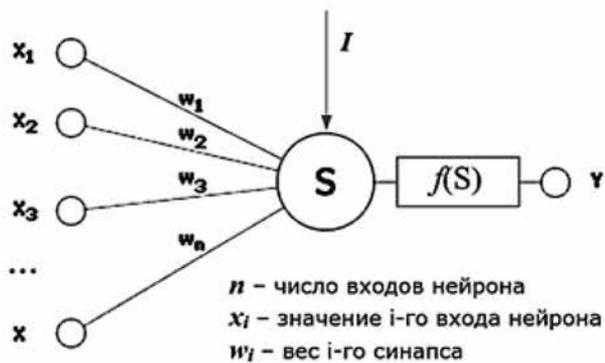
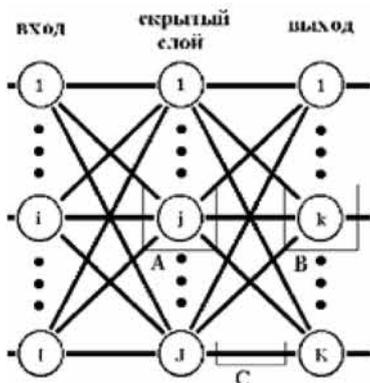
Такой способ приближения называется интерполяцией, и коэффициенты c_m находят из решения линейной системы (2). Для ее разрешимости необходимо, чтобы

$$\det[f_m(x_n)] \neq 0. \quad (3)$$

Однако условие (3) необязательно в случае нейросетевой аппроксимации в многослойной архитектуре *BProp* (рисунок 3).

Многомерная интерполяция вместо зависимости (2), оперирует не $f_m(x)$, а функциями $f_m(x_1, x_2, x_3, \dots, x_z)$ многих переменных в z -мерном пространстве многомерных кривых.

Равномерность, эквидистантность и однородность евклидова пространства не усложняют задачи, она остается тривиальной, как например в случае кусочно-постоянной и линейной интерполяции.



$$S = \sum_{i=1}^n x_i w_i - I$$

$$Y = f(S) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha S}}$$

$$f'(s) = \alpha f(S)(1 - f(S))$$

Рис. 3. Нейрон, благодаря линейно независимой системе нелинейных, дифференцируемых функций $f(S)$ потенциально реализует нелинейную одномерную интерполяцию

В рассматриваемом анализе представляет интерес интерполяция в узком смысле слова, которая подразумевает, что искомые значения функции $f_m(x_1, x_2, x_3, \dots, x_z)$ не совпадают с узлами и лежат в интервалах

$$\begin{bmatrix} [x_1^1, x_1^2] & [x_1^2, x_1^3] & \dots & [x_1^{i-1}, x_1^i] & \dots & [x_1^{N-1}, x_1^N] \\ [x_2^1, x_2^2] & [x_2^2, x_2^3] & \dots & [x_2^{i-1}, x_2^i] & \dots & [x_2^{N-1}, x_2^N] \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ [x_j^1, x_j^2] & [x_j^2, x_j^3] & \dots & [x_j^{i-1}, x_j^i] & \dots & [x_j^{N-1}, x_j^N] \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ [x_M^1, x_M^2] & [x_M^2, x_M^3] & \dots & [x_M^{i-1}, x_M^i] & \dots & [x_M^{N-1}, x_M^N] \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где $(N-1)$ — число интервалов между точками — данными каждой из M переменных.

Проблемы решения задачи многомерной интерполяции в узком смысле слова, возникают, когда

1. точки, соответствующие примерам обучающей выборки в многомерном пространстве признаков, отстоят друг от друга не равномерно;
2. аргументы искомой многомерной функции $f_m(x_1, x_2, x_3, \dots, x_z)$ не являются независимыми.

3. Обобщение через интерполяцию в системах искусственного интеллекта на основе машинного обучения

Под системой искусственного интеллекта подразумевается система распознавания на основе многослойных нейронных сетей, обладающая способностью обобщения реакции на входные образцы, отсутствующие в обучающих выборках.

Достоверность, как вероятность правильного распознавания у таких сетей, при неизменной сложности (т.е. неизменной топологии описания примеров в пространстве признаков) повышается за счет следующих факторов [4, 5]:

1. роста объема и статистической представительности обучающих выборок;
2. усложнения архитектуры сети.

В многослойных нейронных сетях прямого распространения функционал обобщения индуцируется подобно выработке прототипов, вследствие избыточности нейронов, значения откликов которых равномерно заполняют межинтервальное пространство (4).

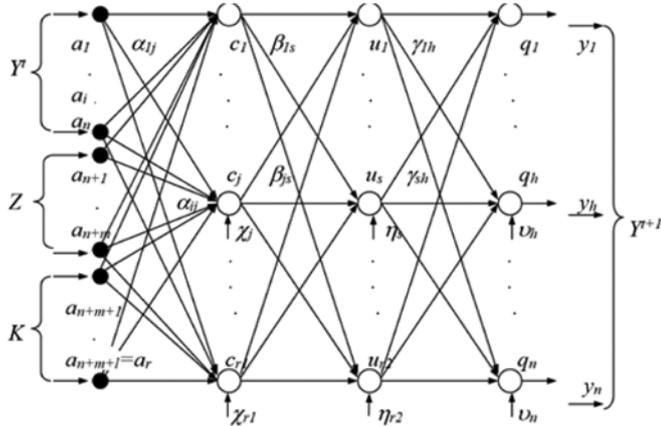


Рис. 4. Архитектура нейронной сети BPProp, за счет избыточности выходного слоя, которой реализуется технология многомерной нелинейной интерполяции, интерпретируемой как обобщение на межинтервальные примеры, не входящие в обучающую выборку

На рисунке 4 Y^r — вектор текущего состояния обучающегося, Z — вектор параметризации сцены виртуаль-

ной реальности, K — вектор возмущающих воздействий в генерации сцены, Y^{r+1} — вектор искомого прогнозного вектора состояния обучающегося.

Одномерная иллюстрация принципа нелинейной интерполяции изображена на рисунке 5 [4].

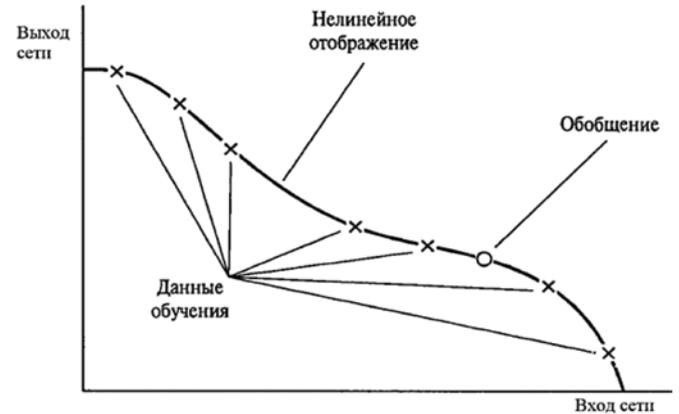


Рис. 5. Пример нелинейной интерполяции (обобщения в проекции 1D)

Принцип избыточности, применительно к многослойным сетям, иллюстрирован на рисунке 6.

Метод учета положения нейронов для обеспечения требуемой обобщающей способности нейронных сетей в системах виртуальной реальности реализуем во всех

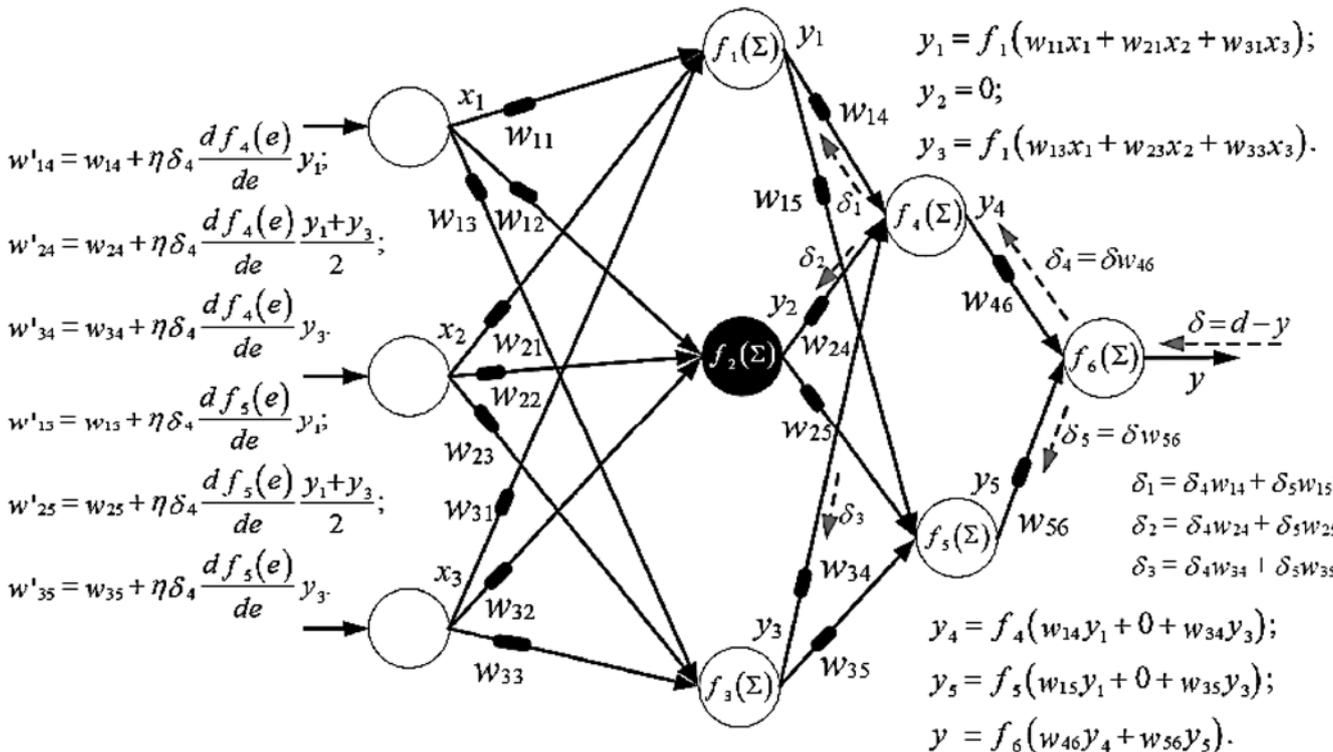


Рис. 6. Формирования эффекта обобщения в BPProp сетях за счет избыточности в количестве нейронов в скрытых слоях. В качестве функции, аргументами которой являются выходы топологически близких нейронов в слое — среднее арифметическое y_1 и y_2

архитектурах искусственных нейронных сетей, в которых существуют прямые сигнальные или латеральные связи между нейронами [3].

Заключение

Развитие прорывных технологий виртуальной реальности в сфере персонализированных образовательных сред сдерживается проблемами создания «сильного» искусственного интеллекта. Современные технологии глубокого обучения с переменным успехом решают про-

блему обобщения за счет гигантских датасетов и месяцев обучения, что является экстенсивным путем решения проблемы «сильного» искусственного интеллекта. Предложенное в настоящей статье направление, связанное с архитектурной модификацией искусственных нейронных сетей различных парадигм обучения, позволяют за счет реализации функционала обобщения распознавать образы, не входящие в обучающие выборки при реализации сценариев виртуальной реальности, что является краеугольным камнем в их дальнейшем развитии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Янович Л.А., Игнатенко М.В. Основы теории интерполирования функций матричных переменных. Минск: Белорусская наука. 2016. 281 с.
2. Попов Е.П. Прикладная теория процессов управления в нелинейных системах. М.: Наука. 2021. 584 с.
3. Назаров А.В., Бурлуцкий С.Г., Матасов Ю.Ф. Нейрометрический подход к решению проблемы интерполяции в системах искусственного интеллекта на основе технологий машинного обучения // Сб. докл. IV МНК «Аэрокосмическое приборостроение и эксплуатационные технологии», Ч.2. СПб, 2023. С. 72–77.
4. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. 2-е изд.: пер. с англ. М.: Вильямс, 2006. 1104 с.
5. Ponomareva L.A., Romashkova O.N. Training of specialists in on-board communication systems. // В сборнике: 2020 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications. 2020. С. 9078594.
6. Ольховая А.М. Возможности применения технологии виртуальной реальности для современных образовательных платформ // Сборник тезисов студенческой открытой конференции, Конференция: Лига Исследователей МГПУ, Москва, 21–25 ноября 2022 г. М.: МГПУ. С. 334–335.
7. Ольховая А.М. Задачи применения систем машинного обучения для образовательных платформ // Цифровое будущее: социальные и экономические проблемы, вызовы и возможности. Сборник статей Круглого стола ИОН РАНХиГС — М.: «КДУ», «Добросвет», 2024. — С. 291–297 — Текст: электронный. — URL: <https://bookonlime.ru/node/73071>

© Ольховая Анастасия Михайловна (nas-tya92@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИРКАЛУНАРНОГО И ЦИРКАТИДАЛЬНОГО БИОРИТМОВ МОРСКИХ ОРГАНИЗМОВ

MATHEMATICAL MODELLING OF CIRCALUNAR AND CIRCATIDAL BIORHYTHMS OF MARINE ORGANISMS

M. Perfiliev
A. Simakina

Summary. This work belongs to the fields of mathematical biology and hydrobiology and is devoted to mathematical modelling of the circalunar and circatidal biorhythms of marine organisms. In the course of the work, the mathematical apparatus of differential and recurrent equations was used, and the concepts of physical kinetic and potential energies were generalized for the case of biological rhythms. Taking into account high stability of the lunar-monthly and lunar-daily rhythms (due to astronomical accuracy of the Moon's motion), an analogue of the virial theorem for the considered biorhythms has been formulated here.

Keywords: circalunar rhythm, circatidal rhythm, differential equation, recurrence equation, addition of oscillations, virial theorem.

Перфильев Михаил Сергеевич

Научный сотрудник, Восточно-сибирский филиал
Всероссийского научно-исследовательского института
физико-технических и радиотехнических измерений,
г. Иркутск

perfmihserg18011985@mail.ru

Симакина Александра Андреевна

Иркутский государственный медицинский университет
aleksandrasimackina@yandex.ru

Аннотация. Данная работа относится к областям математической биологии и гидробиологии и посвящена математическому моделированию циркалунарного и циркатидального биоритмов морских организмов. В ходе работы использован математический аппарат дифференциальных и рекуррентных уравнений, а также произведено обобщение понятий физических кинетической и потенциальной энергий для случая биологических ритмов. С учетом высокой стабильности лунно-месячного и лунно-суточного ритмов (ввиду астрономической точности движения Луны) сформулирован аналог теоремы о вириале для рассматриваемых биоритмов.

Ключевые слова: циркалунарный ритм, циркатидальный ритм, дифференциальное уравнение, рекуррентное уравнение, сложение колебаний, теорема о вириале.

Введение

Биоритмами называют повторения интенсивности или скорости какого-либо физиологического процесса, которые наступают приблизительно через равные промежутки времени, то есть фактически являются автоколебаниями в биологических системах [1].

Биоритмы проявляются на всех уровнях организации живой природы, их формирование тесно связано с эволюционным процессом живых организмов [14]. Биологические ритмы помогают организму согласовать свою жизнедеятельность с условиями окружающей среды и могут быть классифицированы по источнику их происхождения, выполняемой ими функции, продолжительности их периода [3].

Любой биоритм имеет мезор — уровень некоторого среднего показателя, акрофазу \max (момент времени в рамках периода, когда отмечается максимальное значение показателя) и акрофазу \min (момент времени в периоде, в который отмечается минимальное значение показателя) [5].

Целью данной работы является математическое исследование биоритмов, связанных с гравитационным воздействием Луны, на живые организмы моря и при-

брежной территории. Эти типы ритмов являются достаточно точными, что позволяет использовать математические методы, предназначенные для описания гармонических колебаний. Также в работе предпринята попытка обобщить физическую теорему о вириале для случая колебательных процессов в биологии.

Подобного рода исследования очень актуальны для хронобиологии, гидробиологии и хрономедицины (учитывая возможное влияние лунных ритмов на здоровье человека [4], что до сих пор является предметом научных споров). В качестве методов в работе были использованы математический аппарат дифференциальных и рекуррентных уравнений и положения теоретической физики.

Моделирование лунно-месячного и лунно-суточного ритмов. Рассмотрим свободные одномерные гармонические колебания, происходящие вдоль оси x около положения равновесия. Такие колебания можно описать однородным дифференциальным уравнением второго порядка с постоянными коэффициентами

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} + w_0^2\xi = 0, \quad (1)$$

где ξ — смещение относительно положения равновесия в момент времени t .

Решение этого уравнения можно записать в форме

$$\xi = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \tag{2}$$

где A — амплитуда колебаний, φ_0 — начальная фаза колебаний, ω_0 — циклическая частота колебаний, которая определяется упругими свойствами системы независимо от ее физической природы. Амплитуда и начальная фаза колебаний определяются лишь начальными условиями, а между периодом колебаний T , частотой ν и циклической частотой ω_0 существует связь $T = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{\omega_0}$ [9].

Также подобного рода колебания можно описать неоднородным рекуррентным уравнением второго порядка с постоянными коэффициентами:

$$N_{n+2} - \alpha N_{n+1} + \beta N_n = \lambda, \tag{3}$$

где α, β, λ — некоторые положительные вещественные параметры, $n = 0; 1; 2; 3; 4 \dots$

При $\beta = 1$ и $\alpha < 2$ это уравнение имеет волновое решение:

$$N_n = \frac{\lambda}{2 - \alpha} + \sqrt{D_1^2 + D_2^2} \sin \left(n \cdot \arctg \frac{\sqrt{4 - \alpha^2}}{\alpha} + \arctg \frac{D_1}{D_2} \right), \tag{4}$$

где D_1, D_2 — некоторые константы, которые можно найти при помощи начальных условий $N_0 = \eta; N_1 = \zeta$ (т. е. решив систему, составленную из двух уравнений).

При этом циклическая частота синусоидальных колебаний величины N_n равна:

$$\omega = \arctg \frac{\sqrt{4 - \alpha^2}}{\alpha}, \text{ частота } \nu = \frac{1}{2\pi} \arctg \frac{\sqrt{4 - \alpha^2}}{\alpha}, \text{ период } T = \frac{2\pi}{\arctg \frac{\sqrt{4 - \alpha^2}}{\alpha}}, \text{ амплитуда } A = \sqrt{D_1^2 + D_2^2}, \text{ начальная фаза колебаний } \varphi_0 = \arctg \frac{D_1}{D_2} \text{ [10].}$$

Рассмотрим биоритмы, которые связаны с гравитационным влиянием Луны на морские организмы (световое влияние луны также имеет место, но проявляется значительно слабее).

Циркалунарный (лунно-месячный) ритм с периодом 29,53 суток соответствует периодичности изменения уровня морских приливов и проявляется в цикле размножения животных и растений моря, ритмичности вылупления насекомых в прибрежной зоне [13]. Решив численными методами уравнение для периода колебаний

$$\frac{2\pi}{\arctg \frac{\sqrt{4 - \alpha^2}}{\alpha}} = 29,53, \tag{5}$$

получим значение $\alpha \approx 1,955$. Соответствующее циркалунарному ритму рекуррентное уравнение имеет вид:

$$F_{n+2} - 1,955 F_{n+1} + F_n = \lambda, \tag{6}$$

где F — некоторая физиологическая функция организма.

Соответствующее этому ритму дифференциальное уравнение имеет форму:

$$\frac{d^2 f}{dt^2} + 0,0453 f = 0, \tag{7}$$

так как циклическая частота колебаний физиологической функции f равна:

$$\omega_0 = 0,2128 \frac{\text{радиан}}{\text{сутки}}.$$

Циркатидальный (лунно-суточный) ритм [11] имеет период 24,8 часа и проявляется в колебаниях активности морских организмов, распределении в тоще воды морских животных, открывании и закрывании створок моллюсков.

Решением уравнения для периода колебаний:

$$\frac{2\pi}{\arctg \frac{\sqrt{4 - \alpha^2}}{\alpha}} = 24,8 \tag{8}$$

является значение $\alpha \approx 1,936$. Тогда соответствующее циркатидальному ритму рекуррентное уравнение имеет форму:

$$F_{n+2} - 1,936 F_{n+1} + F_n = \lambda, \tag{9}$$

а дифференциальное уравнение имеет вид:

$$\frac{d^2 f}{dt^2} + 0,064 f = 0, \tag{10}$$

(частота колебаний некоторой физиологической функции f равна $\omega_0 = 0,253$ радиан/час).

Для согласования единиц измерения переведем циклическую частоту лунно-суточного ритма в $6,0805 \frac{\text{радиан}}{\text{сутки}}$. Пусть две одноименные физиологические функции f_1 и f_2 в соответствии с циркалунарным и циркатидальным ритмами колеблются по закону косинуса около своих средних значений S_1 и S_2 соответственно:

$$f_1 = S_1 + A_1 \cos(0,2128t),$$

$$f_2 = S_2 + A_2 \cos(6,0805t + \Delta\varphi), \quad (11)$$

где $\Delta\varphi$ — сдвиг фаз между этими колебаниями. Тогда по аналогии со сложением колебаний в физике [7] результирующая функция f запишется как:

$$f = S_1 + S_2 + A_1 \cos(0,2128t) + A_2 \cos(6,0805t + \Delta\varphi). \quad (12)$$

Движение луны подчинено астрономическим законам, поэтому связанные с лунной биоритмы являются достаточно точными. Поэтому в данном случае можно провести аналогию с колебаниями пружинного маятника. Роль коэффициента жесткости k пружины [6] играет упругость биологической системы, которую обозначим γ . Упругость системы является коэффициентом пропорциональности между оказываемым на нее воздействием и смещением некоторого показателя этой системы под влиянием этого воздействия. Роль массы m играет инертность системы, обозначим ее i (в классической физике масса определяет инертные свойства тела и является коэффициентом пропорциональности между действующей на тело силой и вызываемым ею ускорением [2]). Тогда по аналогии с физикой [8] можно записать аналоги кинетической энергии биологической колебательной системы:

$$K = \frac{1}{2} i \left(\frac{df}{dt} \right)^2 \quad (13)$$

и ее потенциальной энергии:

$$\Pi = \frac{\gamma f^2}{2}, \quad (14)$$

где f — отклонение некоторой физиологической функции от ее среднего значения.

По-видимому, для достаточно точных биоритмов можно использовать теорему о вириале, применяемую в различных разделах физики [12] для стабильной системы. Известно, что для гармонического осциллятора вириальная теорема записывается в форме:

$$\langle T \rangle = \langle U \rangle, \quad (15)$$

где $\langle T \rangle$ и $\langle U \rangle$ — средние полные кинетическая и потенциальная энергии системы соответственно [15]. В данном случае:

$$\left\langle \frac{1}{2} i \left(\frac{df}{dt} \right)^2 \right\rangle = \left\langle \frac{\gamma f^2}{2} \right\rangle. \quad (16)$$

Если записать функцию f как $f = A \cos(\omega t + \varphi_0)$, то получим равенство:

$$\begin{aligned} \left\langle \frac{i}{2} A^2 \omega^2 (\sin(\omega t + \varphi_0))^2 \right\rangle &= \\ &= \left\langle \frac{\gamma}{2} A^2 (\cos(\omega t + \varphi_0))^2 \right\rangle', \end{aligned} \quad (17)$$

где ω — циклическая частота циркалунарного либо циркадиального биоритмов.

Заключение

Таким образом, в данной работе проведено математическое моделирование лунно-месячного и лунно-суточного биоритмов морских организмов при помощи дифференциальных и рекуррентных уравнений. Предложены аналоги физических кинетической и потенциальной энергий для случая колебаний биологических параметров. Также в работе сформулирован аналог вириальной теоремы (применяемой в различных областях физики) для биоритмов, связанных с гравитационным воздействием Луны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агулова Л.П. Хронобиология: учебное пособие. — Томск: Томский государственный университет, 2013. — С. 13–14.
2. Денисов Ю.В., Клинических Н.А. Теоретическая механика: учебник. — Екатеринбург: УрФУ, 2013. — С. 210.
3. Детари Л., Карцаги В. Биоритмы: пер. с венг. Предисл. В.Б. Чернышева; Послесл. Ю.А. Романова. — Москва: Мир, 1984. С. 5–16.
4. Дубров А.П. Лунные ритмы у человека. — Москва: Медицина, 1990. — 160 с.
5. Ежов С.Н. Основные концепции биоритмологии // Вестник ТГЭУ. — 2008. — №2. — С. 104–121.
6. Иродов И.Е. Механика. Основные законы. — Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. — С. 47.
7. Кузнецов С.И. Колебания и волны. Геометрическая и волновая оптика: учебное пособие. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. — С. 17–23.
8. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Том I. Механика. — Москва: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1988. С. 78–80.
9. Малышев Л.Г., Повзнер А.А. Избранные главы курса физики. Колебания и волны: учебное пособие. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. — С. 4–7.
10. Перфильев М.С. Дискретная математическая модель гармонических популяционных волн с перекрытием двух поколений // Евразийский Союз Ученых. Серия: медицинские, биологические и химические науки. — 2023. — №2. — С. 27–31.
11. Путилов А.А. Камо грядеши, хронопсихология? // Журнал высшей нервной деятельности. — 2021. — №2. — С. 247.
12. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том I. Механика. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, Изд-во МФТИ, 2005. — С. 148–149.
13. Тимченко А.Н. Основы биоритмологии. — Харьков: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2012. — С. 123.
14. Чибисов С.М., Катинас Г.С., Рагульская М.В. Биоритмы и Космос: мониторинг космобиосферных связей. — Москва: Монография. — С. 14–15.
15. <https://www.mathpages.com/home/kmath572/kmath572.htm>

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ SIX SIGMA В УПРАВЛЕНИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ: АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

THE EFFECTIVENESS OF USING SIX SIGMA TECHNOLOGY IN BUSINESS PROCESS MANAGEMENT: ANALYSIS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

S. Potekhin

Summary. The purpose of the study is to determine the need to implement the Six Sigma methodology and the potential advantages of its use in the activities of the socio-economic system. The experience of using the methodology by Russian companies is reviewed and the results achieved are revealed.

Keywords: business process management, Six Sigma methodology, evaluation of the effectiveness of solutions, stages of methodology implementation, experience of Russian companies.

Потехин Сергей Александрович

аспирант, ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при президенте Российской Федерации», г. Москва
fspoint@gmail.com

Аннотация. Цель исследования — определить необходимость внедрения методологии Six Sigma и потенциальные преимущества ее использования в деятельности социально-экономической системы. Рассмотрен опыт использования методологии российскими компаниями и выявлены достигнутые результаты.

Ключевые слова: управление бизнес-процессами, методология Six Sigma, оценка эффективности решений, этапы внедрения методологии, опыт российских компаний.

Под технологиями в управлении бизнес-процессами подразумевается набор методов и инструментов, направленных на оптимизацию, контроль и автоматизацию бизнес-процессов в организации. Существует множество технологий в управлении бизнес-процессами, каждая из которых обладает своими отличительными особенностями. Выбор конкретного инструмента обусловлен ключевыми целями оптимизации, которые преследует компания.

В нашей статье мы стремимся к систематизации и анализу применения одной из технологий в управлении бизнес-процессами: Six Sigma.

Актуальность подготовки рекомендаций по внедрению данной методологии в управление-бизнес процессами обусловлена повышением качества продукции или предоставляемых услуг, снижением затрат на производство, а также оптимизацией взаимодействия между сотрудниками.

Для начала перейдем к определению, Six Sigma — это метод управления качеством, который позволяет провести оптимизацию бизнес процессов, а также устранить потенциальные недостатки в продукции или услугах компании. Данная методология основана на использовании статистического анализа данных.

В рамках Six Sigma необходимо для начала определиться со стандартом, на основе которого будут отме-

чаться те или иные недостатки. Ключевой целью данного метода служит снижение количества дефектов до определенного уровня, который соответствует эталону шести стандартных отклонений. Методология Six Sigma содержит несколько ключевых этапов, таких как DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), за счет которых компания может систематически анализировать данные, находить и классифицировать возможные причины проблем, принимать взвешенные решения, направленные на достижение конкретных целей, а также оптимизировать бизнес-процессы. Универсальность данного метода заключается в том, что практически отсутствуют ограничения применения в конкретных областях, а значит Six Sigma может быть использован разнообразными компаниями для повышения конкурентоспособности, а также уровня удовлетворенности клиентов.

Перейдем к рассмотрению истории появления методологии Six Sigma. Она была разработана компанией Motorola в 1980-х годах с целью оптимизации процессов производства и уменьшению дефектов. Основным принципом Six Sigma заключается в стремлении к статистической нулевой дефектности, то есть к уровню не более 3,4 дефектов на миллион возможностей.

С течением времени методология Six Sigma эволюционировала и стала шире применяться не только в производственной сфере, но и в других отраслях бизнеса. Были разработаны различные подходы и инструменты для улучшения качества продукции, оптимизации биз-

нес-процессов, сокращения затрат и повышения уровня удовлетворенности клиентов.

Одним из ключевых изменений стало расширение фокуса с управления качеством на общее управление бизнес-процессами и стратегическими целями компании. Теперь методология Six Sigma включает в себя не только статистические инструменты, но и стратегическое планирование, управление изменениями, лидерство и развитие персонала.

Six Sigma представляет из себя интегрированный подход к управлению бизнесом и помогает большому числу компаний достигать высоких результатов.

Рассмотрим ключевые этапы методологии Six Sigma:

Этап 1: Определение целей

На старте работы необходимо определить ключевые бизнес-цели, которые планируется достичь при помощи методологии. Например, снижение брака, улучшение качества продукции и увеличение уровня удовлетворенности клиентов

Этап 2: Обучение персонала и формирование команд
Важный этап проведение обучения и сертификация персонала по методологии Six Sigma, а также формирование отдельных команд, каждая из которых будет работать над отдельным этапом внедрения данного метода.

Этап 3: Внедрение инструментов Six Sigma

Применение статистических методов и инструментов методологии для анализа данных, выявления причин проблем, определения оптимальных решений и контроля процессов.

Этап 4: Оценка результатов

Постоянный мониторинг результатов, сопоставление их с поставленными целями, а также корректировка первоначальных гипотез при необходимости.

Этап 5: Масштабирование идей

При успешной реализации нескольких проектов можно продумать дальнейшее внедрение методологии Six Sigma на других проектах для оптимизации бизнес-процессов и повышения уровня удовлетворенности клиентов.

Благодаря улучшению процессов и минимизации потерь при применении метода Six Sigma у компаний появляется возможность сократить производственные издержки, снизить количество брака и повысить эффективность использования ресурсов.

Клиентоориентированный подход, который лежит в основе методологии позволяет компании максимально подробно изучить потребности клиентов, с целью доработки продукта до нужного уровня на основе принятия взвешенных решений.

Методология Six Sigma позволяет компании формировать культуру непрерывного улучшения, где каждый сотрудник постоянно стремится к оптимизации рабочих процессов, а также повышению качества.

Перейдем к рассмотрению опыта использования методологии Six Sigma российскими компаниями. «Газпром нефть» использует данный метод в рамках программы улучшения качества и эффективности бизнес-процессов на нефтегазовых объектах. Компания стремится повысить эффективность добычи природных ресурсов благодаря внедрению данной методологии.

Рассмотрим поподробнее, какие аспекты использования методологии Six Sigma могут использоваться данной компанией:

1. Оптимизация производства добычи нефти за счет использования методологии Six Sigma: улучшение процессов бурения, обработки и транспортировки сырья, сокращение времени простоя оборудования.
2. Улучшение качества продукции: Six Sigma может позволить «Газпром нефти» контролировать и улучшать качество нефтепродуктов, минимизировать дефекты и отклонения от стандартов, а также повышать удовлетворенность клиентов.
3. Снижение издержек: оптимизация бизнес-процессов и повышение рентабельности деятельности компании.
4. Управление рисками: Six Sigma позволит «Газпром нефти» проводить анализ рисков, прогнозировать возможные проблемы, разрабатывать стратегии и меры по их предотвращению.

Подводя итоги, можно сделать вывод о том, что внедрение методологии Six Sigma компанией «Газпром нефть» может способствовать повышению конкурентоспособности, улучшению операционной деятельности и достижению стратегических целей.

Еще одним успешным примером внедрения метода Six Sigma служит компания «Аэрофлот», которая успешно применила методологию оптимизации в своих бизнес-процессах в сфере авиаперевозок. Благодаря методологии Six Sigma компании удалось улучшить качество обслуживания пассажиров, сократить время обработки багажа, оптимизировать расходы на топливо и повысить безопасность полетов.

Примеры внедрения методологии Six Sigma в рассмотренных в статье компаниях позволяют сделать вы-

вод о применимости к российской реальности данной технологии оптимизации бизнес-процессов.

В нашей статье мы также хотим рассмотреть ряд ограничивающих факторов, которые необходимо учесть для успешного внедрения методологии:

1. Высокие затраты: Реализация Six Sigma требует значительных финансовых и временных затрат на обучение персонала, внедрение инструментов и новых технологий, а также на проведение проектов по оптимизации бизнес-процессов. Соответственно, можно сделать вывод о том, что небольшие компании или организации будут испытывать финансовые трудности при внедрении.
2. Сложность внедрения: Six Sigma — это многоступенчатая методология, которая требует глубокого понимания статистики, аналитики и управления проектами. Только наличие высококвалифицированных сотрудников позволит компании внедрить данный метод.
3. Доминирование фокуса на цифрах и статических данных смещает ориентир с человеческого фактора, что может привести к конфликтам между сотрудниками, снижению уровня трудовой мотивации, а также недостаточной вовлеченности.
4. Ограниченность применения: необходимо отметить наличие сфер и отраслей, в которых данная методология не применима, например, к следующим сферам: искусство, креативные индустрии, социальные организации. В подобных компаниях измерение результатов исключительно при помощи статистических значений мало эффективно. В данном случае рекомендуется прибегнуть к другим методологиям по оптимизации бизнес-процессов.
5. Методология Six Sigma может быть неэффективна в случае решения сложных проблем, требующих креативного подхода или инновационных решений, подразумевающих генерацию идей. Методология сконцентрирована на оптимизации существующих процессов, что может ограничить возможности для кардинальных изменений внутри компании.

В целом, несмотря на свои недостатки и ограничения, Six Sigma остается мощным инструментом для повышения качества продукции, улучшения бизнес-процессов и повышения производственной эффективности.

Изучение эффективности улучшения бизнес-процессов с помощью Six Sigma может быть осуществлено путем проведения анализа результатов внедрения методологии и измерения достигнутых показателей.

Перейдем к рассмотрению способов оценки эффективности оптимизации бизнес-процессов за счет использования методологии Six Sigma:

1. Измерение ключевых показателей производительности при помощи измерения и анализа данных — это один из основных принципов Six Sigma. После внедрения улучшений в бизнес-процессы необходимо оценить изменения в ключевых показателях производительности, таких как качество продукции, время выполнения задач и т.д. Сравнение показателей до и после внедрения Six Sigma позволит произвести оценку реального влияния методологии на бизнес-процессы компании.
2. Оценка экономической эффективности применения данной методологии, при котором необходимо просчитать ключевые финансовые показатели, например, коэффициент рентабельности инвестиций (ROI)
3. Мониторинг уровня удовлетворенности клиентов, которое оказывает большое влияние на оптимизацию различных процессов. Оценка эффективности методологии Six Sigma включает проведение опросов и фокус-групп среди клиентов, обработка обратной связи, формирование рейтинга удовлетворенности. Оценка уровня клиентоориентированности позволит оценить, насколько оптимизационные меры отразились на уровне клиентской лояльности.
4. Анализ эффективности проектов Six Sigma подразумевает проведение оценки каждого отдельного проекта, а не совокупности применяемых оптимизационных мер. Таким образом, можно будет точно выделить наиболее успешные кейсы в конкретном направлении, а также исправить ошибки и недочеты, которые необходимо учесть при внедрении Six Sigma в будущем.

В заключение хочется отметить, что изучение эффективности улучшения бизнес-процессов с помощью Six Sigma требует систематического подхода к сбору данных, анализу результатов и постоянной оценке достигнутых результатов. Важно помнить, что Six Sigma — это не просто инструмент для улучшения процессов, а целая методология управления качеством, которая требует постоянного контроля и модернизации.

Ключевым фактором успеха при использовании Six Sigma является правильное понимание его потенциала и грамотное внедрение в рамках конкретных проектов компании. Внедрение методологии Six Sigma может помочь компании достичь значительных улучшений в качестве продукции и услуг, снизить издержки, увеличить удовлетворенность клиентов и повысить свою конкурентоспособность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pyzdek, T., & Keller, P.A. (2019). *The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels (4th ed.)*. McGraw-Hill Education
2. Harry, M., & Schroeder, R. (2019). *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*. Crown Business.
3. Pande, P.S., Neuman, R.P., & Cavanagh, R.R. (2019). *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance*. McGraw-Hill Education.
4. George, M.L., & Rowlands, D. (2003). *What is Lean Six Sigma?* McGraw-Hill Education.
5. Niñerola A., Sánchez-Rebull M.V., Hernández-Lara A.B. Quality improvement in healthcare: Six Sigma systematic review //Health Policy. — 2020. — Т. 124. — №. 4. — С. 438–445.
6. Alzoubi H.M., In'airat M., Ahmed G. Investigating the impact of total quality management practices and Six Sigma processes to enhance the quality and reduce the cost of quality: the case of Dubai //International Journal of Business Excellence. — 2022. — Т. 27. — №. 1. — С. 94–109.

© Потехин Сергей Александрович (fpspoint@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СЕТЕВОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОСЛЕДНЕГО ОТСЕКА ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ В БЛОКЕ ПАРОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

MODELING THE OPERATION OF A HEATER OF HEATING SYSTEM WATER TO DETERMINE THE LAST SECTION OF A STEAM TURBINE IN A COMBINED CYCLE PLANT UNIT

**I. Safullin
P. Yakovlev**

Summary. The article presents a solution to the problem of releasing thermal energy using a heat exchanger in a scheme with a combined cycle gas installation. The method of solving the problem is mathematical modeling using the United Cycle software. The complex allows you to simulate thermal power facilities with high accuracy. Steam extraction from the last stage of the turbine has a small effect on the total generated electric power of the power unit. But at high selection values, the last stage begins to consume power.

Keywords: numerical simulation, combined cycle gas plant, steam turbine, heater of heating system water.

Сафиуллин Илья Рамильевич

Санкт-Петербургский горный университет
императрицы Екатерины II
ilyavg11@mail.ru

Яковлев Павел Викторович

Док. тех. наук, профессор, Санкт-Петербургский
горный университет императрицы Екатерины II
yakovlev_pv@pers.spmi.ru

Аннотация. В статье представлено решение проблемы отпуска тепловой энергии с использованием теплообменника в схеме с парогазовой установкой. Метод решения поставленной задачи заключается в математическом моделировании с использованием программного обеспечения «United Cycle». Комплекс позволяет моделировать теплоэнергетические объекты с высокой точностью. Отбор пара с последней ступени турбины оказывает небольшое влияние на общую вырабатываемую электрическую мощность энергоблока. Но при высоких значениях отбора последняя ступень начинает потреблять мощность.

Ключевые слова: численное моделирование, парогазовая установка, паровая турбина, сетевой подогреватель.

Повышение энергоэффективности один из ключевых параметров развития современной энергетики. В связи с этим возникает необходимость разработки и внедрения новых технологий и подходов, которые позволят снизить энергопотребление и повысить эффективность использования энергии. Применение парогазовых установок позволяет значительно повысить экономическую эффективность процессов выработки электроэнергии, но, одновременно, ставит множество вопросов в области снабжения тепловой энергией потребителей. Учитывая сезонную неравномерность потребления тепловой энергии, есть два основных способа решения проблемы: установка дополнительных водогрейных котлов или использование части пара, вырабатываемого ПГУ для нужд отопления и горячего водоснабжения [1].

Отбор пара из утилизационного котла с одновременным снижением установленной мощности паровой турбины целесообразен в условиях стабильного потребления теплового потока [2]. При работе ПГУ в связке с коммунальными потребителями, следует считаться с тем, что в летний период потребление тепловой энергии значительно уменьшается до уровня потребностей ГВС. Традиционно, вопрос решается применением водо-

грейных котлов во время отопительного периода, когда потребление тепловой энергии максимальное. Учитывая, что на ГВС требуется значительно меньшее количество тепловой энергии, а расход воды неравномерен в течение суток, поиск путей оптимизации тепловой схемы при переменных тепловых нагрузках становится актуальным.

Расчётная схема блока ПГУ состоит из газовой турбины, котла утилизатора и паровой турбины. Продукты сгорания от газовой турбины поступают в котел утилизатор. Поскольку коэффициент избытка воздуха после газовой турбины составляет порядка 1,2, температура теплоносителя повышается сжиганием дополнительного количества топлива. Природный газ поступает через форсунки, и тепло продуктов сгорания используется для генерации пара, который затем используется для вращения паровой турбины, производящей электричество [3].

Как видно из рис. 1 относительно небольшая тепловая мощность для коммунальных нужд (прежде всего в летний период) может быть получена либо прямым отбором пара из утилизационного котла, либо отбором пара из ступеней паровой турбины. В первом случае пар имеет избыточные параметры для коммунальных нужд, что потребует редуцирования пара и снизит к.п.д. паровой турбины в целом из-за снижения расхода пара

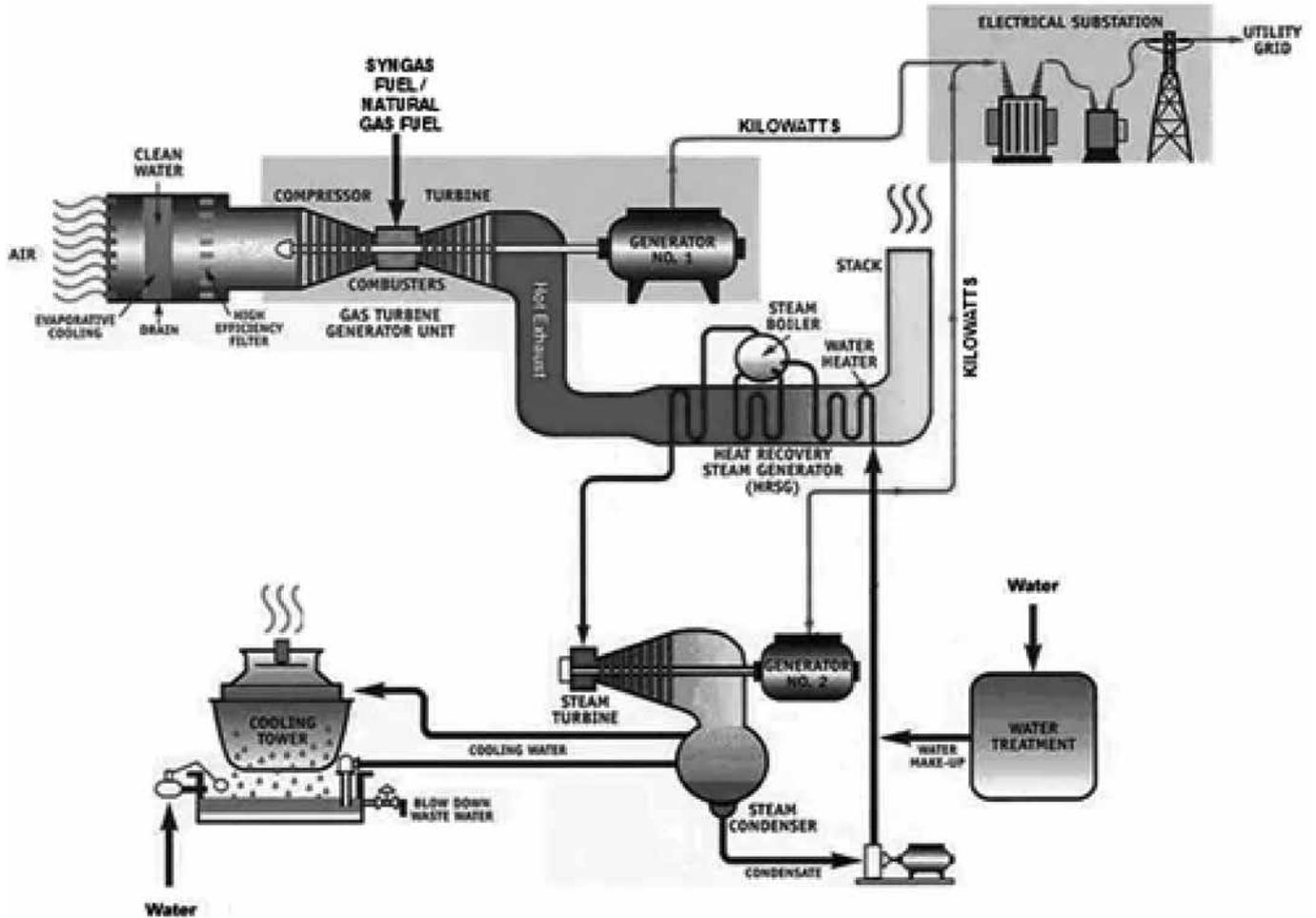


Рис. 1. Схема простейшей ПГУ утилизационного типа

в проточной части. Отбор пара перед последней ступенью снимает проблему параметров пара, но сохраняет вопрос эффективности турбины, прежде всего её последней ступени. Определение предельных отборов пара перед последней ступенью турбины и снижение мощности турбины при различных значениях отбора является целью настоящего исследования.

Основным методом решения поставленной задачи выбран метод математического моделирования с применением программного комплекса «United Cycle» [4], представленный на рис. 2, позволяющего моделировать различные виды теплоэнергетических объектов. Основные достоинства программы: использование численных и статистических методов для расчетов тепловых равновесий, большая библиотека энергетического оборудования.

В результатах моделирования работы теплообменника замечено: при теплофикационном режиме последние ступени паровой турбины работают некорректно, потребляя мощность. Управляя сетевым подогревателем, можно отрегулировать значение отборов расхода на подогреватель. В связи с этим необходимо также рассмотреть вопрос использования водогрейного котла

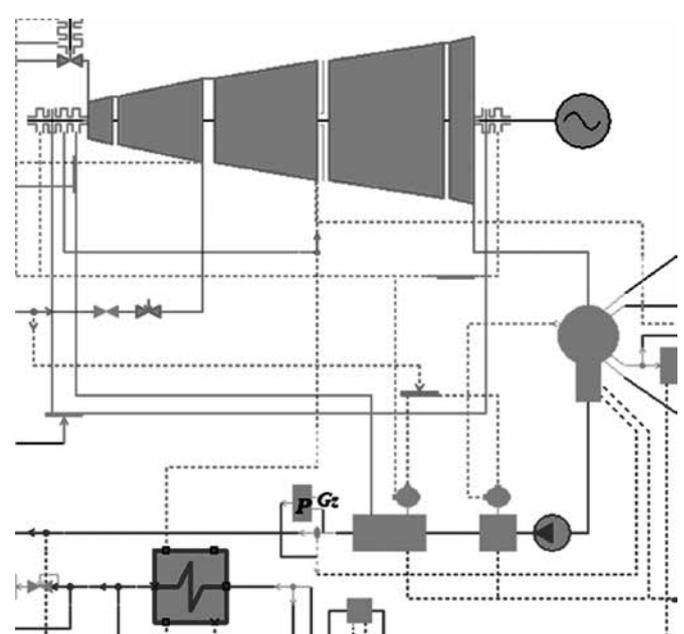


Рис. 2. Принципиальная тепловая схема

для подогрева сетевой воды, поскольку, отбирая пар на теплообменник, установка недопроизводит элект-

трическую энергию. Отобранный пар для подогрева воды при прохождении через дроссельный клапан теряет давление. Обнаружена возможность регулирования работы последней ступени турбины без потребления ею мощности путем изменения перепада давления в дроссельном клапане. Результат численного исследования, соответствующего расчетам, включающих выборку из 7 испытаний, в каждом из которых произведено более 3000 итераций, представлен в виде табл. 1.

Таблица 1.

Результаты моделирования

$\Delta P, \%$	N, МВт	Q, Гкал/ч	$\eta, \%$
1	28,28	72,45	-314,537
5	28,43	70,59	-202,266
10	28,86	68,16	-87,829
15	29,01	65,59	-10,289
20	29,5	62,89	53,25
25	30,06	60,02	75,514
30	30,68	56,97	80,895

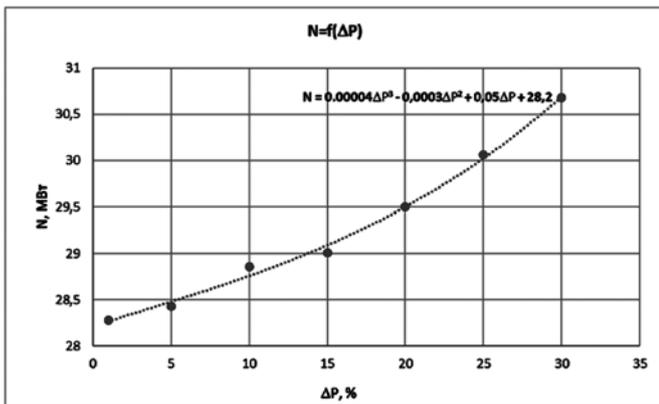


Рис. 3. Зависимость мощности от изменения давления

Изменение мощности при отборах пара имеет несколько более сложный характер, чем описываемый полученным уравнением, т.к. учитывается нелинейный характер изменения энтальпии пара, но для практических целей точность полученного уравнения можно считать удовлетворительной.

График на рис 4. имеет линейную зависимость. Для всех испытаний выбросы не обнаружены, соответственно — уравнение зависимости верно.

Как видно из графика на рис. 5 внутренний кпд последнего отсека турбины имеет квадратичную зависимость. Поскольку все точки графика лежат на одной прямой, уравнение подобрано корректно.

Анализ полученных результатов позволил выделить область допустимых отборов пара перед последней ступенью турбины. Отбор пара регулируется степенью открытия клапана, так как на работающей турбине нет надёжных способов прямого измерения к.п.д. отдельно

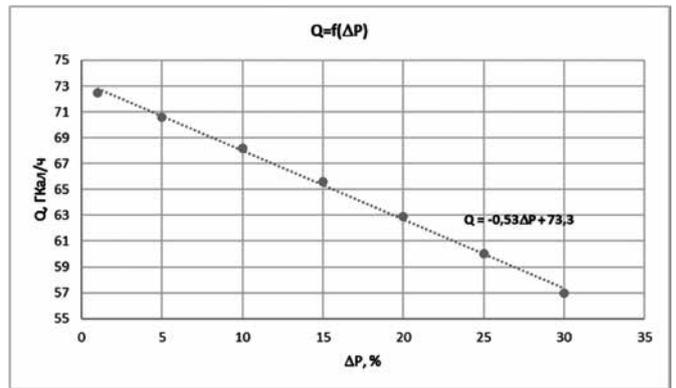


Рис. 4. Зависимость отпускаемой теплоты от изменения давления

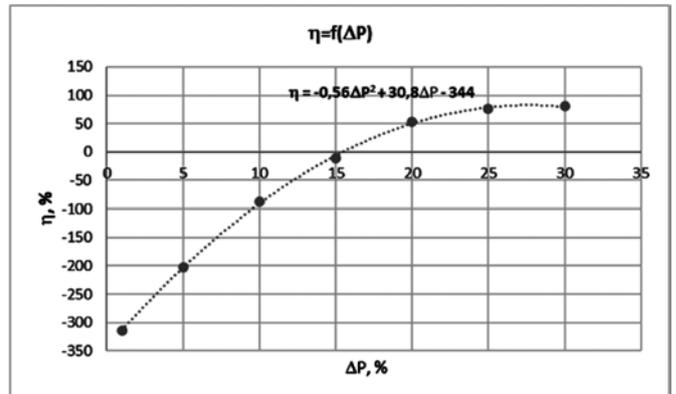


Рис. 5. Зависимость внутреннего кпд от изменения давления

взятой ступени, настройки системы автоматики должны быть выполнены на величину открытия клапана и основываться на полученных результатах моделирования работы энергоблока в целом. Так при открытии клапана, соответствующего потерям давления на клапане менее, чем 15 % к.п.д. ступени становится отрицательным, что можно считать предельным значением степени открытия клапана. При большем сопротивлении, соответствующем закрытию клапана на большую величину, мощность энергоблока падает (рис. 1), но последняя ступень турбины имеет положительный к.п.д. и энергия в меньшем объёме, но вырабатывается на этой ступени.

Выполненное исследование показало, что возможно решение проблемы обеспечения тепловой энергией от блока ПГУ при переменных тепловых нагрузках. Отбор пара из последней ступени турбины незначительно меняет электрическую мощность энергоблока в целом, но при больших значениях отбора возможна отрицательная мощность последней ступени, которая фактически не вырабатывает, а потребляет энергию. Эти предельные параметры будут индивидуальными для каждого энергоблока и тепловой схемы, поэтому работу предполагается продолжить для получения корректировочных графиков мощности энергоблоков и предельных параметров отбора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гариевский, М.В. Оценка эффективности использования ПГУ-ТЭЦ для регулирования графика электрических нагрузок с учетом износа оборудования / М.В. Гариевский // Энергобезопасность и энергосбережение. — 2022. — № 2. — С. 19–25. — DOI 10.18635/2071-2219-2022-2-19-25. — EDN UYDKVS.
2. Ercan E, Ozgener L. Performance analysis of combined cycle power plants: a case study. *Renew Sustain Energy Rev* 2015; 43:832–42.
3. Okoroigwe E, Madhlopa A. An integrated combined cycle system driven by a solar tower: a review. *Renew Sustain Energy Rev* 2016;57:337–50.
4. Romanov, S.N. Software «united cycle» for simulation of static operation modes of power plants / S.N. Romanov, A.G. Kutakhov, K.S. Romanov // The International Society for Optical Engineering : Proceedings of SPIE, St. Petersburg, 12 июня 2001 года — 17 июня 2002 года / sponsors: Russian Foundation for Fundamental Research, SPIE Russia Chapter; editors: A.I. Melker. Vol. 4627. — St. Petersburg: S P I E — International Society for Optical Engineering, 2002. — P. 306–309. — DOI 10.1117/12.456288. — EDN MQZINB.

© Сафиуллин Илья Рамильевич (ilyavg11@mail.ru); Яковлев Павел Викторович (yakovlev_pv@pers.spmi.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ГЕНЕРАЦИИ РЕГУЛЯРНЫХ ВЫРАЖЕНИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ ОБУЧЕНИЯ В НАПИСАНИИ ЗАГОЛОВКОВ ФУНКЦИЙ

DEVELOPMENT OF A REGULAR EXPRESSION GENERATION PROGRAM FOR LEARNING TASKS IN WRITING FUNCTION HEADERS

V. Sukhoverkhov
I. Gulyaev
I. Shabanova

Summary. This article discusses the methodology of developing a program for the automatic generation of tasks aimed at teaching students the skills of writing function headers using regular expressions. The function header is a key element of the program code that defines its interface and functionality. Regular expressions are a powerful tool for working with text, allowing you to find and analyze patterns. The program being developed in the article will create a variety of tasks for compiling function headers based on specified templates using regular expressions. This approach will allow students to practice understanding the syntax and structure of function headers, which will significantly increase their level of programming skills.

Keywords: program development, generation, regular expressions, function headers, training.

Суховерхов Владислав Вячеславович

Волгоградский государственный
технический университет
sukhoverhov.vladislav1804@gmail.com

Гуляев Иван Владимирович

Волгоградский государственный
технический университет
aioki@outlook.com

Шабанова Ирина Николаевна

Волгоградский государственный
технический университет
shabanovaira34@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассматривается методика разработки программы для автоматической генерации задач, направленных на обучение студентов навыкам написания заголовков функций с использованием регулярных выражений. Заголовок функции — ключевой элемент программного кода, определяющий её интерфейс и функциональность. Регулярные выражения представляют собой мощный инструмент для работы с текстом, позволяющий находить и анализировать шаблоны. Программа, разрабатываемая в статье, будет создавать разнообразные задачи по составлению заголовков функций на основе заданных шаблонов с использованием регулярных выражений. Этот подход позволит студентам практиковаться в понимании синтаксиса и структуры заголовков функций, что существенно повысит их уровень владения навыками программирования.

Ключевые слова: разработка программы, генерация, регулярные выражения, заголовки функций, обучение.

Вступление

Регулярные выражения играют важную роль в мире программирования, обеспечивая эффективные инструменты для обработки и анализа текстовых данных. Однако составление регулярных выражений может быть сложным и трудоемким процессом, особенно для новичков. В контексте образовательного процесса, где студенты изучают основы программирования, составление регулярных выражений вручную может представлять значительные трудности.

Ручное составление регулярных выражений сталкивается с рядом проблем. Во-первых, это сложный процесс, требующий глубокого понимания синтаксиса и правил составления выражений. Во-вторых, такой подход подразумевает ограниченную гибкость и недостаточную покрытость возможных вариантов. Кроме того, обновление и поддержка регулярных выражений, особенно при изменении требований к задачам, также может быть трудоемким и ошибочным процессом [2, 4, 9].

В данной статье мы представляем программу для генерации регулярных выражений, разработанную специально для использования преподавателями в образовательных целях. Эта программа предоставляет простое и эффективное решение для проверки ответов студентов по написанию прототипов функций. Вместо ручного составления выражений, преподаватели могут использовать эту программу для генерации разнообразных шаблонов, учитывающих различные типы параметров функций и варианты их расположения. Такой подход обеспечивает более точную и полную проверку ответов студентов, сокращает время, затрачиваемое на подготовку и обновление задач и упрощает процесс обучения.

Проблема ручного составления регулярных выражений

Регулярные выражения представляют собой мощный инструмент для работы с текстом, который позволяет выполнять поиск, анализ и манипуляции строками в текстовых данных. Они используются для определения ша-

блонов и правил, по которым производится поиск соответствий в тексте. Это позволяет эффективно извлекать информацию из текстовых файлов, в том числе и для автоматизации обработки данных. Однако, составление их вручную может стать затруднительным и трудоемким процессом, особенно для начинающих программистов. Вот некоторые проблемы, с которыми сталкиваются люди при ручном создании регулярных выражений [1, 3]:

1. сложность синтаксиса — регулярные выражения имеют свой собственный синтаксис, который может быть непривычным для новичков. Этот синтаксис включает в себя специальные символы и конструкции, которые нужно понимать и использовать правильно;
2. трудности в отладке — после написания регулярного выражения может потребоваться тщательная отладка, чтобы убедиться, что оно работает правильно. Ошибки в регулярных выражениях могут быть трудно обнаружить и исправить, особенно для тех, кто только начинает изучать их;
3. неоптимальность — некоторые регулярные выражения могут быть неоптимальными с точки зрения производительности, что может привести к медленной обработке текстовых данных или неправильным результатам.
4. ограниченная гибкость — ручное создание регулярных выражений ограничено возможностями программиста и его пониманием синтаксиса. Это может привести к узкому кругу вариантов проверки и обработки текста;
5. трудности в поддержке и обновлении — при изменении требований или появлении новых дан-

ных может потребоваться пересмотр регулярных выражений. Этот процесс может быть сложным и трудоемким, особенно при наличии большого количества регулярных выражений в проекте.

Методика генерации задач обучения

Для создания регулярного выражения, которое будет соответствовать прототипу функции, необходимо учитывать синтаксические правила языка программирования, а также возможные вариации форматов, которые могут встречаться в заголовках функций [5, 7].

Программа должна позволять составить прототип функции оперируя концептуальными типами данных без привязки к конкретному языку программирования (рис. 1).

Каждый прототип функции можно свести к единому формату, что в конечном итоге сводится к регулярному выражению, которое соответствует прототипу функции, шаблон которого несложно описать (рис. 2).

<code>^\s*</code> — начало строки с возможными пробелами в начале
<code>\b</code> (тип возвращаемого значения) <code>\b</code> — тип возвращаемого значения, заключённый в границы слова
<code>\s+</code> — один или более пробелов
<code>\b</code> (имя функции) <code>\b</code> — имя функции, заключённое в границы слова
<code>\s*</code> (— возможные пробелы, за которыми следует открывающая скобка
<code>(?: ...)?</code> — необязательная группа, содержащая

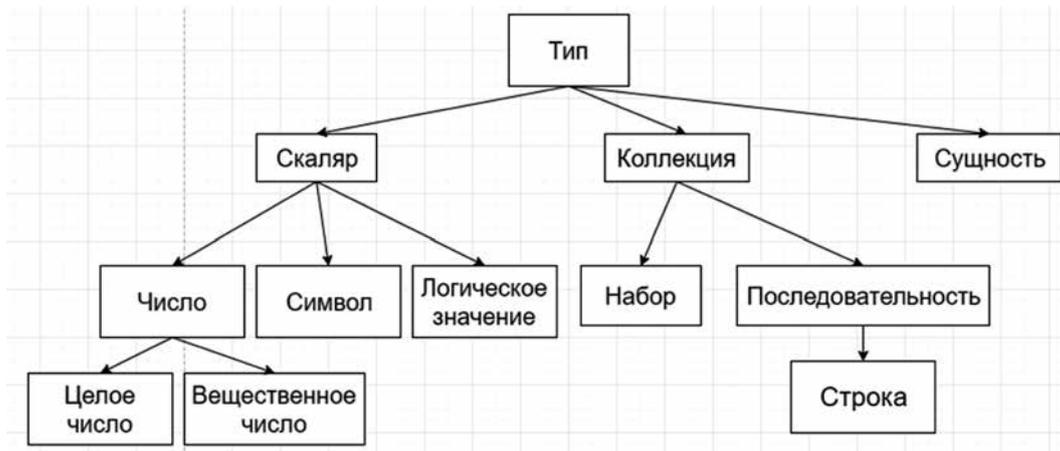


Рис. 1. Концептуальные типы данных

тип_возвращаемого_значения имя_функции(тип_параметра1 аргумент1, тип_параметра2 аргумент2, ...)



`^\s*\b(тип_возвращаемого_значения)\b\s+\b(имя_функции)\b\s*\(((?:\s*\b(тип_параметра) \b\s+\b(аргумент)\b\s*(?:,\s*\b(тип_параметра)\b\s+\b(аргумент)\b\s*)*)?)\s*;?$`

Рис. 2. Универсальное описание регулярного выражения

<code>\s*\b (тип параметра)\b\s+\b(аргумент)\b</code> — тип параметра и его имя, разделённые одним или более пробелами
<code>(?;\s*\b(тип параметра)\b\s+\b(аргумент)\b\s*)*</code> — необязательная последовательность параметров, разделённых запятыми
<code>?\)</code> — возможная закрывающая скобка
<code>\s*;\\$</code> — возможные пробелы, за которыми следует точка с запятой и/или конец строки

При составлении прототипа функции для генерации задач обучения необходимо учитывать, что порядок параметров в функции может быть произвольным. Это означает, что при проверке ответов студентов необходимо учитывать возможность передачи аргументов в любом порядке.

Кроме того, способы передачи аргументов в функцию могут различаться. Например, студенты могут передавать два или более параметров единым массивом, либо использовать единую структуру для передачи всех параметров. Это требует учета различных вариантов ответов при генерации регулярных выражений для проверки правильности написания заголовков функций.

Такой подход позволяет обеспечить более гибкую и адаптивную систему проверки, которая учитывает разнообразие способов передачи аргументов и не зависит от конкретного порядка параметров в функции.

Разработка программы для генерации задач

1. Генерация регулярных выражений

Программа должна содержать модуль для генерации регулярных выражений на основе заданных параметров функции [6,8]. Этот модуль может использовать различные алгоритмы и методы для создания разнообразных комбинаций параметров:

1. полный перебор — метод полного перебора позволяет создать все возможные комбинации параметров функции. Этот метод гарантирует, что будут рассмотрены все варианты, но может быть неэффективным при большом количестве параметров;
2. генерация случайных комбинаций — метод генерации случайных комбинаций параметров позволяет создать разнообразные наборы аргументов для функции. Это позволяет получить разнообразные тестовые наборы и проверить функцию на различных входных данных;
3. эвристические алгоритмы — использование эвристических алгоритмов для создания комбинаций параметров, основанных на определенных правилах или эвристиках. Например, можно определить некоторые паттерны или шаблоны для комбинирования параметров и использовать их при генерации;

4. генетические алгоритмы — генетические алгоритмы могут использоваться для эффективного поиска оптимальных или приближенных комбинаций параметров. Это позволяет создать комбинации, которые могут обеспечить лучшее покрытие различных случаев использования функции;
5. методы машинного обучения — использование методов машинного обучения для анализа и генерации комбинаций параметров на основе предоставленных данных о функции. Это может включать в себя обучение моделей на основе существующих примеров или использование методов кластеризации для определения различных групп параметров.

2. Графический интерфейс пользователя (GUI)

Для удобства использования программа может иметь GUI, позволяющий вводить параметры функции и получать соответствующие регулярные выражения.

3. Алгоритмический модуль для обработки регулярных выражений

Программа должна включать модуль для обработки и анализа сгенерированных регулярных выражений, чтобы убедиться, что они соответствуют требованиям задачи.

4. Поддержка различных типов параметров

Программа должна быть способной обрабатывать различные типы параметров функций, включая простые типы данных (например, целые числа, строки) и более сложные структуры данных (например, коллекции, структуры).

5. Модуль для отображения результатов

Программа должна предоставлять пользователю удобный способ просмотра сгенерированных регулярных выражений.

Эффективность программы в обучении студентов

Эффективность программы в обучении студентов зависит от нескольких факторов:

1. Понятность интерфейса:
 - графический интерфейс должен быть интуитивно понятным и удобным в использовании для студентов. Чем проще и понятнее интерфейс, тем легче студентам будет освоить программу.
2. Генерация разнообразных задач:
 - программа должна быть способна генерировать разнообразные задачи по написанию заголовков функций с использованием регулярных выражений

ний. Это поможет студентам получить опыт в работе с различными типами данных и структурами.

3. Подробные объяснения:
 - помимо генерации задач, программа может предоставлять подробные объяснения и комментарии к каждой задаче, помогая студентам понять, как правильно составить заголовок функции с учетом конкретного входного набора данных.
4. Возможность самостоятельной проверки:
 - хорошая программа должна предоставлять студентам возможность самостоятельно проверять свои ответы на задачи. Это позволяет им моментально узнавать свои ошибки и исправлять их.
5. Мотивационные элементы:
 - возможно, добавление игровых элементов или системы наград может сделать обучение более увлекательным и мотивирующим для студентов.
6. Отслеживание прогресса:
 - программа может вести отслеживание прогресса студентов, показывая им, какие задачи они уже выполнены, и какие имеются задачи в запасе. Это поможет студентам оценить свой прогресс и увидеть свои успехи.
7. Обратная связь:
 - важно предоставлять студентам обратную связь о том, где они допускают ошибки и как они могут их исправить. Это поможет им понять свои слабые места и сосредоточиться на их улучшении.

Эффективность программы в обучении студентов

Программа может быть эффективным инструментом для обучения студентов, обучающихся работе с регулярными выражениями и написанию заголовков функций. Вот несколько способов, как программа может быть полезной:

1. Практическое применение:
 - студенты могут использовать программу для практического изучения применения регулярных выражений в реальных задачах программирования.
2. Понимание структуры функций:
 - генерация заголовков функций с использованием регулярных выражений поможет студентам лучше понять структуру функций и правильное именование параметров.
3. Эксперименты с различными комбинациями:
 - студенты могут экспериментировать с различными комбинациями параметров функций и анализировать, как это влияет на структуру регулярных выражений.

Перспективы развития и дальнейшие исследования

1. Улучшение интерфейса:
 - развитие более интуитивного и информативного пользовательского интерфейса может улучшить опыт использования программы

2. Расширение функциональности:
 - добавление поддержки более широкого спектра типов данных и функций может сделать программу более гибкой и полезной для студентов.
3. Исследование методов обучения:
 - исследование эффективности программы в обучении и ее влияния на усвоение материала студентами может помочь определить оптимальные методы обучения.
4. Интеграция с образовательными платформами:
 - интеграция программы с существующими образовательными платформами может облегчить доступ студентов к обучающему материалу.
5. Расширение функциональности для продвинутых пользователей:
 - для более опытных пользователей можно добавить дополнительные функции и параметры, позволяющие им более глубоко изучать регулярные выражения и функциональное программирование.

Заключение

В заключение, разработанная программа представляет собой мощный инструмент для обучения студентов работе с регулярными выражениями и пониманию структуры заголовков функций [10]. Ее гибкость и функциональность делают ее идеальным инструментом как для начинающих программистов, так и для более опытных пользователей, желающих углубить свои знания в области регулярных выражений и функционального программирования.

В ходе разработки была реализована структура программы, включающая генерацию регулярных выражений, создание графического интерфейса пользователя (GUI) с использованием библиотеки PyQt, а также модуль для обработки регулярных выражений и отображения результатов. Использование архитектурного паттерна Стратегия позволило реализовать различные способы вычисления комбинаций параметров функций, что значительно повысило гибкость и расширило функциональность программы.

Эффективность программы в обучении студентов подтверждается ее способностью предоставлять студентам практический опыт работы с регулярными выражениями, а также понимание структуры и назначения заголовков функций. Перспективы развития программы включают в себя улучшение интерфейса, расширение функциональности, дальнейшие исследования методов обучения и интеграцию с образовательными платформами.

В целом, программа представляет собой важный инструмент для обучения и самостоятельного изучения темы регулярных выражений и функционального программирования, и ее развитие и совершенствование могут значительно способствовать улучшению качества образования в области программирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батура Т.В., Бакиева А.М. Методы и системы автоматического реферирования текстов //Новосибирск: ИПЦ НГУ. — 2019 — 59 с.
2. Волкова Г.А. Анализ методов выявления заимствований программного кода //Новые информационные технологии в автоматизированных системах. — 2011. — №. 14. — С. 10–21.
3. Гниденко И., Федоров Д., Павлов Ф. Технология разработки программного обеспечения //Учебное пособие для СПО. — Litres — 2017 — 219 с.
4. Душейко А.Ю. и др. Генерация лидов новостных текстов с помощью нейронной сети ruGPT-3: магистерская диссертация по направлению подготовки: 45.04.03-Фундаментальная и прикладная лингвистика. — 2022.
5. Канжелев С.Ю., Шальто А.А. Автоматическая генерация автоматного кода //Информационно-управляющие системы. — 2006. — №. 6. — С. 35–42.
6. Карпов М.Г. и др. Извлечение структурированной информации из текстов исковых заявлений //Математическое и информационное моделирование. — 2020. — С. 183–191.
7. Леонов Ф.В., Челпанов А.Д., Югансон А.Н. Программирование на языке Python для решения задач информационной безопасности. — 2021.
8. Пашков П.М., Печень О.А. Применение регулярных выражений для создания каталога интернет-магазина //Вестник НГУЭУ. — 2014. — №. 3. — С. 329–336.
9. Сизых Я. В. Электронная система адаптивного обучения: дис. — Сибирский федеральный университет, 2016.
10. Туракулова А.И. Возможности нового объектно-ориентированного языка программирования JavaScript //Современные информационные технологии и ИТ-образование. — 2015. — Т. 2. — №. 11. — С. 104–108.

© Суховерхов Владислав Вячеславович (suhoverhov.vladislav1804@gmail.com); Гуляев Иван Владимирович (aioki@outlook.com);
Шабанова Ирина Николаевна (shabanovaira34@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЦЕЛОСТНОСТИ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ¹

FORMULATION OF THE MACHINE LEARNING PROBLEM FOR THE INTEGRITY OF MINING EQUIPMENT MONITORING²

**N. Toichkin
N. Vinogradov**

Summary. The presented project is aimed at creating an information system for monitoring the integrity of mining equipment using machine learning methods. The study proposes a method for creating a synthetic training set by generating raster images of an object with its structure destroyed at different angles and incorporating white noise to simulate unpredictable conditions often present in the mining industry. This will help the model develop reliability and adaptability to various environmental factors that may affect the integrity of the equipment. By generating raster images of objects with varying degrees of structural failure from different angles, the model will learn to identify and analyze the integrity of mining equipment in real time. The project's goal is to transform the monitoring and control of mining equipment using advanced machine learning techniques, improving efficiency, productivity and safety in the industry.

Keywords: machine learning, model, neural network, mining equipment, information system, training set.

Тоичкин Николай Александрович

Кандидат технических наук, доцент, Мурманский
арктический университет, Анапиты, Россия
toichkin@list.ru

Виноградов Никита Константинович

Мурманский арктический университет,
Анапиты, Россия
nikitik.2001@mail.ru

Аннотация. Представленный проект направлен на создание информационной системы контроля целостности горнодобывающего оборудования с использованием методов машинного обучения. В исследовании предлагается метод создания синтетической обучающей выборки через генерацию растровых изображений объекта с разрушениями его структуры, под разными углами и включением белого шума для имитации непредсказуемых условий, часто присутствующих в горнодобывающей промышленности. Это поможет модели развить надежность и адаптивность к различным факторам окружающей среды, которые могут повлиять на целостность оборудования. Генерируя растровые изображения объектов с различной степенью разрушения конструкции под разными углами, модель научится выявлять и анализировать целостность горнодобывающего оборудования в режиме реального времени. Цель проекта — преобразовать мониторинг и управление горнодобывающим оборудованием с помощью передовых методов машинного обучения, повышая эффективность, производительность и безопасность в отрасли.

Ключевые слова: машинное обучение, модель, нейронная сеть, горнодобывающее оборудование, информационная система, обучающая выборка.

Введение

С первой половины XX века и по настоящее время добыча минералов открытым способом является одним из важных методов получения полезных ископаемых ряда стран, включая Россию. Для чего используется большое количество горной техники. Сильно изнашиваемой частью такой техники являются их рабочие органы, особенно такие их части как коронки рыхлителей, ножей отвалов, зубьев ковшей экскаваторов [1]. Недостаточно эффективное использование землеройной техники в значительной степени объясняется интенсивным изнашиванием рабочих деталей [2]. За время работы рабочие органы, в результате изнашивания, уменьшается на 25–35 % после чего они направляется

на утилизацию или на переплавку. При интенсивном использовании такой техники, срок службы наиболее подверженных риску поломки деталей, может составлять всего несколько часов.

Такие повреждения возможно быстро диагностировать при помощи видеофиксации, после чего сигнализировать водителю об отводе техники на ремонт. При этом вся полученная информация фиксируется в системах хранения для дальнейшего анализа и составления отчетов. Для реализации данного процесса необходимо построить информационную систему, использующую технологии машинного обучения для идентификации поломок.

¹ Исследование выполнено в рамках инициативной НИОКР «Проектирование информационной системы предиктивной диагностики горнопромышленного оборудования предприятий Мурманской области с использованием моделей машинного обучения».

² The study was carried out within the framework of the initiative R&D «Design of an information system for predictive diagnostics of mining equipment at enterprises in the Murmansk region using machine learning models».

Обзор существующих решений

Для создания информационной системы, которая будет выявлять механические повреждения необходим метод детекции объектов.

В настоящее время существует несколько распространенных моделей, используемых для обнаружения объектов в видеопотоке. Каждая из этих моделей, включая Faster R-CNN, Mask R-CNN, RFCN, SSD, FPN, RetinaNet, CNN и YOLOv3, имеет свои сильные и слабые стороны, что делает их выбор зависимым от конкретной поставленной задачи [3].

Эти модели используют три основных подхода к обнаружению объектов:

1. Модели, использующие классическую технику скользящего окна при различных масштабах входного изображения. Этот метод предполагает перемещение окна по изображению разных размеров для идентификации объектов. Хотя этот подход прост, он может быть дорогостоящим в вычислительном отношении.
2. Двухэтапные методы очень точны, но могут ухудшить производительность. Эти методы состоят из двух этапов: на первом, сеть предложений регионов (RPN) сканирует изображение и определяет потенциальные области, где могут присутствовать объекты. Далее области интереса классифицируются для определения категории объекта. Хотя этот подход обеспечивает хорошую точность, он может быть медленнее по сравнению с другими методами.
3. Одношаговые методы объединяют локализацию и классификацию объектов в один этап. Хотя эти методы более быстрые и эффективные, их точность может немного снизиться по сравнению с двухэтапными методами.

Таким образом, выбор подходящей модели обнаружения объектов зависит от конкретных требований задачи. Для определения наиболее подходящей модели

для данного сценария следует учитывать такие факторы, как точность, скорость и вычислительные ресурсы.

Алгоритм Mask R-CNN, который был представлен в 2017 году как улучшение алгоритма Faster R-CNN, предлагает возможность сегментировать экземпляры объектов на изображениях, а не просто использоваться для обнаружения объектов, создавая ограничивающие рамки и классификации. Сегментация экземпляров — это метод компьютерного зрения, используемый специально для обнаружения объектов на уровне пикселей. Основные преимущества этой модели заключаются в том, что она проста в освоении, быстра и может применяться ко многим задачам машинного обучения, а минус в том, что она не отслеживает обнаруженные объекты [4].

Метод обнаружения объектов Виолы — Джонса был разработан для обнаружения лиц в реальном времени в изображениях. Этот метод сводит задачу обнаружения к задаче бинарной классификации в каждой точке изображения, то есть для каждой прямоугольной области изображения, снятой при всех видах сдвигов и масштабов, выдвигается гипотеза о наличии целевого объекта в заданном пространстве, при этом область тестируется с использованием предварительно обученного классификатора.

Данный метод использует прямоугольные признаки Хаара, значение которых рассчитывается как разность сумм интенсивностей пикселей участков изображения внутри соседних прямоугольников. Для эффективного расчета значения свойств, подобных Хаару, используется целостное изображение [5].

Постановка задачи контроля целостности горнодобывающего оборудования

В рамках представленной работы предлагается использовать архитектуру информационной системы, включающую следующие основные модули (рис. 1).

Ниже приведено описание основных модулей рассматриваемой архитектуры.

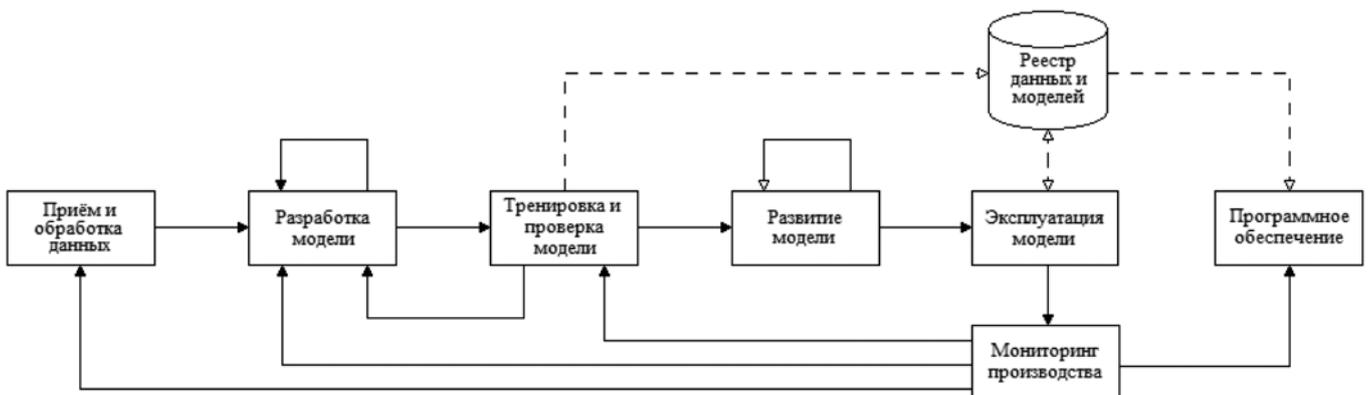


Рис. 1. Архитектура информационной системы контроля целостности горнодобывающего оборудования

Приём и обработка данных. Формирование новых или изменение имеющихся данных, необходимых для обучения модели. Для имплементации моделей машинного обучения, содержащих большое количество данных видеопотока, в производственный цикл, потребуются современные технологии обработки больших данных (Big Data) [6]. В качестве архитектуры предлагаем использовать архитектуру Карра, которая отлично подходит для обработки больших данных в режиме реального времени и потребляет меньше ресурсов в сравнении с другими архитектурами онлайн аналитики. В качестве конкретного решения можно применять фреймворк Apache Spark, который по сути является стандартом при работе с большими данными в режиме реального времени.

Разработка модели. Включает подготовку и разметку данных, выбор модели машинного обучения, подбор гиперпараметров модели, разбиение выборки на тестовую и обучающую части.

В качестве метода машинного обучения предполагается использоваться свёрточную нейронную сеть (CNN), которая относится к типу нейронных сетей, предназначенных для наиболее эффективного анализа двумерных и трёхмерных входных данных. Например, в качестве трёхмерного массива входных данных может служить RGB-изображение. Можно выделить следующие преимущества СНС относительно других нейросетей [7]:

- затраченное время значительно снизилось относительно перцептрона из-за меньшего числа параметров, требующих настройки;
- более высокий уровень определения деталей на входном изображении в силу применения множества карт признаков на одном слое;
- возможность использовать низкоуровневые признаки для формирования высокоуровневых в области одного класса с применением ядер свёртки относительно малого размера.

Тренировка и проверка модели. Обучение модели будет производиться на синтетических данных [8], т.к. получение реальных данных по поломкам горной техники, затруднительно. Такие данные, являются искусственными, они имитируют наблюдения реального мира, и будут использованы для обучения модели. Эта синтетическая обучающая выборка будет использоваться для обучения модели машинного обучения точному обнаружению и классификации различных типов повреждений, которые могут возникнуть в горнодобывающем оборудовании. В качестве примера работы системы поставлена цель распознать зашумлённые зубья ковша экскаватора (рис. 2).

Для генерации синтетической обучающей выборки потребуется разработка программного скрипта, с ис-

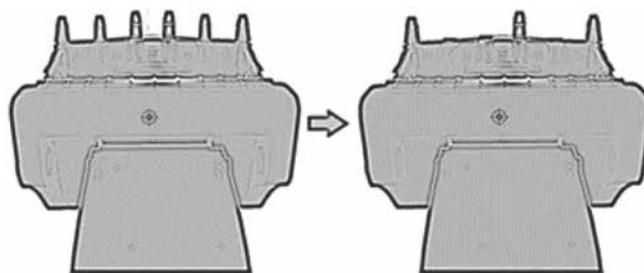


Рис. 2. Пример шаблона данных для обучения

пользованием языка программирования Python. Скрипт будет использоваться для создания растровых изображений ковша с поломками на основе шаблонов, разработанных в среде 3D моделирования Blender, к которым будет добавлен белый шум и артефакты, а также применяться повороты на разные углы.

После формирования обучающей выборки начнётся процесс обучения модели с помощью свёрточной нейронной сети. По окончании которого начнётся этап тестирования на той части сгенерированной выборки, которая не использовалась в процессе обучения модели. На этом этапе происходит проверка умеет ли модель обобщать, что является истинным свидетельством ее эффективности. В процессе проверки модели предполагается использовать следующие метрики:

- Loss — основана на истинно положительных (TP), истинно отрицательных (TN), ложно положительных (FP) и ложно отрицательных (FN) исходах.
- Accuracy — показывает количество положительных исходов класса к общему количеству исходов.
- Precision — показывает количество истинно положительных (TP) исходов из всего набора положительных исходов.

В результате, модель, обученная на синтетических данных, будет применяться в работе с реальными данными, полученными с видеокамер, установленных на горнодобывающей технике.

Заключение

Предлагаемая информационная система будет использовать возможности алгоритмов машинного обучения для непрерывного мониторинга состояния горнодобывающего оборудования, позволяя заранее обнаруживать потенциальные сбои или структурные проблемы. Предоставляя информацию в режиме реального времени, эта система поможет горнодобывающим компаниям оптимизировать графики технического обслуживания, сократить время простоев и обеспечить безопасность своей деятельности.

Внедрение предлагаемой информационной системы потребует минимальных изменений в конструкции существующего горнодобывающего оборудования.

В первую очередь это будет связано с установкой видеокамер для захвата изображения проверяемых объектов как днем, так и ночью. Основные расходы, связанные с этим проектом, будут включать приобретение и уста-

новку специализированных камер, а также расширение вычислительных возможностей и обучение нейронной сети для оценки состояний горнодобывающего оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болобов, В.И. Влияние вида горной породы на закономерности изнашивания коронки зуба ковша экскаватора / В.И. Болобов, Э.В. Ахмеров, И.В. Ракитин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — 2022. — № 6-2. — С. 189–204.
2. Дэлэг, Д. Возможность применения расчетной программы для исследования износа зубьев ковша экскаватора / Д. Дэлэг, Н. Пурэвдорж // Механика XXI века. — 2007. — № 6. — С. 38–40.
3. Гулицкий, А.А. Применение свёрточных нейронных сетей для задачи детектирования объектов в реальном времени / А.А. Гулицкий, Э.А. Чернявская // Компьютерные технологии и анализ данных (CTDA'2020): материалы II Международной научно-практической конференции, Минск, 23–24 апреля 2020 года. — Минск: Белорусский государственный университет, 2020. — С. 181–185.
4. He K. Et al. Mask r-cnn // Proceedings of the IEEE international conference on computer vision. — 2017. — С. 2961–2969
5. Training Viola-Jones Detectors for 3D Objects Based on Fully Synthetic Data for Use in Rescue Missions with UAV / S.A. Usilin, V.V. Arlazarov, N. S. Rokhlin [et al.] // Bulletin of the South Ural State University. Series: Mathematical Modelling, Programming and Computer Software. — 2020. — Vol. 13, No. 4. — P. 94–106.
6. Тихонов, А.А. Большие данные и глубокое машинное обучение в искусственных нейронных сетях / А.А. Тихонов // Наука и образование сегодня. — 2018. — № 6(29). — С. 35–38.
7. Загинайло, М.В. Свёрточные нейронные сети и алгоритмы для их обучения / М.В. Загинайло, В.А. Фатхи // Инновации. Наука. Образование. — 2021. — № 35. — С. 448–455.
8. Пчелинцев, С. Метод создания синтетических наборов данных для обучения нейросетевых моделей распознаванию объектов / С. Пчелинцев, М.А. Юляшков, О.А. Ковалева // Информационно-управляющие системы. — 2022. — № 3(118). — С. 9–19.

© Тоичкин Николай Александрович (toichkin@list.ru); Виноградов Никита Константинович (nikitik.2001@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВОСПИТАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ КОМАНДИРОВ УЧЕБНЫХ ГРУПП

FUNCTIONAL MODEL OF A SYSTEM FOR MANAGING THE EDUCATIONAL ACTIVITIES OF COMMANDERS OF TRAINING GROUPS

**T. Cherevatova
D. Smirnov**

Summary. The article attaches great importance to the competency-based approach in the education system, where, along with professional competencies, personal competencies are considered, which undoubtedly relates to the educational process, which is aimed at learning outcomes, communication, emotional intelligence management, creativity and critical thinking. The characteristics of the activities of the commanders of the training groups assigned to the cadets are given, the types of work performed are noted; requirements for training group commanders have been recorded; an analysis of the educational activities of training group commanders was carried out; problems of integrity and coordination of various structural units of the academy were identified, which makes it difficult to assess the educational activities of commanders. The tasks of the designed information system for training group commanders are shown; the functional set of the information system for managing and improving the educational activities of training group commanders is indicated; the use of IDEF0 and IDEF3 methodologies is proposed. Consideration of the subject area and its modeling was carried out with the support of the AllFusion ERwin Process Modeler CASE tool, which allows constructing models of different levels of detail. Basic functional models of the system have been developed. Based on the results obtained in developing a functional model of the system, an information system is being created to manage the educational activities of training group commanders. The development will be useful not only for military universities, but also other educational institutions with a little modification.

Keywords: competencies, management, cadet, educational activities, training group commander, information system, process, diagram, IDEF0, IDEF3.

Череватова Татьяна Федоровна

Кандидат экономических наук, доцент, ФГБВОУ ВО
«Академия гражданской защиты МЧС России
имени генерал-лейтенанта Д.И. Михайлика»
chtf@inbox.ru

Смирнов Дмитрий Александрович

Курсант, ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты
МЧС России имени генерал-лейтенанта Д.И. Михайлика»

Аннотация. В статье отводится большое значение компетентностному подходу в системе образования, где наряду с профессиональными компетенциями рассматриваются личностные компетенции, что, несомненно, относится к воспитательному процессу, который нацелен на результат обучения, коммуникативность, управление эмоциональным интеллектом, креативность и критичность мышления. Дана характеристика деятельности командиров учебных групп, закрепленных за курсантами, отмечены виды выполняемых работ; зафиксированы требования к командирам учебных групп; выполнен анализ воспитательной деятельности командиров учебных групп; выявлены проблемы целостности и координации различных структурных подразделений академии, что затрудняет оценку воспитательной деятельности командиров. Показаны задачи проектируемой информационной системы командиров учебных групп; обозначен функциональный набор информационной системы для управления и совершенствованием воспитательной деятельностью командиров учебных групп; предложено использование методологий IDEF0 и IDEF3. Рассмотрение предметной области и ее моделирование выполнено при поддержке CASE-средства AllFusion ERwin Process Modeler, позволяющих выполнить построение моделей разных уровней детализации. Разработаны основные функциональные модели системы. На основе полученных результатов разработки функциональной модели системы создается информационная система для управления воспитательной деятельностью командиров учебных групп. Разработка будет полезна не только для вузов военной направленности, а также других образовательных учреждений с небольшой доработкой.

Ключевые слова: компетенции, управление, курсант, воспитательная деятельность, командир учебной группы, информационная система, процесс, диаграмма, IDEF0, IDEF3.

Этап цифровой трансформации и интеграции, развитие нашего общества начинается с профессиональной подготовки специалистов «с применением новых образовательных технологий и методик, ориентированных на науку и современную технику» и охватывает все сферы деятельности человека, не исключение и область гражданской обороны и защиты населения [1–4].

В работе [5] большое значение уделено рассмотрению компетентностного подхода в системе образования, где автор наряду с профессиональными компетенциями подвергает рассмотрению личностных компетенций. Следует сказать, что за развитие личностных компетенций отвечают универсальные компетенции, закрепленные за определенными дисциплинами учебного плана по выбранной специальности.

Представляется целесообразным выделить, что группа личностных компетенций, отражает, прежде всего, индивидуальные особенности личности обучаемых, прекрасно встраивается не только в сам процесс основного обучения по специальности, но и в воспитательный процесс, который нацелен на результат обучения, коммуникативность, управление эмоциональным интеллектом, креативность и критичность мышления.

Ключевыми подразделениями, которые взаимодействуют с курсантами в ходе обучения и проведения мероприятий по воспитательной работе, являются командно-инженерный факультет и выпускающая кафедра по специальности.

Следует отметить, что кафедра передает часть прав и обязанностей по взаимодействию и воспитанию курсантов командирам — курсовым офицерам учебных групп. Курирование командирами учебных групп обеспечивает более точное взаимодействие с курсантами, позволяет находить индивидуальный подход в решении поставленных задач по вопросам организации воспитательного процесса в ходе повседневной деятельности, а также взаимодействуют с кафедрой по вопросам учебного процесса, научной деятельности и обеспечивают связь между учебными подразделениями и руководством кафедры, т.е. несет полную ответственность за подчиненное подразделение (учебную группу).

Помимо этого, для организации внеучебной, воспитательной, культурной и общественной деятельности командиры учебных групп взаимодействуют с Центром культурно-досуговой и воспитательной работы Академии.

Назначение командиров из числа штатных сотрудников командно-инженерного факультета, позволяет курсантам более оперативно приспосабливаться и ориентироваться в учебной, научной, служебной и повседневной деятельности учебного заведения. Командир учебной группы так же осуществляет содействие в решении организационных моментов различных мероприятий, направляет курсантов на решение задач в области учебной и научной деятельности Академии.

Немаловажным фактором в воспитательной работе являются требования, которые непосредственно предъявляются к командиру учебной группы. Так, основными требованиями к личности командира учебной группы и его деятельности являются высокие моральные принципы, профессионализм, личностная готовность к воспитательной работе, глубокое осознание ответственности за умелое сочетание требовательности в ходе воспитания и подготовки курсантов, создание и поддержание здорового морально-психологического климата в подчиненном подразделении, а так же высокий патри-

отизм, нравственность и высокое стремление к совершенствованию как себя так и своих подчиненных.

Кроме того, командир учебной группы, руководствуясь основными принципами осуществления учебной, служебной и воспитательной работы, показывает своим примером дисциплинированность, исполнительность и организованность, а также обладает личностным подходом к каждому подчиненному, взаимодействует с сержантским составом группы, выражает осведомленность в делах и проблемах группы, развивает благородство и товарищество, проявляет чуткость и внимательность по отношению к подчиненным.

Таким образом, командир учебной группы проводит с обучающимися следующие виды работ:

- обучает необходимым навыкам в сфере боевой готовности и отвечает за постоянную готовность к успешному выполнению боевых задач;
- обсуждает в учебной группе вопросы, связанные с организацией учебного процесса, спортивно-массовой работы, культурно-досуговой деятельности, а также вопросы поддержания внутреннего порядка и воинской дисциплины;
- способствует адаптации обучающихся к системе обучения в Академии в различных ситуациях и обстоятельствах;
- осуществляет контроль за текущей и промежуточной успеваемостью, следит за присутствием на занятиях и своевременным исправлением задолженностей, исправлением замечаний;
- анализирует причины неуспеваемости отдельных обучающихся и способствует их устранению;
- информирует обучающихся обо всем, что имеет какое-либо отношение к подразделению;
- содействует привлечению обучающихся к научно-исследовательской, спортивной и культурно-массовой работе. Участвует совместно с обучающимися в повседневной деятельности Академии;
- способствует развитию общекультурных компетенций, обучающихся и формированию у них активной гражданской позиции, созданию сплоченного коллектива в группе и благоприятного социально-психологического климата;
- принимает меры по разрешению спорных вопросов и конфликтных ситуаций, доводит до сведения руководства о возникновении ситуаций, решение которых подпадает под действие административного и уголовного кодекса;
- оказывает помощь в решении бытовых и иных проблем обучающихся, проживающих в общежитии;
- оказывает поддержку обучающимся, находящимся в трудной жизненной ситуации;
- контактирует с родителями обучающихся, в случае необходимости, извещает о проблемных вопросах.

Командир составляет отчет о подчиненном подразделении об участии в мероприятиях и различных социальных и общественных акциях.

Ведет учет о значимых достижениях каждого обучающегося и подчиненного подразделения.

Ключевые цели и задачи работы командира отражаются в индивидуальном плане работы курсового офицера, которые являются отчетными документами по командирской деятельности офицера. Отражаемые в них записи являются основанием для подготовки отчета по индивидуальному плану.

По итогам деятельности составляется отчет с полным перечнем проведенных мероприятий, направленных на воспитание и развитие в обучающихся, а также о достижениях, проступках и любых изменениях в деятельности подчиненного подразделения.

Итак, результат деятельности командира учебной группы, взаимодействие с выпускающей кафедрой и командно-инженерным факультетом, рассмотрение его роли для реализации воспитательного процесса и формирования в курсантах необходимых профессиональных качеств, ложится в основу разработки функциональной модели системы для автоматизации и совершенствования процесса воспитательной деятельности командира учебной группы. Надо признать, что не полностью решены проблемы целостности и координации различных структурных подразделений вуза, что затрудняет оценку воспитательной деятельности командиров учебных групп, и это дает возможность разработать действенный инструмент взаимосвязи командиров учебных групп (курсовых офицеров) с вышестоящими инстанциями и с подчиненными. В качестве такого инструмента выступает информационная система, которая позволяет вести учет показателей деятельности курсантов и формировать различные отчеты, проводить мероприятия по воспитанию в курсантах положительных профессиональных и патриотических качеств.

При выполнении своих функциональных обязанностей командир учебной группы должен использовать немалое количество данных, а именно:

- индивидуальные сведения по каждому обучающемуся;
- перечень изучаемых дисциплин в соответствии с учебным планом и графиком на текущий семестр;
- личные характеристики, достижения и занимаемые должности обучающихся в общественной и курсовой жизни;
- сведения о состоянии здоровья (допуск к различным мероприятиям).

Помимо получаемой информации по курсантам, командир ведет и заполняет документацию в установленном порядке по вопросам проводимой деятельности.

Материалы и методы исследования

В настоящее время отводится значимая роль развитию отечественного программного обеспечения, в связи с этим автором поставлена цель — разработать функциональные модели информационной системы для управления воспитательной деятельностью командиров учебных групп [6,7]. Проектируемая информационная система позволит командирам учебных групп решить ряд важных задач, а именно:

- заполнять базу данных курсантов и их индивидуальные характеристики;
- планировать мероприятия и различные виды работ;
- формировать состав участников по проводимым мероприятиям и отмечать роль участия в них;
- вести учет результатов по научной, учебной и воспитательной работе;
- формировать отчет за семестр командира учебной группы.

Информационная система для управления и совершенствования воспитательной деятельностью командира учебной группы должна включать следующий функциональный набор:

- ведение базы данных курсантов Академии: общие сведения об обучающихся, учебных группах, командирах, дисциплинах, преподавателях, руководителях, мероприятиях и пр.;
- автоматизированный учет успеваемости и присутствия на занятиях курсантов;
- автоматизированный учет поощрений и взысканий курсантов;
- автоматизированное формирование листа бесед командира с личным составом;
- автоматизированное формирование отчетов о проведенных мероприятиях, о результатах служебной деятельности и воспитательной работы курсантов Академии.

Стоит понимать, что результат применения информационной системы во многом зависит от построения функциональных моделей, что позволит выявить неэффективные места в деятельности командира учебной группы [8–10].

Проект информационной системы начинается с разработки функциональной модели исследуемой системы и руководствуется стандартами в области разработки информационных систем и технологий. Выбрано семейство методологий IDEF, а именно IDEF0 и IDEF3, которые включают ряд стандартов моделирования различных аспек-

тов исследуемой системы [11–19]. Учтены особенности информационной системы управления воспитательной деятельностью, изложенные в работе авторов [20].

Рассмотрение предметной области и ее моделирование выполнено при поддержке CASE-средства AllFusion ERwin Process Modeler, позволяющих выполнить построение моделей разных уровней детализации.

Полученные результаты и их обсуждение

Основная контекстная диаграмма IDEF0 осуществления воспитательной деятельности командиром учебной группы представлена на рисунке 1.

Детальное представление функциональных процессов, с помощью которых уточняются входы и выходы информационных потоков, выделяются соответствующие управленческие механизмы, показана на рисунке 2. В ней выделено пять процессов: вести учет личных данных о курсантах, проанализировать данные об успеваемости и посещаемости курсантов, вести учет работ с учебным подразделением, подготовить предложения по организации УВП, сформировать отчет о работе командира учебной группы.

Построение декомпозиции IDEF0 диаграммы второго уровня позволяет уточнить деятельность командира учебной группы по каждому процессу.

Диаграмма IDEF0 второго уровня процесса «Вести учет личных данных о курсантах» (рис. 3) содержит выполнение следующих процессов: ведение личных данных, учет контактов и адресов, поощрения и взыскания. Командир формирует личное дело каждого курсанта и проводит дальнейшую работу с ним. Основываясь на данной информации по мере необходимости представляется характеристика курсанта.

Построенная диаграмма IDEF0 второго уровня «Проанализировать данные об успеваемости и посещаемости курсантов» включает процессы, которые несут в себе данные от момента поступления на обучение до выпуска или отчисления, с корректировкой информации в течение всего периода обучения: учет поступления, перевода, отчисления, выпуск, учет пропусков (рис. 4).

Диаграмма IDEF0 «Вести учет работ с учебными подразделениями» включает процессы: работы со слушателями (курсантами), работа с денежным довольствием, план работы с учебными подразделениями (рис. 5). Курсовой офицер взаимодействует, как с учебным подразделением, так и непосредственно с курсантом, с целью повышения дисциплинированности, сознательности, профессионального и личностного роста курсантов, а также наращивания активности учебно-воспитательного процесса в целом, путем привития профессиональной грамотности и ориентированности на будущую

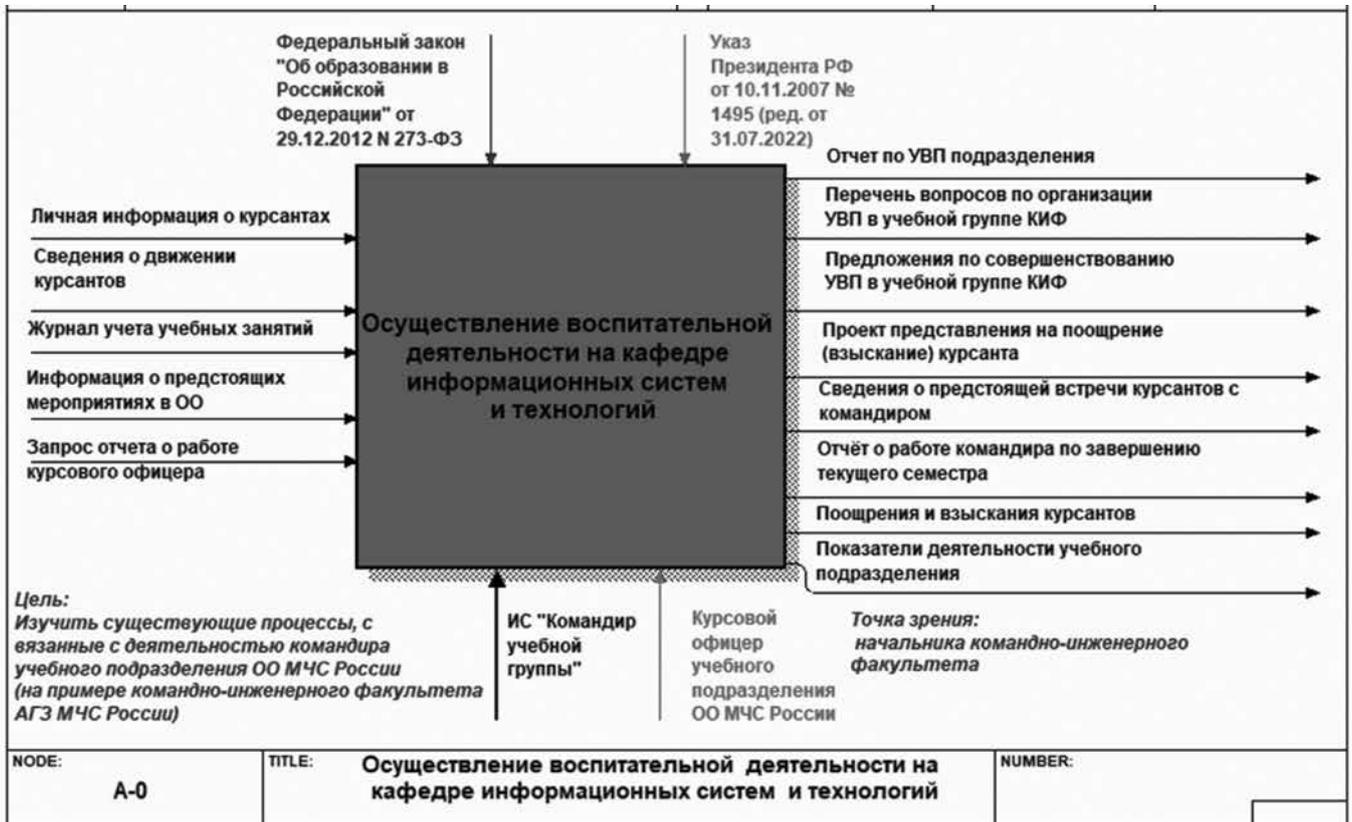


Рис. 1. Контекстная диаграмма

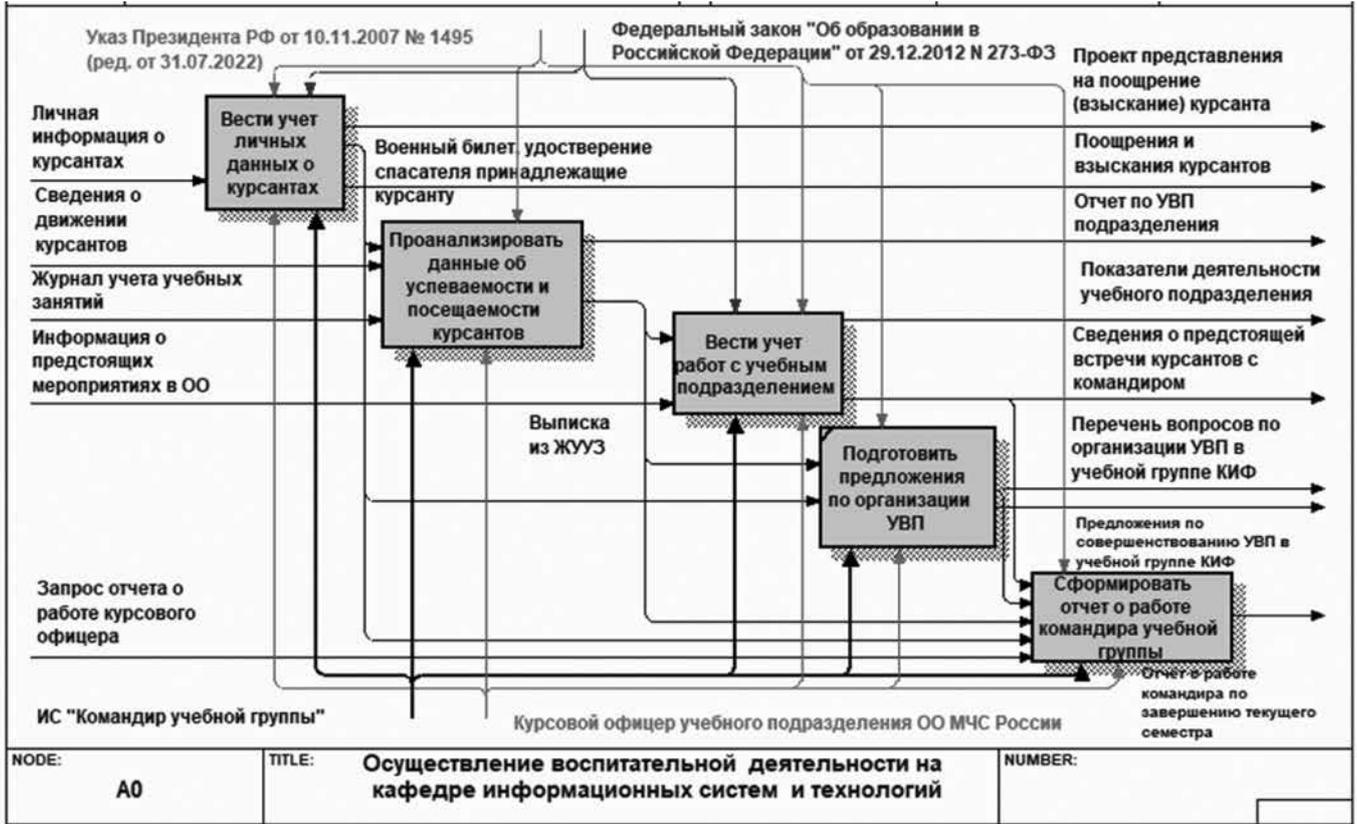


Рис. 2. Декомпозиция контекстной диаграммы IDEF0

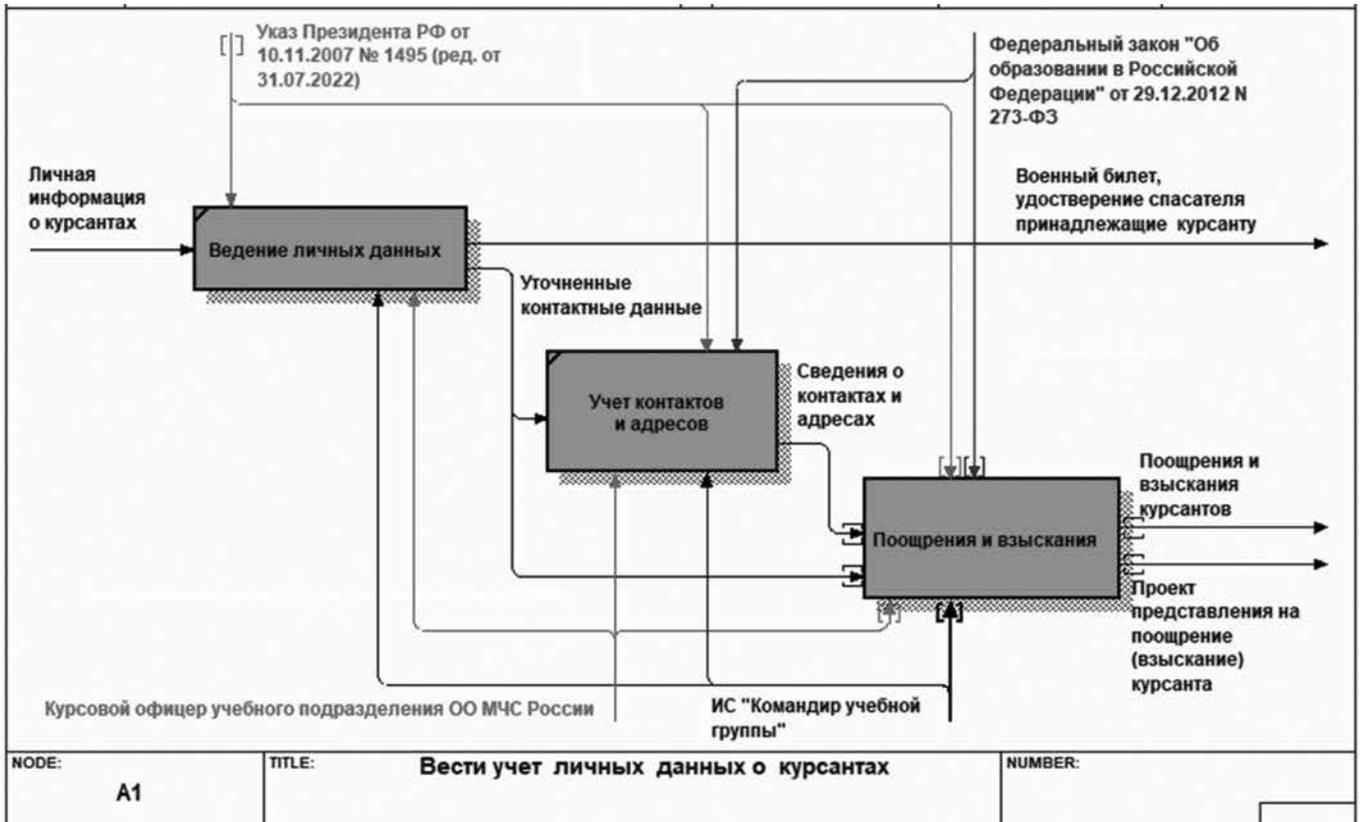


Рис. 3. Диаграмма IDEF0 второго уровня «Вести учет личных данных о курсантах»

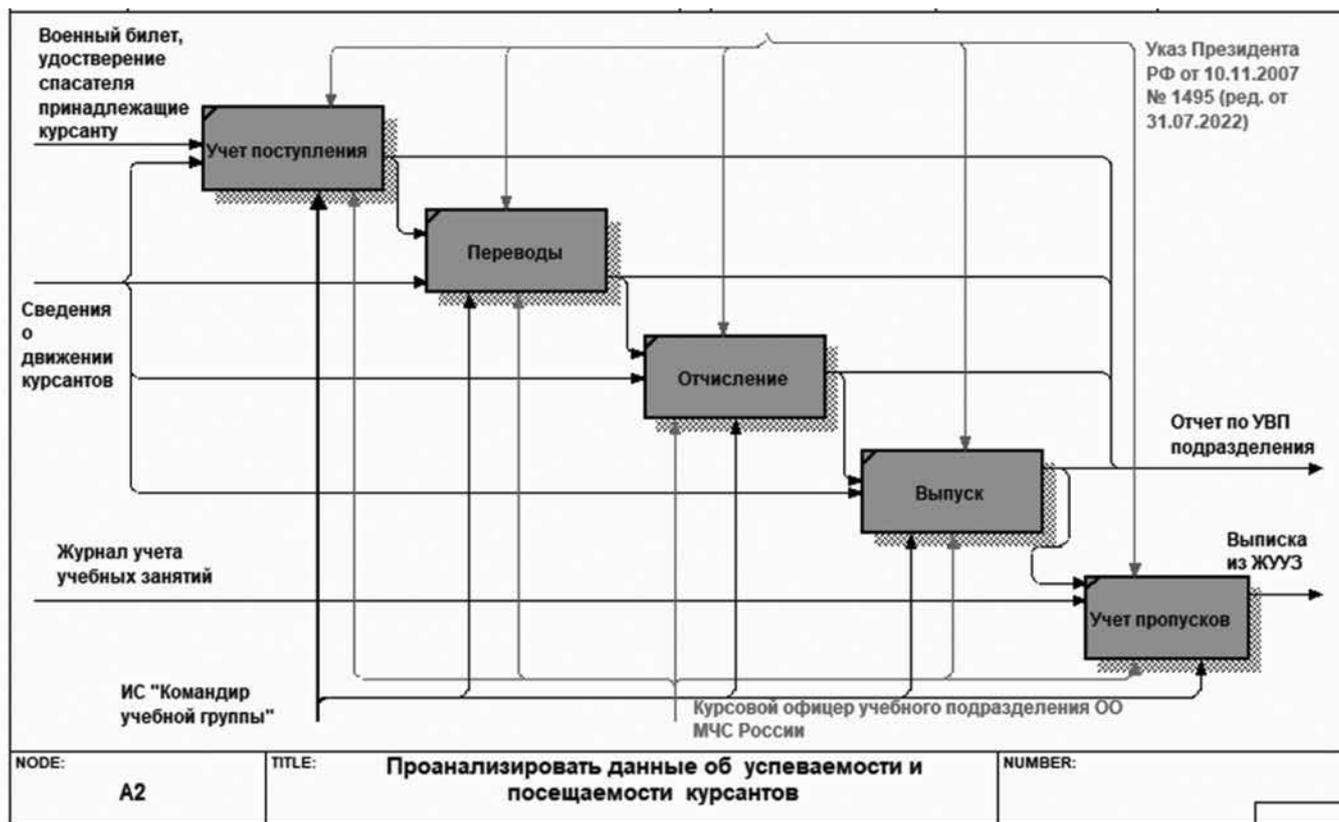


Рис. 4. Диаграмма IDEF0 второго уровня «Проанализировать данные об успеваемости и посещаемости курсантов»

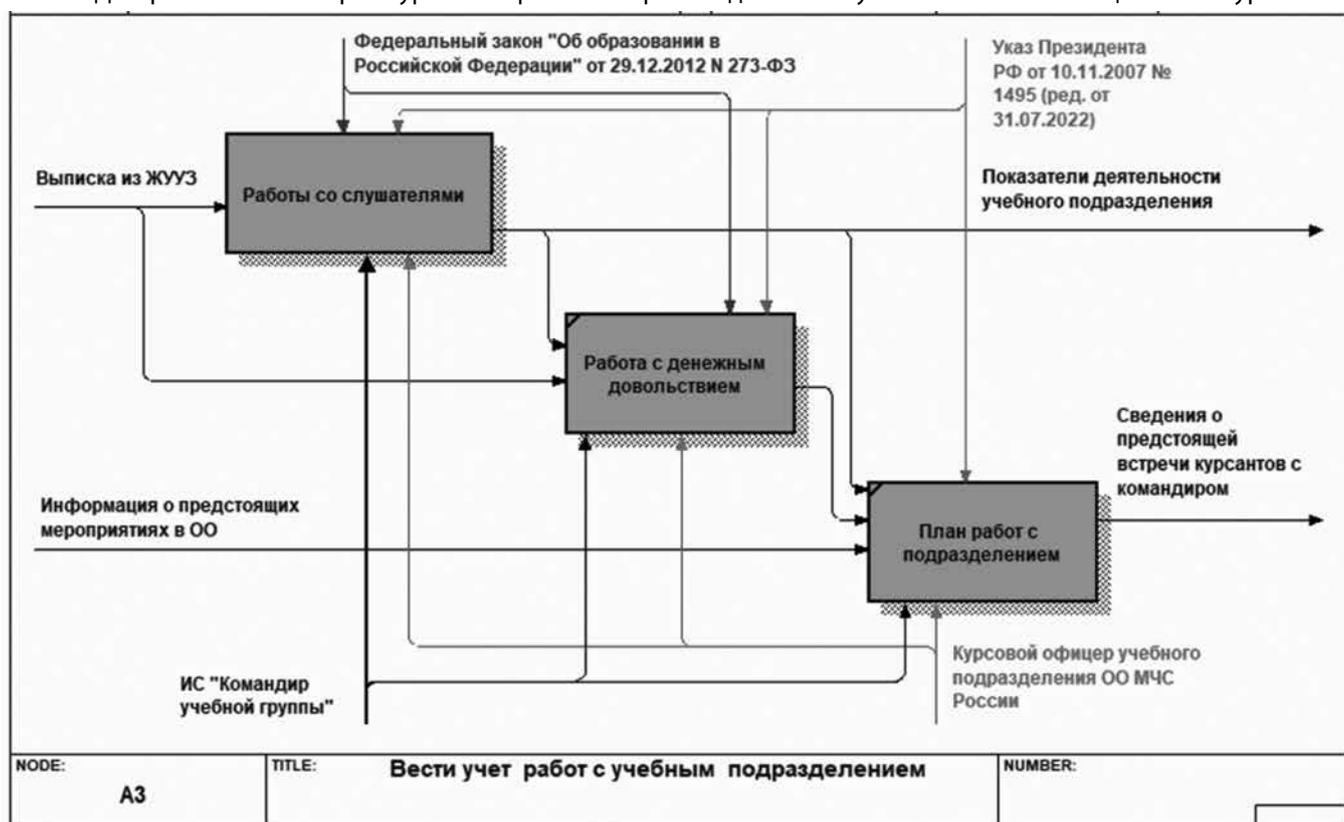


Рис. 5. Диаграмма IDEF0 второго уровня «Вести учет работ с учебными подразделениями»

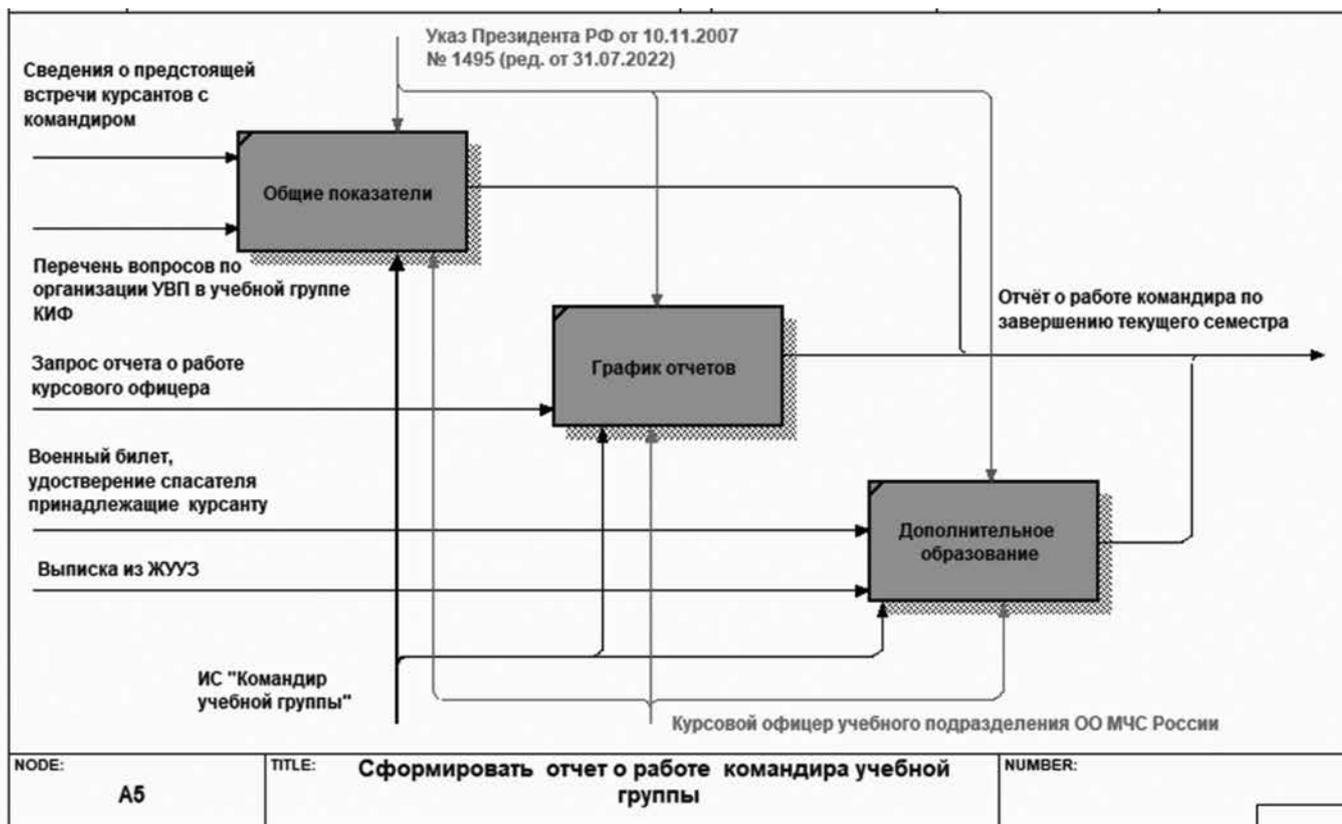


Рис. 6. Диаграмма IDEF0 второго уровня «Сформировать отчет о работе командира»

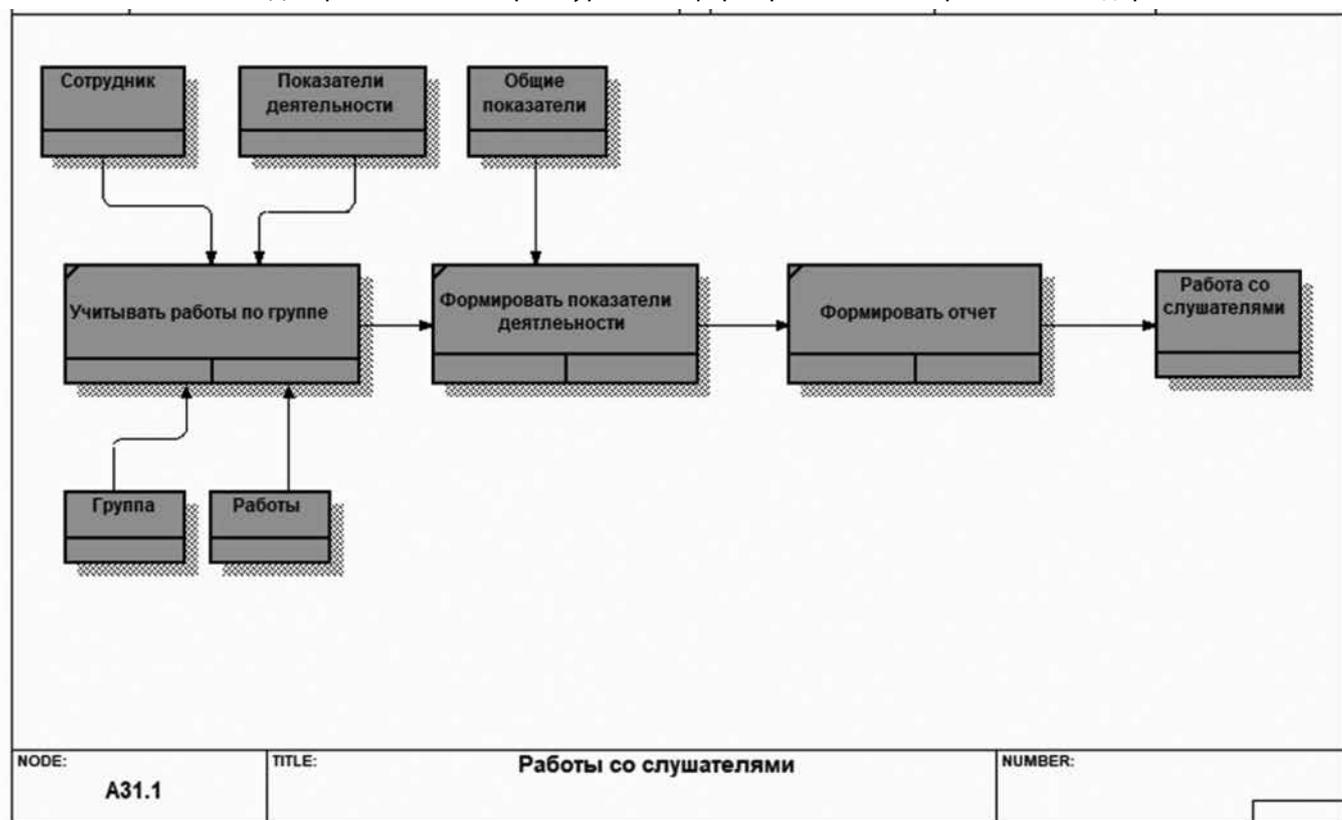


Рис. 7. Диаграмма IDEF3 «Работы со слушателями»



Рис. 8. Узловая диаграмма

специальность, привлечением к научной деятельности, спортивно-массовой и культурно-досуговой работе, тем самым давая возможность раскрыть потенциал каждого курсанта при участии во всех видах деятельности в Академии.

На рисунке 6 представлен процесс «Сформировать отчет о работе командира», включающий общие показатели, график отчетов, дополнительное образование. Командир подготавливает отчет о проделанной работе, составляет план работы с подчиненным подразделением и показывает динамику изменения основных показателей деятельности учебной группы.

С помощью методики документирования процессов, происходящих в системе (IDEF3) разработана диаграмма «Работы со слушателями» (рис. 7), которая последовательно описывает деятельность с отображением источника поступления информации, а также предоставляет, куда и в каком виде данная информация записывается и хранится в физическом виде.

Построенная узловая диаграмма (рис. 8) дает возможность наглядно рассмотреть и определить последовательность и корректность операций, позволяет реали-

зовать проектирование подсистем и пользовательского интерфейса в области выполнения задач программного решения. С помощью неё определяется последовательность документооборота, источники поступления данных и итоги получения информации.

Заключение

Разработанные основные функциональные модели анализируемой системы дают в дальнейшем выполнить действия и взаимосвязи между процессами, и приступить к разработке информационной системы управления воспитательной деятельностью командиром учебной группы, которая обеспечит эффективным сам процесс воспитательной деятельности, а также все операции, связанные с отчетностью.

На основе полученных результатов разработки функциональной модели системы создается информационная система для управления воспитательной деятельностью командиров учебных групп. Разработка будет полезна не только для вузов военной направленности, а также других образовательных учреждений с небольшой доработкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быстренина И.Е. Проблемы современного высшего образования в условиях новой цифровой реальности / Сборник: Высшая школа: опыт, проблемы, перспективы. Материалы XIV Международной научно-практической конференции. Российский университет дружбы народов. Москва, 2021. С. 122–125. ID: 48865577 EDN: PELSXB
2. Быстренина И.Е. Роль информационных технологий в решении задач системы высшего профессионального образования / Сборник: Социокультурные проблемы современного высшего образования. Сборник научных трудов. Москва, 2019. С. 147–150. ID: 41476093; EDN: DPFYTR
3. Череватова Т.Ф., Беляева Ю.А. Особенности подготовки специалистов в области информационных технологий в АГЗ МЧС России / Сборник: НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ В УСЛОВИЯХ МИРОВОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ: ПРОБЛЕМЫ, НОВЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ. Материалы II международной научно-практической конференции. г. Ростов-на-Дону, 2022. С. 150–155. ID: 48517994; EDN: SVYEFH
4. Analysis of the forecast price as a factor of sustainable development of agriculture / M. Tatarintsev, S. Korchagin, P. Nikitin [et al.] // Agronomy. — 2021. — Vol. 11, No. 6. — DOI 10.3390/agronomy11061235. EDN: XTLZBB.
5. Череватова Т.Ф. Модель компетенций цифровой трансформации в системе подготовки кадров в области гражданской обороны, предупреждения и ликвидации ЧС / Сборник: МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЦИФРОВЫХ НОВОВВЕДЕНИЙ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА. Материалы XL Всероссийской научно-практической конференции. Ростов-на-Дону, 2021. С. 161–165. ID: 47284683; EDN: CJDZXS
6. Савватеева Т.П. Проблемы импортозамещения программного обеспечения при обучении студентов-бакалавров проектированию информационных систем / Современные проблемы науки и образования. 2019. № 5. С. 36. ID: 41258134; EDN: ZVSBMB
7. Тимофеев С.А., Безвесильная А.А., Козлов М.В. Анализ отечественных разработок в области программного обеспечения / Сборник Информационные технологии в сфере РСЧС и ГО. Сборник трудов секции № 12 XXXIII Международной научно-практической конференции. Химки, 2023. С. 141–148. ID: 50736709; EDN: QSXBTJ
8. Базарова Э.В. Инструментальные средства проектирования информационных систем / Сборник: ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ. Материалы международной научно-методической конференции, посвященной 60-летию ВСГУТУ. Улан-Удэ, 2022. С. 71–75. ID: 48796061; EDN: UYVMMY
9. Михайленко О.А. Проектирование информационных систем в образовании: практикум. Издательство: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2015. — 71 с. ID: 35212567 EDN: XSL0TZ
10. Набатов А.Н., Веденяпин И.Э. К вопросу применения различных методологий проектирования информационных систем: онтологический подход к проектированию / Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2022. Т. 26. № 3 (97). С. 24–35. ID: 49580814; EDN: LNPXSV
11. Виштак О.В., Коновалов Э.Н. Моделирование информационной системы с использованием UML / Сборник: Цифровой регион: опыт, компетенции, проекты. Сборник трудов V Юбилейной Международной научно-практической конференции. Брянск, 2023. С. 239–244. ID: 52263419; EDN: NWNHME
12. Быстренина И.Е. CASE-средства анализа и проектирования информационных систем в содержании обучения бакалавров прикладной информатики / Сборник: ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ: НАУКА И ШКОЛА. Материалы Всероссийской научно-практической конференции преподавателей высшей и средней школы. Йошкар-Ола, 2022. С. 53–57. ID: 50175815; EDN: LVQKPD
13. Алиева К.Ш., Тин Ю.А., Лосев В.С. Моделирование и оптимизация бизнес-процессов организации / Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2023. № 1(68). С. 143–152. ID: 50441503; EDN: FCEVWH
14. Боташева Ф.Ю., Салпагарова М.У. Информационные системы — методы проектирования / Сборник: Актуальные проблемы информатизации образования: опыт, проблемы, перспективы развития. Сборник материалов международной научно-практической конференции. 2020. С. 183–188. ID: 43954878; EDN: TGQPDH
15. Грекул В.И. Проектирование информационных систем: учебник и практикум для академического бакалавриата / В.И. Грекул, Н.Л. Коровкина, Г.А. Левочкина. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 385 с. ISBN 978-5-9916-8764-5
16. Зараменских Е.Н. Информационные системы: управление жизненным циклом: учебник и практикум для СПО / Е.П. Зараменских. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 431 с. ISBN 978-5-534-11624-3
17. Кузнецов М. В., Моздор С. В. Методические основы проектирования и эксплуатации информационных систем. Часть 1. Общая концепция построения информационных систем. Межотраслевая информационная служба. 2012;(2):36–49. EDN: OZLXZB
18. Кургина В.В. UML-моделирование структуры данных информационной системы мониторинга деятельности по профессиональной ориентации / Сборник: Информационные и измерительные системы и технологии. Сборник научных статей по материалам Международной научно-технической конференции. 2016. С. 321–327. ID: 25532103; EDN: VMSRVP
19. Oleyunik P. P. Unified model for testing object-oriented application development tools. Proceedings of the Institute for System Programming of the RAS. 2015;27(3): 101–114. EDN: UBNYER. DOI: 10.15514/ISPRAS-2015-27(3)-7
20. Смирнов Д.А., Усачева Т.В., Шимитило В.Л. Проект разработки системы управления воспитательной деятельностью на кафедре информационных систем и технологий / Сборник: Информационные технологии в сфере РСЧС и ГО. Сборник трудов секции № 12 XXXIII Международной научно-практической конференции. Химки, 2023. С. 117–122. ID: 50736700; EDN: MJEDOU

ЭЛЕКТРОННОЕ СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО, ОСНОВАННОЕ НА ИСКУССТВЕННОМ ИНТЕЛЛЕКТЕ И ИНТЕРНЕТЕ ВЕЩЕЙ

E-AGRICULTURE BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND THE INTERNET OF THINGS

V. Cherepenin
V. Serkezyuk
S. Vorobyov

Summary. This study thoroughly examines the foundational elements of Internet of Things (IoT) technology, with a focus on analyzing the potential economic benefits that can be achieved through its implementation in the agricultural sector. Modern agriculture faces the necessity of maximizing production efficiency and optimal use of available resources, and IoT offers unique opportunities to achieve these goals. Technologies based on the concept of the Internet of Things provide farmers with forward-looking solutions that contribute to a significant increase in production volumes and improvement in the quality of agricultural products. The integration of IoT into the agro-industrial complex signifies the creation of a network of interconnected devices and systems that automate the collection and analysis of data about soil conditions, weather conditions, crop health, and animal health. Thanks to this, farmers can timely make informed decisions about managing agricultural processes, such as irrigation, fertilization, pest and disease control, which directly contributes to increased yield and reduced operational costs.

Keywords: agriculture, Internet of things, smart technologies, agriculture, devices, sensors, smart agriculture.

Черепенин Валентин Анатольевич

Аспирант, Южно-Российский государственный
политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова (Новочеркасск)
cherept2@gmail.com

Серкезюк Виктор Русланович

Аспирант, Южно-Российский государственный
политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова (Новочеркасск)
jakxid@gmail.com

Воробьев Сергей Петрович

Доцент, Южно-Российский государственный
политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова (Новочеркасск)
vsp1999@yandex.ru

Аннотация. В данном исследовании подробно исследуются основополагающие элементы технологии Интернета вещей, с акцентом на анализ потенциальных экономических выгод, которые могут быть реализованы благодаря её внедрению в аграрный сектор. Современное сельское хозяйство стоит перед необходимостью максимизации производственной эффективности и оптимального использования доступных ресурсов, при этом Интернет вещей предоставляет уникальные возможности для достижения этих целей. Технологии, базирующиеся на концепции Интернета вещей, предлагают аграриям перспективные решения, способствующие значительному увеличению производственных объемов и улучшению качества агропродукции. Интеграция Интернета вещей в агропромышленный комплекс означает создание сети взаимосвязанных устройств и систем, автоматизирующих сбор и анализ данных о почве, погодных условиях, состоянии культур и здоровье животных. Благодаря этому, фермеры могут своевременно принимать взвешенные решения по управлению процессами в сельском хозяйстве, такие как полив, внесение удобрений, борьба с вредителями и заболеваниями, что напрямую содействует увеличению урожайности и снижению операционных расходов.

Ключевые слова: сельское хозяйство, Интернет вещей, умные технологии, земледелие, аппараты, датчики, умное сельское хозяйство.

Введение

В эпоху цифровизации сельское хозяйство сталкивается с рядом вызовов, требующих инновационных решений. Интеграция искусственного интеллекта (далее ИИ) и Интернета вещей (далее IoT) открывает новые возможности для повышения эффективности и устойчивости аграрного сектора. Настоящее исследование посвящено анализу потенциала электронного сельского хозяйства, основанного на применении ИИ и IoT, для решения актуальных проблем агроиндустриального комплекса.

Для преодоления глобальных проблем, связанных с предстоящим ростом населения планеты, необходима радикальная трансформация подходов к аграрной деятельности. Прогнозы указывают на то, что в ближайшие три десятилетия потребность в продовольствии возрастет на 70 %, однако уменьшение площади плодородных земель, изменение климатических условий и рост цен на энергоресурсы становятся значительными барьерами для удовлетворения этого спроса. В этих условиях ключевую роль начинает играть концепт умного агрохозяйства, который открывает возможности для увеличения производительности сельскохозяйственных культур и минимизации затрат.

В современном сельском хозяйстве активно исследуются и внедряются технологии ИИ и *IoT*, что открывает новые горизонты для повышения урожайности, оптимизации использования ресурсов и автоматизации процессов. Обзор литературы показывает, что ИИ способствует разработке прогнозных моделей для анализа климатических данных, в то время как *IoT* обеспечивает сбор и обработку реальных данных с поля, облегчая мониторинг и управление сельскохозяйственными операциями. Эти технологии вместе способствуют созданию умного сельского хозяйства, где принятие решений основывается на точных данных, что повышает эффективность и устойчивость аграрной отрасли.

Исследование основано на комбинации качественных и количественных методов. Был проведен анализ научной литературы и кейсов внедрения ИИ и *IoT* в сельском хозяйстве. Дополнительно, использовались данные опросов и интервью с аграриями, уже применяющими данные технологии. Анализ данных осуществлялся с помощью статистического программного обеспечения, что позволило оценить эффективность и выявить основные тенденции использования ИИ и *IoT* в аграрной сфере.

Интеллектуальное сельское хозяйство

Умное агрохозяйство, интегрирующее технологии ИИ, периферийных вычислений (*Edge Computing*) и *IoT*, представляет собой инновационную модель для достижения устойчивого развития в аграрной сфере [1]. Эта модель включает в себя использование *IoT*-приложений, современных аналитических методов и передовых вычислительных технологий для оптимизации аграрного процесса, предотвращения заболеваний растений и почвы, что способствует повышению урожайности и прибыльности [2]. Изложение охватывает аспекты, такие как интеллектуальные методы орошения, прецизионное садоводство, применение *IoT* в теплицах, управление животноводством, создание экосистемы *IoT* для аграрного сектора, использование мобильных роботов для прецизионного земледелия, мониторинг потребления энергии, управление складскими запасами и развитие умного земледелия. Особое внимание в материале уделяется поддержанию устойчивости окружающей среды и способствованию устойчивому экономическому развитию через применение инновационных агротехнологий [3].

Аграрный сектор в скором времени столкнется с значительными вызовами в связи с необходимостью обеспечить продовольствием предполагаемое население Земли в размере 9,6 миллиардов человек к 2050 году. Для удовлетворения этой потребности объем производства продовольствия должен возрасти на 70 %, в условиях ограниченного количества обрабатываемых земель, высокого спроса на пресную воду (аграрный сектор использует около 70 % мировых ресурсов пресной воды)

и воздействия других, менее предсказуемых факторов, включая климатические изменения [4].

В ответ на существующие вызовы аграрной отрасли, интеграция технологий интеллектуального сельского хозяйства открывает перспективы для преобразования традиционных ферм в высокоэффективные, взаимосвязанные экосистемы с использованием принципов «Умного фермерства». Этот подход вносит инновации в повышение уровня урожайности и качества агропродукции, обеспечивая глубокую информированность и гибкость в управлении сельскохозяйственными операциями в соответствии с динамикой окружающей среды.

Аграрные предприятия аккумулируют массивы данных, касающихся урожайности, состояния почв, использования удобрений, погодных условий, работы оборудования и здоровья скота. Применение интеллектуальных датчиков уже позволяет в реальном времени отслеживать состояние здоровья животных, предупреждая о возможных проблемах заблаговременно [5].

Основные параметры, отслеживаемые при мониторинге состояния животных, включают измерение температуры тела, уровня активности, частоты пульса, а также местоположение с использованием *GPS*-технологий. На основе предварительно заданных критериев могут генерироваться уведомления для фермеров, что позволяет своевременно реагировать на изменения состояния животных.

Реально доступная информация о циклах выращивания урожая, включая данные о посадке и урожайности, предоставляет аграрным компаниям уникальную возможность с высокой точностью оценивать стоимость фермерских активов и получать глубокое понимание рыночных тенденций.

IoT оказывает значительное влияние на современный мир, облегчая развитие интеллектуального транспорта и умных городов. Однако внедрение *IoT* в аграрный сектор может принести революционные изменения, предлагая новые горизонты для повышения эффективности и устойчивости сельскохозяйственного производства.

Интеллектуальное фермерство, основанное на технологиях *IoT*, позволит фермерам сократить отходы и повысить производительность, начиная от количества используемых удобрений и заканчивая количеством поездок, совершенных сельскохозяйственными машинами.

IoT-платформы

В настоящее время рынок пополняется компаниями, предлагающими инновационные решения в сфере *IoT*,

в частности, специализированное программное обеспечение для эффективной обработки данных, собираемых с датчиков. Эксперты уверены, что перспективы развития умного агрохозяйства неразрывно связаны с платформами *IoT*, где ключевую роль играют профессионалы, квалифицированные для анализа данных и принятия стратегически обоснованных решений по оптимизации аграрных процессов [6].

На Рис. 1 представлена схема *IoT*-платформы. Умные приборы используют технологии *LoRa* и *NB-IoT* для передачи данных на сетевой сервер через протоколы *UDP* и базовую станцию оператора связи соответственно. Сервер обрабатывает данные, используя процессор, базу данных и протокол *MQTT* для обмена сообщениями. Информация интегрируется с *IoT*-платформами, такими как *Huawei OceanConnect*, *ThingWorx* и *Nokia Impact*, предоставляя внешние интерфейсы через *REST API*. Конечные пользователи могут взаимодействовать с системой через пользовательские внешние приложения и систему биллинга, которая визуализирует данные для анализа и отчетности.

Среди ведущих отечественных игроков, предоставляющих аграрным предприятиям комплексные *IoT*-решения с уникальным программным обеспечением, стоит отметить *Rightech* и *kSense*.

Компания *Rightech* разработала уникальную платформу *Rightech IoT Cloud*, основываясь на новейших технологических достижениях и эксклюзивных запатентованных решениях. Отличительной особенностью платформы

является её способность выдерживать международную конкуренцию, опережая аналоги благодаря превосходным характеристикам обработки данных в больших объемах. Это обеспечивает беспрецедентную эффективность в реализации комплексных проектов, направленных на автоматизацию и применение *IoT*, сохраняя при этом высокую скорость обработки и общую производительность системы.

Платформа *kSense* предлагает глубокую интеграцию с разнообразными источниками данных, от базовых датчиков до высокопроизводительных вычислительных устройств. За основу её создания легли 25 лет опыта в сфере сложного статистического анализа и инновационных разработок компании. *kSense* обладает уникальной способностью к эффективному взаимодействию с широким спектром промышленных технологий, поддерживая различные коммуникационные стандарты и интерфейсы. Особенностью платформы является её автономность: для её функционирования не требуется вмешательство программистов или технических специалистов благодаря возможностям самонастройки и адаптации к меняющимся условиям среды, что достигается за счет использования алгоритмов искусственного интеллекта и предиктивной аналитики.

Применение *IoT*-платформ *Rigtech* и *kSense* открывает новые горизонты для автоматизации в аграрном секторе, включая комплексный мониторинг транспортных средств и сельскохозяйственной техники. Фермеры обретают возможность в режиме реального времени отслеживать параметры работы своего транспорта,

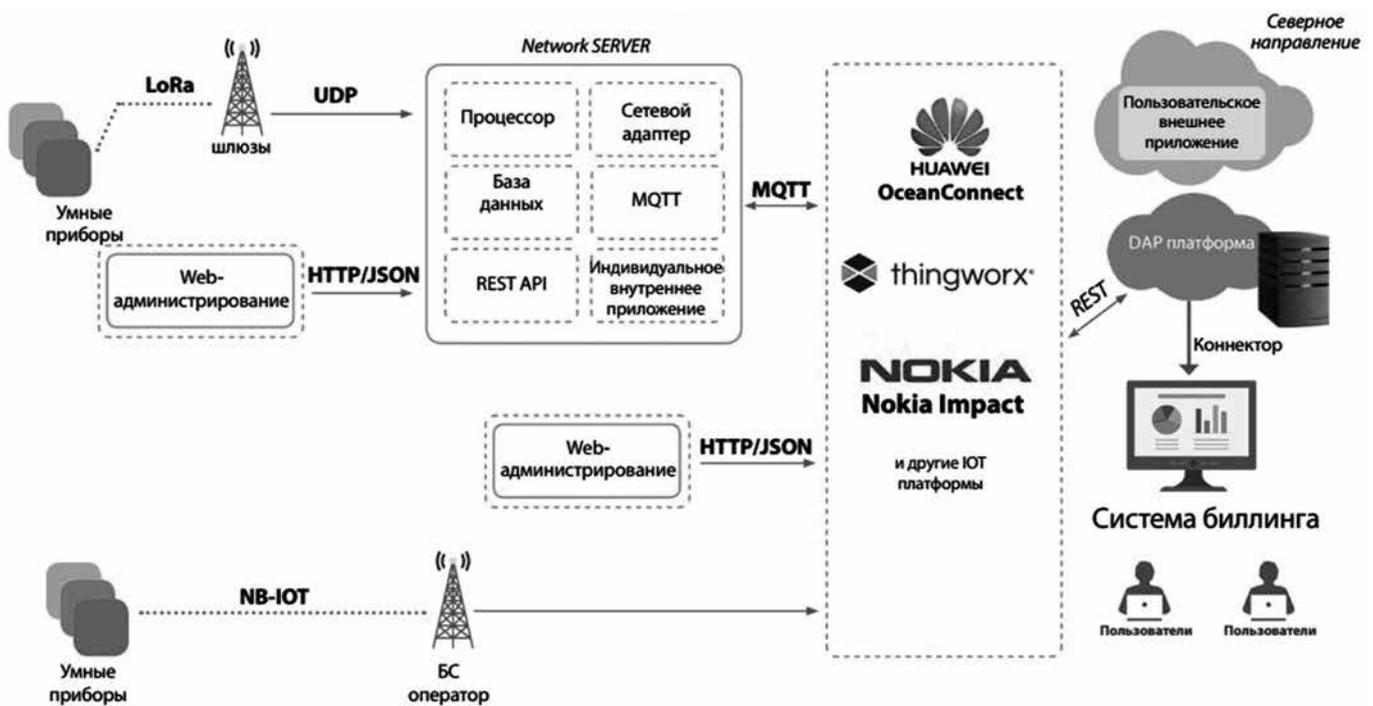


Рис. 1. Схема *IoT*-платформы

включая скорость передвижения, потребление топлива, а также часы работы операторов, что способствует оптимизации процессов управления и повышению эффективности использования ресурсов.

Автоматизация процессов хранения и обработки сельскохозяйственной продукции открывает перед фермерами возможности для оптимизации расходов на рабочую силу и улучшения условий сохранности урожая. Благодаря современным технологиям, аграрии имеют возможность круглосуточного мониторинга и регулирования климатических условий в хранилищах, таких как температура, влажность, концентрация углекислого газа, а также ведения учета запасов продукции.

Прецизионное земледелие предоставляет инструменты для мгновенного мониторинга ключевых параметров агрокультур. Специализированное программное обеспечение дает возможность точно оценить влажность почвы, уровень ее минерализации, освещенность растений, а также планировать ирригационные мероприятия и график сбора урожая, представляя всю необходимую информацию на интерактивной карте.

В сфере животноводства автоматизация позволяет фермерам вести непрерывный контроль за состоянием своего хозяйства, отслеживая перемещения скота, мониторя состояние здоровья беременных и больных животных, оптимизируя процессы кормления и дойки. Такой подход обеспечивает более высокую производительность и благополучие животных, способствуя эффективному управлению ресурсами фермы.

Точное земледелие и умное сельское хозяйство

Прецизионное земледелие трансформирует аграрную отрасль, делая процессы выращивания культур и животноводства значительно более управляемыми и измеримыми. Этот современный подход к фермерству активно интегрирует информационные технологии и компоненты *IoT*, включая сенсоры, управленческие системы, роботизированное оборудование, беспилотные транспортные средства и автоматизированные системы, а также технологии с адаптивным регулированием скорости [7].

В рамках глобального аграрного сектора, прецизионное земледелие выделяется как одно из ключевых направлений применения *IoT*, получая широкое распространение и признание по всему миру. Инновационные продукты и услуги в области прецизионного земледелия, такие как датчики для мониторинга влажности почвы, системы для оптимизации орошения с переменной скоростью подачи воды, способствуют увеличению рентабельности земледелия. Они не только повышают урожайность и оптимизируют потребление водных ресур-

сов, но и предоставляют комплексную агрономическую поддержку, обеспечивая рекомендации для максимально эффективного использования доступных ресурсов.

Сельскохозяйственные беспилотные летательные аппараты

В настоящее время аграрный сектор активно интегрирует беспилотные аппараты как ключевой элемент умного агрохозяйства, применяя их для совершенствования разнообразных агротехнологических процессов. Использование как наземных, так и летающих дронов открывает новые возможности для детальной диагностики состояния посевов, эффективного управления ирригацией, точного мониторинга участков, оптимизации процессов внесения удобрений, посадки семян и комплексного анализа состояния почвы.

Ключевые преимущества применения дронов в аграрной отрасли включают точное картографирование сельскохозяйственных угодий, упрощенный доступ к информации о здоровье растений, значительное сокращение временных затрат на обследование полей, а также потенциал для значительного повышения продуктивности сельскохозяйственного производства. Эффективный сбор и анализ данных с дронов в реальном времени позволяют осуществлять стратегическое планирование и оперативное управление, направленное на технологическое обновление и усовершенствование агропромышленного сектора [8].

Данные, полученные с помощью беспилотных летательных аппаратов, предоставляют ценную информацию о таких параметрах, как здоровье и плотность растительности, прогноз урожайности, высота растений, анализ влагообеспеченности полей, составление карт потенциальных дренажных систем, мониторинг сорнякового давления, а также содержание хлорофилла и азота в культурах. Мультиспектральные, тепловые и визуальные снимки, собранные дронами в процессе полета, после посадки позволяют провести всесторонний анализ состояния агроэкосистем для принятия обоснованных решений по управлению земледелием.

Мониторинг домашнего скота

Владельцы крупных агрохозяйств ныне имеют возможность значительно повысить эффективность управления своими поголовьями с помощью инновационных беспроводных решений в сфере *IoT*. Эти технологии предоставляют возможность дистанционно собирать и анализировать данные о расположении, общем состоянии и здоровье животных, что облегчает раннее выявление и изоляцию особей, показывающих признаки заболевания. Такой подход не только способствует предотвращению распространения инфекций внутри стада, но и вно-

сит существенный вклад в сокращение ручного труда. Благодаря IoT-датчикам, установленным на животных, фермеры могут точно и без лишних усилий отслеживать перемещения каждой особи, оптимизируя тем самым процессы ухода и обеспечения безопасности стада.

Использование подобных технологий преобразует традиционные методы ведения животноводства, делая их более цифровизированными и ориентированными на данные. Это позволяет аграриям не только улучшить условия содержания животных, но и повысить общую продуктивность и рентабельность своих хозяйств. Кроме того, сбор и анализ информации в режиме реального времени дает фермерам ключевые инсайты для принятия обоснованных решений, например, по оптимизации кормления, планированию разведения и прогнозированию урожайности молока или мяса [9].

Умные теплицы

Тепличное хозяйство представляет собой передовую методику, направленную на увеличение производительности выращивания овощей, фруктов и других агрокультур. Традиционно, регулирование условий внутри теплицы осуществляется либо вручную, либо через системы пропорционального управления, что часто приводит к избыточным затратам энергии, увеличению трудозатрат и потерям в производственном процессе. Внедрение концепции умной теплицы на основе IoT позволяет перейти к автоматизированному и точному контролю климатических условий, минимизируя необходимость в ручном управлении [10].

Использование IoT-датчиков в теплицах предоставляет ценные данные об освещенности, давлении, влажности и температуре окружающей среды. Эта информация используется для автоматического управления различными системами: от регулирования вентиляции за счет открытия или закрытия окон до контроля за освещением, обогревом и системами орошения, причем все операции могут осуществляться удаленно посредством Wi-Fi сигналов. Такая автоматизация позволяет не только оптимизировать условия для роста растений, но и значительно снижает затраты на электроэнергию и уменьшает объем необходимого физического труда.

IoT-платформы в сельском хозяйстве

Перспективы умного агрохозяйства тесно связаны с развитием и внедрением платформ IoT, которые предоставляют аграриям возможность принятия обоснованных решений, направленных на улучшение и инновацию в сельском хозяйстве. Интеллектуальные сельскохозяйственные приложения, нарастающие мощностью, предлагают революционные возможности для непрерывного мониторинга состояния почв, роста сельскохозяйственных

культур, эффективности работы агротехники, условий хранения урожая, поведения животных, а также уровней энергопотребления.

Синтезируя в единое целое разнообразные датчики, подключенные устройства и аграрные объекты, IoT-платформы способствуют созданию сложных интеллектуальных систем управления агрохозяйством. Они предоставляют уникальную возможность для гибкой настройки архитектуры систем в соответствии с индивидуальными потребностями предприятий. Это ключевое преимущество открывает широкие перспективы для агрокомпаний, стремящихся к расширению своих IoT-экосистем и последующему интегрированию инновационных решений в области умного сельского хозяйства.

Заключение

В современном мире аграрный сектор сталкивается с серьезным вызовом: ограниченностью доступных ресурсов для расширения сельскохозяйственных площадей. Большая часть земель, пригодных для агрокультур, уже находится в эксплуатации, что делает задачу увеличения производственных объемов особенно актуальной. В этом контексте ключевую роль начинает играть не расширение земельных ресурсов, а повышение эффективности их использования. Именно здесь умное сельское хозяйство открывает новые горизонты, предлагая передовые решения для оптимизации сельскохозяйственного производства.

Умное сельское хозяйство включает в себя применение инновационных технологий и методик, таких как IoT, прецизионное земледелие, автоматизированные системы управления, которые способны существенно повысить урожайность и качество продукции без необходимости расширения земельных площадей.

Эти технологии обеспечивают более точное и рациональное использование водных, земельных ресурсов и удобрений, а также позволяют осуществлять мониторинг состояния посевов и здоровья животных в реальном времени, минимизируя потери и предотвращая распространение заболеваний.

Внедрение умных агротехнологий способствует не только улучшению экологической ситуации за счет сокращения излишнего использования химических средств защиты и оптимизации ресурсопотребления, но и повышению экономической эффективности фермерских хозяйств. Это достигается за счет снижения затрат на производство, увеличения производительности труда и повышения качества получаемой продукции.

Таким образом, умное сельское хозяйство открывает новые возможности для аграрного сектора, предлагая

решения, которые помогут преодолеть существующие ограничения и обеспечить устойчивое развитие агропромышленного производства в будущем. Это не толь-

ко путь к повышению производительности, но и к созданию более экологичного и экономически выгодного сельского хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гвоздева О.В. Применение «умного землепользования» в России и зарубежных странах / О.В. Гвоздева, Ю.С. Сеница, Е.Ю. Колбнева // Московский экономический журнал. 2020. № 10. URL: cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-umnogo-zemlepolzovaniya-v-rossii-i-zarubezhnyh-stranah Chiang M., Balasubramanian B., Bonomi F. Fog for 5G and IoT. Wiley, 2017. 305 pp. URL: books.google.ru/books?id=IWWODgAAQBAJ&hl=ru
2. Лиля В.Б. Алгоритм и программная реализация адаптивного метода обучения искусственных нейронных сетей // Инженерный вестник Дона. 2012. № 1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/626
3. Рассказова А.А. К вопросу о системе показателей эффективности сельскохозяйственного землепользования / А.А. Рассказова, Р.В. Жданова // Московский экономический журнал. 2017. № 4. URL: qje.su/nauki-o-zemle/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-4-2017-103/?print=print
4. Vychkova S.M., Zhidkova E.A., Andreeva O.O. Innovative controlling technologies. Food Processing: Techniques and Technology. 2019. № 49. URL: fptt.ru/en/issues/1988/2581/?ysclid=lpqx6ilrmk307796095
5. Mishra P.K. RFID in underground-mining service applications / P.K. Mishra, R.F. Stewart, M. Bolic, M.C.E. Yagoub // IEEE Pervasive Comput. 2014. № 1. URL: researchgate.net/publication/260526816_RFID_in_Underground-Mining_Service_Applications
6. Ordóñez F.J., Roggen D. Deep convolutional and LSTM recurrent neural networks for multimodal wearable activity recognition // Sensors. 2016. № 1. p. 115. URL: mdpi.com/1424-8220/16/1/115
7. Прощаева А.А., Синелобова С.В. Обзор программного обеспечения для построения распределенных веб-систем // Инженерный вестник Дона, 2017, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4597
8. Mabrouk I.B., Talbi L., Nedil M. Performance evaluation of a MIMO system in underground mine gallery. IEEE Antennas Wireless Propag. Lett. 2012. № 11. URL: durham-repository.worktribe.com/output/1171224/performance-evaluation-of-a-mimo-system-in-underground-mine-gallery
9. Alexandratos N., Bruinsma J. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. Rome: Food and Agriculture Organization. 2012. URL: fao.org/3/ap106e/ap106e.pdf
10. Пучков Е.В. Сравнительный анализ алгоритмов обучения искусственной нейронной сети // Инженерный вестник Дона. 2013. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2135

© Черепенин Валентин Анатольевич (cherept2@gmail.com); Серкезюк Виктор Русланович (jakxid@gmail.com);
 Воробьев Сергей Петрович (vsp1999@yandex.ru)
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИННОВАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ПРОГРАММЕ NANOCAD

INNOVATIVE MODELING OF COMPLEX CURVED SURFACES IN THE NANOCAD PROGRAM

V. Shvetsova
O. Leonova
N. Kaygorodtseva

Summary. This article discusses the application of innovative modeling for creating complex curved surfaces in the nanoCAD program. The research aims to develop an approach based on the use of new modeling methods that allow for more efficient and accurate creation of such surfaces. The article covers the following topics: an overview of known methods for modeling curved surfaces; a new approach based on combining different methods, such as cubic splines and Bezier approximation; a description of the nanoCAD program and its capabilities for modeling curved surfaces; a description of the set of tools and functions that help users create complex surfaces using the program. In conclusion, examples of applying the new approach to modeling curved surfaces in the nanoCAD program are provided. The article can be useful for software developers and engineers involved in designing and modeling complex objects.

Keywords: computer programs, construction objects, design, innovative modeling, architectural forms, curved surfaces, cubic splines and Bezier approximation.

Швецова Виктория Викторовна

кандидат технических наук, доцент,
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет
vikt.schvetzova2012@yandex.ru

Леонова Ольга Николаевна

кандидат технических наук, доцент, доцент,
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет
onl60@mail.ru

Кайгородцева Наталья Викторовна

кандидат педагогических наук, доцент,
Омский государственный технический университет
kaygorodtseva@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассматривается применение инновационного моделирования для создания сложных криволинейных поверхностей в программе nanoCAD. Целью исследования является разработка подхода, основанного на использовании новых методов моделирования, которые позволяют более эффективно и точно создавать такие поверхности. В статье рассматривались следующие вопросы: обзор известных методов моделирования криволинейных поверхностей; новый подход, основанный на комбинировании различных методов, таких как кубические сплайны и аппроксимация Безье; описание работы программы nanoCAD и её возможностей для моделирования криволинейных поверхностей; описание набора инструментов и функций, которые помогают пользователю создавать сложные поверхности с помощью программы. В заключение приводятся примеры применения нового подхода к моделированию криволинейных поверхностей в программе nanoCAD. Статья может быть полезной для разработчиков программного обеспечения и инженеров, занимающихся проектированием и моделированием сложных объектов.

Ключевые слова: компьютерные программы, объекты строительства, проектирование, инновационное моделирование, архитектурные формы, криволинейные поверхности, кубические сплайны и аппроксимация Безье.

Введение

В данной статье рассматривается применение инновационного моделирования для создания сложных криволинейных поверхностей в программе nanoCAD. *Объектом исследования* является разработка подхода, основанного на использовании новых методов моделирования в программе nanoCAD, для более эффективного и точного создания таких поверхностей. В ходе *обзора мировых научных публикаций* было установлено отсутствие в литературных источниках решения данной задачи. Однако, были обнаружены предшественники [1–20], проводившие исследования в области моделирования кривых линий и поверхностей класса F

(*Functional*), превосходящие на порядок качество кривых и поверхностей класса A . Функциональные кривые и построенные по ним поверхности обладают повышенным качеством по критериям плавности, что обеспечивается методами моделирования, соответствующим современным требованиям к геометрии изделия [2, 14, 15, 16, 17]. Тем самым обеспечивается значение высокого порядка (до 9-ти) гладкости при плавных переходах кривизны и с сохранением геометрии дуг окружностей [3, 4]. Данный подход используется в работе прикладных САПР и других специальных программ [5, 6, 9, 10, 14]. Прикладное применение указанного подхода возможно при моделировании трассы автодороги по теодолитным ходам [20]. *Актуальность исследования* заключается в необхо-

димости разработки нового подхода к моделированию сложных криволинейных поверхностей, который позволит повысить точность и эффективность этого процесса [7, 8]. Такой подход будет полезен для разработчиков программного обеспечения и инженеров, занимающихся проектированием и моделированием сложных объектов [11]. Целью исследования является разработка нового подхода к моделированию криволинейных поверхностей в программе *napoCAD*, основанного на комбинировании различных методов, таких как кубические сплайны и аппроксимация Безье. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: провести обзор известных методов моделирования криволинейных поверхностей; описать программу *napoCAD* и ее возможности для моделирования криволинейных поверхностей; создать набор инструментов и функций, которые помогут пользователям создавать сложные поверхности с помощью программы [20, 21].

Метод

Подход к моделированию криволинейных поверхностей в программе *napoCAD*, основанный на комбинировании различных методов [12, 13], и таких, как кубические сплайны и аппроксимация Безье, может быть описан следующим образом. С учётом методов, позволяющих описывать сложные поверхности посредством интерполяции из определенного трехмерного набора точек координат показаны способы расчёта бикубическим сплайном, кубической кривой Безье, рациональной и кубической кривой В-сплайна для некоторого небольшого количества трехмерного набора точек. Далее сравнивались результаты интерполяции, рассчитанной кубическими формулами Безье и В-сплайнами, представленными в параметрическом виде. Кубическая интерполяция Безье обеспечивает аппроксимацию удовлетворительного и хорошего качества. Для улучшения интерполяции по формуле В-сплайна следует использовать дополнительные параметры, которые повышают качество формы криволинейных поверхностей, которые используются при строительстве наземных, подземных, подводных объектов: магистралей, дорожных развязок, зданий и сооружений [3, 20]. Изначально такие объекты представлены в виде множества точек, которые соединены в виде ломаной линии. Такая ломаная линия или их множество-поверхность нуждается в превращении в плавную кривую, а множество плавных кривых преобразуются в плавную поверхность. В работе [1, 2] рассматривается порядок расчёта наименьшего удаления такой поверхности от множества трёхмерных точек на основе известных методов интерполяции, что еще раз свидетельствует об актуальности рассматриваемой научной задачи. Интерполяция трёхмерных поверхностей включает в себя интерполяцию точечно заданных кривых, заданных трёхмерными массивами координат [3]. Трёхмерная интерполяция использует сплайн-функцию

одной переменной. Для тройки переменных X, Y, Z выполняется требование $X_0 < X_1 < \dots < X_m$. Если кривые функции обладают свойством прохождения через любые точки из заданного их множества, то такая функция называется интерполяционным кубическим сплайном и записывается многочленом третьей степени:

$$S(X) = \sum_{j=0}^{j=3} a_j^i (X - X_i)^j \quad (1)$$

Для интерполяции в пространстве X, Y, Z трёхмерной криволинейной поверхности используется бикубический сплайн при выполнении условий:

$$\begin{cases} X_0 < X_1 < \dots < X_m, \\ Y_0 < Y_1 < \dots < Y_m \end{cases} \quad (2)$$

В интерполяционном бикубическом сплайне соединяются все точки из множества $(X_i, Y_j) = Z_{ij}$. Сплайн описывается функцией многочлена третьей степени следующего вида:

$$S(X, Y) = \sum_{l,k=0}^{l,k=3} a_{lk}^{ij} (X - X_i)^l (Y - Y_j)^k \quad (3)$$

Коэффициенты a_{lk}^{ij} вычисляются посредством разрешения системы линейных уравнений. Возможно также построить точки криволинейной поверхности:

$$X = X(t); Y = Y(t); Z = Z(t), \quad (4)$$

Для нас важно условие непрерывности функции на $a \leq t \leq b$, при этом аргумент функции неотрицателен и не больше 1. Для расчёта интерполяции множества координатных точек в 3-х мерном пространстве в параметрическом виде следует рассмотреть следующие соотношения [3]: кривая Безье, кубическая кривая Безье, рациональные и кубические В-сплайны, *NURBS*-кривая и др. Особенности кривой Безье заключаются в её гладкости, прохождении через начальную и конечную точку множества, но не всегда способной пройти все точки множества, а только быть вблизи таких точек, что описывается уравнением:

$$R(t) = \sum_{i=0}^{i=m} C_m^i t^i (1-t)^{m-i} V_i \quad (5)$$

где V_i — заданное множество пространственных координат;

$$C_m^i = \frac{m!}{i!(m-i)!} \text{ — коэффициенты бинома Ньютона.}$$

Если ограничиться количеством точек пространства, равным четырём — V_0, V_1, V_2, V_3 , то можно просто определить кубическую кривую Безье:

$$R(t) = (((1-t)V_0 + 3t \cdot V_1)(1-t) + 3t^2 \cdot V_2)(1-t) + t^3 \cdot V_3, \quad (6)$$

где $0 \leq t \leq 1$.

$R(t), V_i(t)$ — это векторы:

$$R(t) = (X(t), Y(t), Z(t)), V_i(t) = (X_i(t), Y_i(t), Z_i(t)).$$

Элементарная кубическая кривая В-сплайна также определяется при помощи векторного параметрического уравнения с четырьмя заданными точками, т.е. V_0, V_1, V_2, V_3 :

$$R(t) = \left(\begin{aligned} &(1-t)^3 V_0 + (3t^3 - 6t^2 + 4)V_1 + \\ &+ (-3t^3 + 3t^2 + 3t + 1)V_2 + t^3 V_3 \end{aligned} \right) / 6 \quad (7)$$

Выражения (6) и (7) интерполяции с помощью кубических кривых Безье и В-сплайна использованы для определения необходимых значений при четырёх заданных исходных точек строящейся поверхности. Как показали результаты вычислений, значения, полученные по формулам Безье и В-сплайна (вес) и интерполяционные значения, почти совпадают друг с другом и проходят через заданные точки поверхности. Вместе с тем, кривая В-сплайна проходит в стороне от заданных точек, что не дает основание для расчёта интерполяции по формуле (7) (Рисунок 1, 2). Как видно из Рисунков 1,2, начальная и конечная точки интерполяционной кривой Безье точно совпадают с заданными точками V_0, V_3 . В этой связи, нам следует вести механизм исправления в модели интерполяции В-сплайновой кривой для повышения более качественного построение интерполяции за счёт улучшения формулы (7). Однако, отсутствуют научные исследования, показывающие, по какому алгоритму должны определяться веса для получения качественного результата интерполяции.

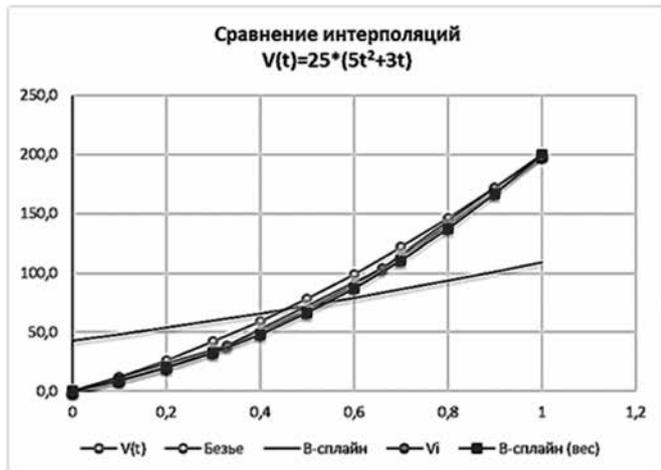


Рис. 1. Интерполяция поверхности по формулам Безье и В-сплайна

Для 4-х точек В-сплайновая кривая задается выражением с дополнительными коэффициентами:

$$R(t) = \frac{\sum_{i=0}^{i=3} W_i \cdot N_i(t) \cdot V_i}{\sum_{i=0}^{i=3} W_i \cdot N_i(t)} \quad (8)$$

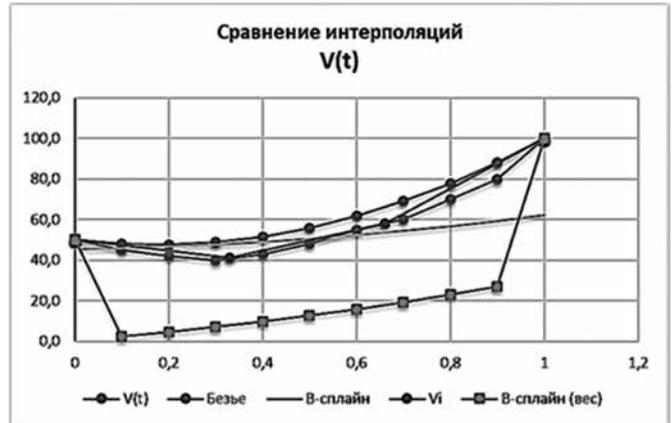


Рис. 2. Неудовлетворительные значения интерполяции с весовыми коэффициентами В-сплайна

где

$$N_0(t) = \frac{(1-t)^3}{6}, N_1(t) = \frac{(3t^3 - 6t^2 + 4)}{6},$$

$$N_2(t) = \frac{(-3t^3 + 3t^2 + 3t + 1)}{6}, N_3(t) = \frac{t^3}{6}.$$

W_i — дополнительные коэффициенты, с помощью которых можно задать величину приближения кривой интерполяции к заданным исходным точкам.

Для получения поправочных коэффициентов были взяты точки, которые повторяют кривые, лежащие на моделируемой поверхности. Важно найти значения в начальной и конечной точках, а потом искать срединные значения, и так далее, последовательно искать срединные значения на K -интервалах граничных точек строящейся поверхности. При этом, учитываются начальные значения:

$$W_0 = \frac{V_0}{R_0}, W = \frac{V_3}{R_3} \quad (9)$$

$$W_i = \frac{(W_3 - W_0) \cdot i}{K} \quad (10)$$

где K — интервалы граничных точек.

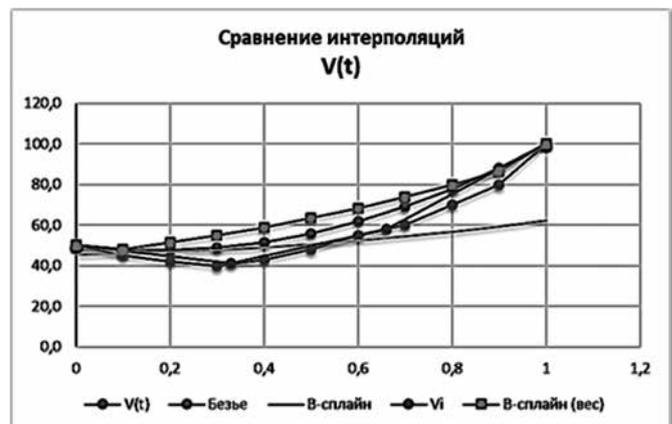


Рис. 3. Удовлетворительная интерполяция различными методами

Выражение (7) с коэффициентами (8–10) хорошо работает при аппроксимации кривых и при монотонном изменении координатных значений Рисунок 3.

Вся совокупность точек, полученная в результате интерполяции, используется в виде цифрового облака для создания моделей поверхностей. После математического обоснования методов интерполяции перейдем к созданию криволинейных поверхностей в программе *napoCAD* посредством разбиения сформированного множества или облака 3-х координатных элементов на отдельные точки или их подмножества.

Результаты и обсуждения

Создание поверхностей в *napoCAD* [21]

Реализуем команды управления программы *napoCAD* версии 2023 года.

1. Лента: Топоплан — Создание TIN > Разбивка облака на точки.
2. Меню: Топоплан — Создание TIN > Разбивка облака на точки.
3. Панель: Создание TIN > Разбивка облака на точки.
4. Командная строка: NG_EXPLODE_POINTCLOUD.

Команда по созданию *TIN* по точкам создаёт поверхность *TIN* (*Triangular Irregular Network*) — нерегулярную триангуляционную сеть по точечным объектам, которые разделяются на **Точки**, **Геоточки**, **Блоки** с дальнейшим воссозданием поверхностей **TIN** и с использованием команды **Создание TIN** по точкам. Параметры команды задаются на панели Свойства (Таблица 1).

Таблица 1.

Параметры команды по созданию криволинейных поверхностей [21]

Тип результата	Выбор типа объектов, создаваемый на основе точек облака: Точки, Геоточки, Блоки.
Удалять источник	Если выбрано: Да — исходное облако точек будет удалено после завершения разбиения; Нет — исходное облако точек останется в чертеже.
Выбрать класс	Если облако было ранее классифицировано, есть возможность получить после разбиения облака только точки указанного класса.

Запросы команд: Применить параметры? или [Да/Нет]:

Да — разбиение на точки будет произведена с текущими настройками;

Нет — если настройки были изменены, то они не сохраняются. Разбивка на точки выполняется с настройками, которые отобразились сразу после запуска команды. В последующем, оператором заполняется диалоговое окно Разбивка (Рисунок 4).

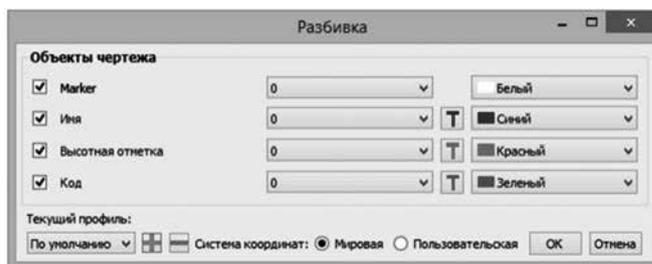


Рис. 4. Панель разбивки облака на точки [21]

Реализуем команды управления программы *napoCAD* версии 2023 года [21].

1. Лента: Топоплан — Создание TIN > Создание TIN по точкам
2. Меню: Топоплан — Создание TIN > Создание TIN по точкам
3. Панель: Создание TIN > Создание TIN по точкам
4. Командная строка: NG_CREATE_TIN.

Созданные поверхности *TIN* могут быть представлены объектами типа *Сеть* (*SubDMesh*). Многогранная сеть (*PolyFaceMesh*) образована совокупностью *Фигур* (*Solid*) или совокупностью 3D-граней. Результат такой работы представлен на Рисунке 5 [21]. Набор точек для создания сети может быть получен импортом из сторонних форматов или из облака точек командой **Разбивка облака на точки**. Параметры команды задаются на панели **Свойства**.

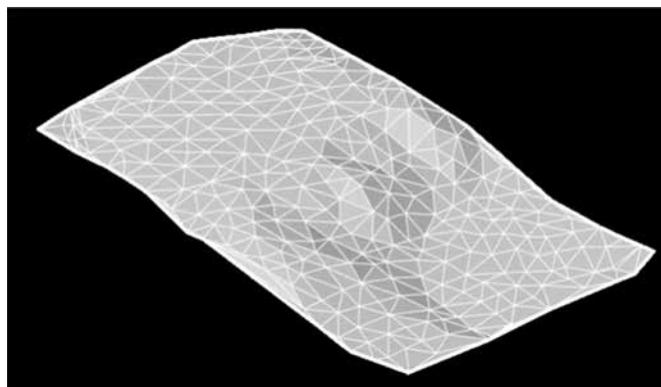


Рис. 5. Разбивка облака на точки

Сеть — создается как объект типа Многогранная сеть (*PolyFaceMesh*), узлы которой можно редактировать, либо Сеть — создается как объект типа Сеть (*SubDMesh*) без возможности редактирования узлов. Тела — будет создана триангуляционная модель, состоящая из отдельных треугольных объектов типа Фигура (*Solid*). Грани — будет создана триангуляционная модель, состоящая из отдельных треугольных объектов типа 3D-грань. Можно изменить то количество точек, которое будет использовано для построения триангуляции. Для этого нужно выбрать «Да». Для параметра «Фильтровать исходные точки», следует выбрать тип фильтрации для параметра «Единицы фильтра» и задать нужное значение

в поле «Диапазон фильтра». В результате будет построена сеть с меньшим количеством треугольников большего размера. Это ускоряет процесс построения триангуляционной модели. Построенная модель будет менее точной, но ее дальнейшая обработка будет занимать меньше времени. Данный подход удобно использовать для построения триангуляционной сети по поверхности земли, автоматически отфильтровывая остальные объекты: шумы, деревья, сооружения и т.п. Если триангуляционная модель получается очень детализированной (миллионы граней), то для последующей комфортной работы, то она будет с помощью программы *napoCAD* разбита на несколько сетей [21].

Выводы

В результате проведенного исследования достигнута цель — решение задачи теоретического построения интерполяционных пространственных кривых путем

выполнения сравнительного анализа методов интерполяции по методам Безье, В-сплайна, рационального В-сплайна с поправочными коэффициентами. Построены графики для сравнительного анализа, показывающие применимость расчетных методов. Показан порядок использования описанного подхода в программе *napoCAD* при строительстве криволинейной поверхности на облаке, состоящем из множества трёхмерных координатных точек. Таким образом, данная статья представляет новый подход к моделированию сложных криволинейных поверхностей в программе *napoCAD*, основанный на использовании инновационного моделирования. Исследование имеет практическую значимость для разработчиков программного обеспечения и инженеров, занимающихся проектированием и моделированием сложных объектов.

Благодарности. Авторы благодарят руководство Института за оказанную помощь в исследовании

ЛИТЕРАТУРА

- Муфтеев, В.Г., Зиятдинов, Р.А., Зелев, А.П., Набиев, Р.И., Марданов, А.Р., Ахметшин, Р.И., Талыпов, М.А. Программа FairCurveModeler моделирования кривых и поверхностей класса «f» и разработка на ее основе прикладных САПР // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2018. №2. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/programma-faircurvemodeler-modelirovaniya-krivyh-i-poverhnostey-klassa-f-i-razrabotka-na-ee-osnove-prikladnyh-sapr> (дата обращения: 15.10.2023).
- Горавнева, Т.С., Семенова-Тян-Шанская В.А. Моделирование корпуса судна в САПР КОМПАС 3D // САПР и графика. М «Компьютер Пресс»: 2019 — №4 — 72с.
- Ратнер, Е.А. Анализ точности методов интерполяции при нанесении рельефа дна на навигационные карты внутренних водных путей // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. — 2021. — Т. 13. № 5. — С. 685–693.
- Голованов, Н.Н. Геометрическое моделирование // М.: «Академия»: 2011. 272с.
- Азбука КОМПАС-3D // М. «АСКОН — Системы проектирования» — 2020. Режим доступа: https://kompas.ru/source/info_materials/2020/Азбука КОМПАС-3D.pdf (дата обращения 01.03.2022).
- Горавнева, Т.С. Способы моделирования кривых применительно к САПР // Современные научные исследования и инновации. 2022. № 3 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://web.snauka.ru/issues/2022/03/97870> (дата обращения: 11.10.2023).
- Муфтеев, В.Г., Мударисов, С.Г., Фархутдинов, И.М., Марданов, А.Р., Семенов, А.С., Талыпов, М.А. Обоснование выбора оптимальной формы функциональной кривой динамической поверхности технического изделия // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Выпуск 17. С. 90–93.
- Muftejev, V. Modeling class F NURBS curves in the integrated environment — CADsystem + web-app FairCurveModeler + Mathematica / Wolfram Library Archive. MathSource. 2013-07-26. Режим доступа: <http://library.wolfram.com/infocenter/MathSource/8465>(дата обращения: 01.07.2017).
- Муфтеев, В.Г. Конструирование плоских кривых методом огибающей // Изв.вузов. Авиационная техника. 1980. № 4. С. 43–47.
- Муфтеев, В.Г., Марданов, А.Р. Геометрическое моделирование кривых линий высокого качества // Прикладная геометрия. Applied Geometry [Электронный ресурс]. М.: МАИ, 2006. № 18, Вып. 8. Режим доступа к журн.: <http://www.mai.ru>. Загл. с титул.экрана. С. 37–66.
- Норенков, И.П. Автоматизированное проектирование. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. 188 с. 6. Режим доступа: https://apps.autodesk.com/ACD/en/Detail/Index?id=4526969846340104233&appLang=en&os=Win32_64&mode=preview&autostart=True&loginRequired=True. (дата обращения 22.10.23).
- Муфтеев, В.Г., Аминев, Р.И., Гизатова, Д.Х., Талыпов, М.А. Открытая платформа для разработки прикладных САПР изделий с функциональными кривыми и поверхностями // Проблемы строительного комплекса России: матер. XX Междунар. науч.-техн. конф. 2016. С. 115–117.
- Муфтеев, В.Г., Марданов, А.Р., Романюк, А.Н., Турта, В.Г., Фархутдинов, И.М. Программа изометрического моделирования кривых линий высокого качества. Webприложение САД-систем // Компьютерная графика и распознавание изображений: матер. Междунар. науч.-техн. интернет-конф., Винница, 2012. С. 127–139.
- Патент 111380 РФ, МПК Ф 01 В 15/08. Корпус плуга / С.Г. Мударисов, В.Г. Муфтеев, И.М. Фархутдинов (РФ). 2011135766/13, Заявл.26.08.2011; Опубл. 20.12.2011 Бюл. № 35.
- Мударисов С.Г., Муфтеев В.Г., Фархутдинов И.М. Оптимизация геометрии лемешно-отвальной поверхности плуга //Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2009. № 4. С. 17–19.
- Муфтеев В.Г., Мударисов С.Г., Фархутдинов И.М., Марданов А.Р., Семенов А.С., Талыпов М.А. Обоснование выбора оптимальной формы функциональной кривой динамической поверхности технического изделия // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Вып. 17. С. 90–93.

17. Фархутдинов И.М. Совершенствование лемешно-отвальной поверхности корпуса плуга на основе моделирования технологического процесса вспашки: дисс. . . . канд. техн. наук. Уфа, 2012. 176 с.
18. Авторское свидетельство 1237778, МПК F 01 L, 1/08. Кулачок привода клапана/А.П. Рожков, приоритет от 5.09.1983, зарегистрирован 15.02.1986; с 1.07.1991 выдан патент взамен авторского свидетельства.
19. Neamtu M., Pottmann H., Schumaker L.L. Designing NURBS Cam Profiles Using Trigonometric Splines // Journal of Mechanical Design. 1998. No. 120 (2). P. 175–180.
20. Муфтеев В.Г., Зиатдинов Р.А. Функциональность и эстетичность кривых линий в промышленном дизайне: многокритериальный подход к оценке качества форм в CAD-системах будущего // Вестник машиностроения. 2018. № 7. С. 23–27.
21. Платформа nanoCAD/Версия 23/РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ Нанософт разработка 2023 2 © Copyright 2019 «Нанософт разработка» ООО.

© Швецова Виктория Викторовна (vikt.schvetzova2012@yandex.ru); Леонова Ольга Николаевна (onl60@mail.ru);
Кайгородцева Наталья Викторовна (kaygorodtceva@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАЛЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ В ПРОГРАММЕ NANOCAD

MODELING OF SMALL ARCHITECTURAL FORMS IN THE NANOCAD PROGRAM

V. Shvetsova
O. Leonova
N. Kaygorodtseva

Summary. Modern architects, designers, builders actively used 3D-modeling programs such as 3D Max, AutoCAD, etc. In the process of import substitution, these foreign program packages left the Russian market. The article investigated the possibility of using the domestic 3D-design program «nanoCAD». The authors showed that the capabilities of this new Russian program allow you to efficiently and accurately create small architectural forms, modeling them in three-dimensional nanoCAD space. This information is useful for both people involved in the design and modeling of architectural objects and for developers of Russian CAD-systems.

Keywords: small architectural forms, modeling methods, nanoCAD program, design, definition, classification, modeling.

Швецова Виктория Викторовна

кандидат технических наук, доцент,
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет
vikt.schvetzova2012@yandex.ru

Леонова Ольга Николаевна

кандидат технических наук, доцент, доцент,
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет
onl60@mail.ru

Кайгородцева Наталья Викторовна

кандидат педагогических наук, доцент,
Омский государственный технический университет
kaygorodtseva@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассматривается применение моделирования для создания малых архитектурных форм в программе nanoCAD. Целью исследования является поиск подхода, основанного на использовании новых методов моделирования, которые позволяют более эффективно и точно создавать такие формы. В статье рассматривались следующие вопросы: определение и классификация малых архитектурных форм; выбор внешнего вида малых архитектурных форм; описание работы программы nanoCAD при моделировании малых архитектурных форм. В заключение приводятся примеры применения подхода к моделированию малых архитектурных форм в программе nanoCAD. Статья может быть полезной для разработчиков программного обеспечения и инженеров, занимающихся проектированием и моделированием малых архитектурных форм.

Ключевые слова: малые архитектурные формы, методы моделирования, программа nanoCAD, проектирование, определение, классификация, проектирование, моделирование.

Введение

В данной статье рассматриваются вопросы моделирования малых архитектурных форм в программе nanoCAD.

Объектом исследования является разработка подхода, основанного на использовании методов моделирования малых архитектурных форм в программе nanoCAD.

Актуальность исследования заключается в необходимости разработки нового подхода к моделированию малых архитектурных форм [1], который позволит повысить точность и эффективность этого процесса [2, 3]. Такой подход будет полезен для разработчиков программного обеспечения и инженеров, занимающихся проектированием и моделированием сложных объектов [4].

Целью исследования является разработка нового подхода к моделированию малых архитектурных форм в программе nanoCAD, основанного на управлении отображением облаков точек. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: провести обзор известных методов моделирования; описать программу nanoCAD и ее возможности для моделирования малых архитектурных форм; создать набор инструментов и функций, которые помогут пользователям создавать малые архитектурные формы с помощью программы [5].

Постановка задачи

К малым архитектурным формам (МАФам) относятся архитектурные конструкции, которые создаются для практического и декоративного использования с целью улучшения комфорта и качества жизни людей [1]. Например, чтобы создать красивый и практичный ландшафт,

следует использовать живописную растительность и малые архитектурные формы [3].

МАФы украшают парковую среду или жилые кварталы, а также приносят в них дополнительные функции. МАФы изготавливаются по типовым проектам подразумевает изготовление любого предмета по уже известным проектам, либо разработанным совместно с заказчиком.

МАФы классифицируются следующим образом: назначение, материалы и способы изготовления, места установки. Примерами МАФов являются конструкции из арок, перегородок, цветочных вазонов, декоративных ограждений, зоны отдыха, детские и спортивные площадки, навесы, павильоны, места для сидения, световая подсветка и др. из различных материалов (рис. 1).



Рис. 1. Малые архитектурные формы (лавочки, фонари, ограждения) [1]

Потребность в МАФх формируется, когда необходимо украсить территорию или улучшить условия для отдыха в общественных местах, размещённых среди природного ландшафта.

МАФы можем встретить:

- в местах общественного пребывания людей, как облегчающие комфортное прибытие, прогулку, отдых, размещение, досуговую деятельность, питание, вопросы гигиены и здравоохранения, и убытие с мест отдыха;
- в местах для занятия спортом, в детских общеобразовательных учреждениях, во дворах с городской застройкой и т.д.;
- в зонах с богатой флорой и фауной для массового посещения людьми.

МАФы представлены в виде:

- разнообразных металлических и иных конструкций;
- спортивных снарядов и тренажёров;
- искусственно созданных растительных насаждений.

У каждой МАФ имеется функциональное предназначение; практическое применение, культурологическое восприятие; психологическое ощущение, которые складываются у отдельного потребителя [1].

В поисковой системе осуществляется поиск реализованных на рынке типовых аналогов МАФов, которые можно использовать.

Методы математического моделирования широко применяются при создании МАФ. Примеры малых архитектурных форм с использованием линейчатых поверхностей [3] представлены на рис. 2.

Из рис. 2 следует, что на рынке существуют большое количество готовых МАФ. Однако, не такие формы могут удовлетворять требованиям заказчиков, поскольку их иногда невозможно встроить в ландшафт разрабатываемых проектов.

Также некоторые заказчики желают иметь неповторимые индивидуальные МАФы и готовы за это платить. Но, при этом, заказчики могут отчётливо не представлять внешний облик МАФ, у них есть какие-то идеи, эскизы, фотографии, для которых нет рабочей документации и по которым непосредственно невозможно смоделировать новый МАФ ввиду отсутствия её цифрового дизайна.

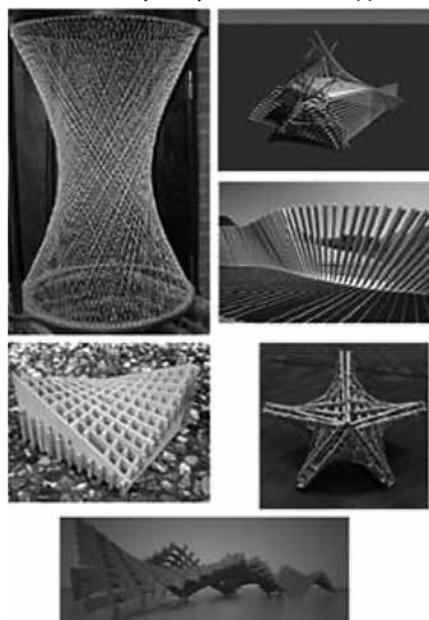


Рис. 2. МАФ с применением линейчатых поверхностей [3]

Не все дизайнеры могут оценить и рассчитать конструкцию отдельной МАФ, а также какие механические, температурные, влажностные и иные нагрузки проектируемая малая архитектурная форма может выдержать.

Дизайнер может предложить примерные конструкции МАФ, но он не может учесть, насколько прочной должна быть конструкция, и на какой срок эксплуатации она будет рассчитана. После всех оценок и расчетов необходимо создать реальную модель — пробный образец МАФ в количестве нескольких штук, которые будут подвержены разнообразным испытаниям.

Однако, перед изготовлением пробного экземпляра необходимо разложить его на составные элементы, у которых имеются свои габаритные характеристики, которые могут не совпасть со стандартными значениями известных МАФ. Изготовление нестандартных компонентов может повлечь разработку для них новых форм и инструментария, которые потребуют дополнительных затрат.

Можем отметить, что традиционными материалами для МАФ являются деревянные или металлические конструкции. Дополнительными новыми материалами являются пластиковые, железобетонные или стеклянные компоненты. Повышенная влажность, солнечная радиация, кислотные пары, выхлопные газы и т.д. разрушают МАФы прежде установленного срока эксплуатации.

В зависимости от условий и сроков эксплуатации, требуется подобрать материал, который будет удовлетворять техническому заданию заказчика.

Иногда заказчик желает задействовать материал, который долго не служит, но с продолженным сроком использования, который можно обеспечить применением современных средств защиты поверхности такого материала (специальное окрашивание, использование нанокompозитных материалов и т.д.).

Когда архитектор начинает работать с МАФами, чтобы их представить в объёмном виде, он сталкивается с тем, что такие объекты следует разместить на определённом участке местности, который отличается от других подобных участков взаимным расположением элементов природного рельефа и искусственных построек, доступностью МАФов для людей, освещённостью их в течение суток в зависимости от продолжительности светового дня и подверженностью климатическим воздействием в различные сезоны.

Поскольку МАФ являются представителями ряда объектов, которыми архитектор наполняет моделируемое им пространство, то для всех таких элементов рисуются вначале плоские фигуры, потом такие фигуры наполняются объёмом, после чего осуществляется подбор материала, цвета и текстурного покрытия для каждого такого предмета.

После чего такой новый объект проходит визуализацию при различной освещённости его и участка размещения объекта. Иногда МАФ является элементом растительного ландшафта, и его важно отобразить при любой возможной погоде и времени года.

Уникальный замысел архитектора может быть оформлен в виде растрового рисунка, который преобразуется в векторный файл и в облако с множеством точек с трехмерными координатами [5].

Возможности визуализации nanoCAD позволяют создавать реалистичные и высококачественные визуализации небольших архитектурных форм [6]. Программа также позволяет пользователям создавать подробные технические чертежи и документацию для моделей [7, 8, 9, 10]. В целом программное обеспечение nanoCAD является ценным инструментом для архитекторов и дизайнеров, желающих моделировать и визуализировать небольшие архитектурные формы эффективно и точно [11, 12].

Метод

Рассмотрим процесс создания малой архитектурной формы средствами (инструментами/командами) программы nanoCAD [21].

Управление отображением облаков точек.

Настройки отображения: Режим «Отображать границы».

Лента: Облака точек > Настройки > Отображение границ облака.

Меню: Облака точек — Настройки > Отображать границы.

Командная строка: SWITCHPCBOUNDARY.

Режим отображения ограничивающего контура у каждого облака точек МАФ в чертеже.

По умолчанию данный режим выключен, в результате чего ограничивающие контура не отображаются. Пользователи могут легко создавать 3D-модели небольших архитектурных форм, таких как скамейки, беседки и киоски [13].

Режим «Отображать все точки» МАФ.

Лента: Облака точек > Настройки > Отображение всех точек облака

Меню: Облака точек — Настройки > Отображать все точки

Командная строка: SWITCHPCDISPLAYTREE

Режим отображения всех точек облака МАФ.

По умолчанию данный режим выключен, в результате чего на экране отображается не более того количества точек, которое может быть относительно быстро обработано графической системой компьютера.

Включение данного режима отображает все точки облака.

Преобразование координат облаков МАФ точек в координаты по умолчанию.

Лента: Облака точек — Облако точек > Преобразование в координаты по умолчанию.

Меню: Облака точек > Преобразование в координаты по умолчанию.

Командная строка: NPC_TRANSFORM_TO_DEFAULT_COORDINATES.

Команда позволяет преобразовывать координаты облака точек МАФ из Собственной или Пользовательской системы координат в Мировую систему координат. Обычно применяется для трансформации координат тех облаков, которые были сняты в собственной системе координат.

Пересчёт координат облака точек

Лента: Облака точек — Облако точек > Пересчёт координат облака точек.

Меню: Облака точек > Пересчёт координат облака точек.

Командная строка: NPC_REPROJECTION.

Если загруженное облако точек МАФ имеет геокоординаты, команда позволяет их пересчитать в другую систему. При этом происходит создание нового облака для целевой системы координат. Позволяет осуществлять привязку к характерным точкам геометрических форм МАФ [14, 15], распознанных в облаке командами распознавания форм.

Для возможности привязки к формам должен быть включен режим объектной 3D-привязки и включены нужные типы привязок в диалоге «Режимы черчения», вызываемого из контекстного меню кнопки [12].

Таким образом, наблюдается, что программное обеспечение папoCAD предоставляет универсальную платформу для моделирования небольших архитектурных форм [16–18], в ней предлагается широкий спектр инструментов и функций для архитектурного моделирования [12, 19].

Кроме того, программа поддерживает различные форматы файлов, что обеспечивает совместимость с другими программами для проектирования и визуализации.

Экспорт документов Кнопка папoCAD — Экспорт Лента: Вывод — Экспорт > Экспорт Меню: Файл — Экспорт... Командная строка: ЭКСПОРТ, ЭК (EXPORT). Данные документа папoCAD можно экспортировать:

- в формат документа AutoCAD (*.dwg);
- в формат файлов для обмена графической информацией (*.dxf);
- в формат 3D PDF (*.pdf) для визуализации 3D-моделей в программе Acrobat Reader;
- в формат DWF (*.dwt, *.dwfx) для обмена большими объемами данных 2D- и 3D-проектирования, просмотра, печати и рецензирования;
- формат макета STL (*.stl), используемый для стереолитографии. Экспортировать можно всё содержимое документа или только выбранные данные. Пользователи могут применять текстуры, материалы и световые эффекты для улучшения визуального представления моделей [12, 15].

Диалоговое окно «Выбор цвета»

Командная строка: ЦВЕТ (COLOUR, COLOR, COL).

Диалоговое окно «Выбор цвета» позволяет задать нужный цвет для редактируемого элемента МАФ в документе: объекта чертежа, размерного стиля, слоя и т.д. Окно открывается также при редактировании цвета слоя или объекта щелчком на пункте «Выбор цвета» в выпадающем списке цветов. Диалоговое окно содержит две вкладки «Номер цвета» и «Вся палитра». Вкладка «Номер цвета» позволяет выбрать цвет из палитры индексированных цветов папoCAD (рис. 3) [12].

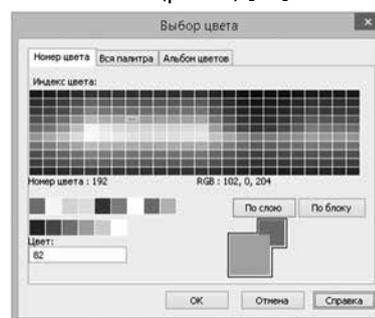


Рис. 3. Палитра индексированных цветов папoCAD

При наведении курсора на цвет в нижней части палитры отображается его номер (индекс) и значения составляющих его цветов в раскладке RGB (красный, зеленый, синий). Для выбора цвета следует щелкнуть нужный в палитре или ввести его номер в поле «Цвет». Выбранный цвет отобразится в образце нового цвета (большой квадрат). Возможности визуализации папoCAD позволяют создавать реалистичные и высококачественные визуализации небольших архитектурных форм [20]. Программа также позволяет пользователям создавать подробные технические чертежи и документацию для моделей [12].

Обсуждение результатов

Исследование показало, что программное обеспечение папoCAD предоставляет универсальную платформу

для моделирования, в том числе малых архитектурных форм. Программа предлагает широкий спектр инструментов и функций, специально разработанных для архитектурного моделирования. Пользователи могут легко создавать 3D-модели МАФ, таких как скамейки, беседки и киоски. Программа позволяет проводить точные измерения и масштабирование моделей. Интуитивный интерфейс nanoCAD позволяет новичкам быстро освоить и использовать программу. Программа поддерживает различные форматы файлов, что обеспечивает совместимость с другими программами для проектирования и визуализации. Пользователи могут применять текстуры, материалы и световые эффекты для улучшения визуального представления моделей.

Отметим, что при визуальном объёмном моделировании рельефа местности затраты будут значительно повышаться в зависимости от сложности МАФ, насколько много деталей требуется отобразить. Потому упрощённая модель с минимумом деталей позволяет снизить затратность проекта, особенно, когда заказчик не определился в целом с внешним видом МАФ, и имеются равнозначные варианты.

После предварительного отбора внешнего вида МАФ и согласия заказчика с просчитанной стоимостью проекта можно перейти к детализации выбранной МАФ.

По мере согласования каждой новой детали МАФ с заказчиком, следует переходить к моделированию освещённости проектируемого объекта в различное время суток и во все времена года, с учётом посещения МАФ потоком людей и взаимодействием МАФ с другими элементами инфраструктуры.

Последний этап моделирования (с деталями) – наиболее дорогостоящий, но при этом риск отказа клиента от заказа снижается, поскольку будут пройдены все промежуточные этапы согласования. Успешное завершение проекта со всеми деталями МАФ с учётом описанных пунктов послужит рекламой для последующих клиентов с целью привлечения их к потенциальному разработчику.

Заключение

Возможности визуализации nanoCAD позволяют создавать реалистичные и высококачественные визуализации небольших архитектурных форм. Программа также позволяет пользователям создавать подробные технические чертежи и документацию для моделей. В целом, программное обеспечение nanoCAD является ценным инструментом для архитекторов и дизайнеров, желающих моделировать и визуализировать, например, малые архитектурные формы эффективно и точно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Что такое МАФ? Режим доступа <https://pillars.ru/chto-takoe-maf/> (дата обращения: 25.11.2023).
2. Емельянов Р.Т., Прокопьев А.П., Якшина А.А., Пиндур С.В. Моделирование 3D печати малых архитектурных форм // Вестник евразийской науки. 2020. №2. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-3d-pechati-malyh-arhitekturnyh-form> (дата обращения: 25.11.2023).
3. Митюшов Е.А., Беляева З.В. Геометрическое моделирование пространственных конструкций. Изд.: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. 135 с.
4. Дорожкина Е.А. Аналитический обзор применения программного обеспечения информационного моделирования для разработки проектной документации // Инновации и инвестиции. 2023. №2. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiticheskiy-obzor-primeneniya-programmnogo-obespecheniya-informatsionnogo-modelirovaniya-dlya-razrabotki-proektnoy-dokumentatsii> (дата обращения: 25.11.2023).
5. Абрамян Г.В. Формирование проектно-графической культуры будущих дизайнеров с помощью информационных технологий // Человек и образование. 2019. №1 (58). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-proektno-graficheskoy-kulturybuduschih-dizaynerov-s-pomoschuyinformatsionnyh-tehnologiy> (дата обращения: 25.11.2023).
6. Суханова Н.Т., Майер В.К. Информационные технологии в дизайн проектировании // Экономика и социум. 2014. №4-6 (13). Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-tehnologii-v-dizayn-proektirovaniy> (дата обращения: 25.11.2023).
7. Овчинникова Р.Ю. Графический дизайн в контексте визуальной культуры и новых технологий // Манускрипт. 2019. №5. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/graficheskij-dizayn-v-kontekste-vizualnoy-kultury-i-novyh-tehnologiy> (дата обращения: 25.11.2023).
8. Муфтеев В.Г., Зиятдинов Р.А. Функциональность и эстетичность кривых линий в промышленном дизайне: многокритериальный подход к оценке качества форм в САД-системах будущего // Вестник машиностроения. 2018. № 7. С. 23–27.
9. Мельникова А.А., Филиппова И.В., Мацуев Р.А. Создание малых архитектурных форм в программе 3D STUDIO MAX // САФ. 2018. №12. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sozдание-malyh-arhitekturnyh-form-v-programme-3d-studio-max> (дата обращения: 25.11.2023).
10. Горелик А.Г. Самоучитель. 3ds Max 2018: монография / А.Г. Горелик. СПб: БХВ-Петербург, 2018. 26 с.
11. Азбука КОМПАС-3D // М.: «АСКОН — Системы проектирования». 2018. Режим доступа: https://kompas.ru/source/info_materials/2018/Azbuca-KOMPAS-3D.pdf (дата обращения: 25.11.2023).
12. Платформа nanoCAD. Версия 23: Руководство пользователя. ООО «Нанософт разработка». 2023. Режим доступа: <https://download.nanodev.ru> (дата обращения: 25.11.2023).
13. Муфтеев В.Г., Марданов А.Р., Романюк А.Н., Турта В.Г., Фархутдинов И.М. Программа изометрического моделирования кривых линий высокого качества. Web-приложение САД-систем // Компьютерная графика и распознавание изображений: матер. Междунар. науч.-техн. интернет-конф., Винница, 2012. С. 127–139.

14. Процесс создания архитектурного 3D проекта // Уроки 3ds Max. Режим доступа: <https://3dmaster.ru/uroki/architectural-3d-project/> (дата обращения: 25.11.2023).
15. Миловская О.С. 3ds Max 2018. Дизайн интерьеров и архитектуры: монография / О.С. Миловская. СПб.: Питер, 2018. С. 103–107.
16. Горавнева Т.С. Способы моделирования кривых применительно к САПР // Современные научные исследования и инновации. 2022. № 3. Режим доступа: <https://web.snauka.ru/issues/2022/03/97870> (дата обращения: 25.11.2023).
17. Muftejev V. Modeling class F NURBS curves in the integrated environment — CAD-system + web-app FairCurveModeler +Mathematica / Wolfram Library Archive. MathSource. 2013-07-26. Режим доступа: <http://library.wolfram.com/infocenter/MathSource/8465> (дата обращения: 25.11.2023).
18. Муфтеев В.Г., Аминев Р.И., Гизатова Д.Х., Талыпов М.А. Открытая платформа для разработки прикладных САПР изделий с функциональными кривыми и поверхностями // Проблемы строительного комплекса России: матер. XX Междунар. науч.-техн. конф., 2016. С. 115–117.
19. Муфтеев В.Г., Мударисов С.Г., Фархутдинов И.М., Марданов А.Р., Семенов А.С., Талыпов М.А. Обоснование выбора оптимальной формы функциональной кривой динамической поверхности технического изделия // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Выпуск 17. С. 90–93.
20. Девятникова Л.А. Информационные технологии в учебном процессе на строительном факультете Петрозаводского государственного университета / Л.А. Девятникова, Ю.В. Никонова, Ю.В. Маркаданов [и др.]. // Инф. среда вуза XXI века: мат. VII Междунар. науч.-практ. конф. (23-27 сент. 2013 г.), Петрозаводск: ПетрГУ, 2013. С. 63–66.
21. Полещук Н.Н. Путь к nanoCAD, Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2017. С. 247–264.

© Швецова Виктория Викторовна (vikt.schvetzova2012@yandex.ru); Леонова Ольга Николаевна (onl60@mail.ru);
Кайгородцева Наталья Викторовна (kaygorodtceva@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ТАЙМЕРОВ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

DEVELOPMENT OF A PROGRAM TO STUDY THE OPERATION OF MICROCONTROLLER TIMERS

**S. Shchegolev
T. Efremova
A. Motkov**

Summary. The article discusses the structure and modes of operation of device timers using the example of the ADuC842 microcontroller. The timers have two 8-bit registers, which can be used as independent or combined into 16-bit registers. The timers can operate in various modes, including zero mode, first mode, and reset mode. Block diagrams of timers are presented for each mode. The description of the mode and control registers serving the timers is given. The built-in microcontroller generator is designed to work with a 32.768 kHz quartz resonator. Various timer operation modes are used to generate time intervals. To form a sequence of identical time intervals, the timer operation mode is used with a reboot. A block diagram of the laboratory stand operation and the program code for controlling the on and off of LEDs with a specified frequency are shown.

Keywords: timer, program, operating mode, register, time interval, frequency generator, pulse, block diagram.

Щеголев Сергей Сергеевич

Доцент, кандидат технических наук, Балаковский инженерно-технологический институт — филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Балаково, Россия
SSShchegolev@mephi.ru

Ефремова Татьяна Александровна

Доцент, кандидат технических наук, Балаковский инженерно-технологический институт — филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Балаково, Россия
TAEfremova@mephi.ru

Мотков Александр Геннадьевич

Старший преподаватель, Балаковский инженерно-технологический институт — филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Балаково, Россия
AGMotkov@mephi.ru

Аннотация. В статье рассмотрена структура и режимы работы таймеров устройств на примере микроконтроллера ADuC842. Таймеры имеют два 8-битных регистра, которые могут быть использованы как независимые или скомбинированы в 16-битные регистры. Таймеры могут работать в различных режимах, включая нулевой режим, первый режим и режим с перезагрузкой. Для каждого режима представлены структурные схемы таймеров. Приведено описание регистров режима и управления, обслуживающих таймеры. Встроенный генератор микроконтроллера предназначен для работы с кварцевым резонатором 32.768 кГц. Для формирования временных интервалов используются различные режимы работы таймера. Для формирования последовательности одинаковых интервалов времени используется режим работы таймера с перезагрузкой. Изображена блок-схема работы лабораторного стенда и код программы для управления включением и выключением светодиодов с заданной периодичностью.

Ключевые слова: таймер, программа, режим работы, регистр, временной интервал, генератор частоты, импульс, структурная схема.

Таймеры предназначены для формирования временных интервалов, позволяя микропроцессорной системе работать в режиме реального времени. Таймеры представляют собой цифровые счётчики, которые подсчитывают импульсы либо от высокостабильного генератора частоты, либо от внешнего источника сигнала, в этом случае таймер называют счётчиком внешних событий.

Как правило, в микропроцессорной системе в качестве генератора частоты выступает генератор внутренней синхронизации микроконтроллера. Частота генератора задает минимальный временной промежуток, который может определять таймер. Интервалы времени, задаваемые с помощью таймера, могут иметь строго определенные дискретные значения. Разрядность цифрового счётчика таймера определяет

максимальный интервал времени, который может задать таймер.

Обычно в микропроцессорных системах используются 16-тиразрядные таймеры, для подключения такого таймера к 8-миразрядному процессору требуется два параллельных порта. Максимальное число, которое может быть записано в 16-битный счетный регистр таймера, равно $2^{16} - 1 = 65535$, что представляет собой логическую единицу в каждом разряде регистра. Таким образом, если перед запуском таймера в его счетчики были записаны нули, то переполнение таймера произойдет через 65536 машинных циклов [1]. Зная частоту задающего генератора микропроцессорной системы, следовательно период сигнала генератора T_G , можно определить время переполнения таймера в секундах:

$$T_T = 65536 \cdot T_G. \quad (1)$$

Если же требуется установить меньший интервал времени, то перед запуском таймера в его регистры можно записать начальный код, и тогда счет начнется не с нуля, а с записанного кода, и счетчику потребуется меньше времени для переполнения. В этом случае время работы таймера T_T определяется по формуле (2):

$$T_T = (2^n - Code) \cdot T_G, \quad (2)$$

где $Code$ — код, записанный в таймер до его запуска; T_T — время работы таймера; T_G — период колебаний задающего генератора; n — разрядность таймера.

Если же требуется сформировать интервал времени больший, чем максимальное время переполнения, то таймер можно запустить несколько раз в цикле [2]. В этом случае временной интервал определяется как:

$$\Delta T = T_T \cdot N, \quad (3)$$

где N — количество итераций цикла; T_T — время срабатывания таймера.

Рассмотрен учебный лабораторный стенд (рисунк 1), построенный на базе микроконтроллера ADuC842, имеющего три 16-разрядных таймера-счетчика: Таймер 0, Таймер 1 и Таймер 2. Структура и режимы работы таймеров-счетчиков соответствуют общим принципам архитектуры MCS-51. Каждый таймер-счетчик содержит по два 8-битных регистра THx и TLx ($x = 0, 1, 2$) [3].

Каждый таймер-счетчик может быть запрограммирован на работу в качестве либо таймера (отсчет времени через подсчет внутренних импульсов синхронизации), либо счетчика (подсчет событий на внешнем входе). В обоих случаях переполнение счетного регистра при-

водит к формированию запроса прерывания и устанавливается специальный флаг переполнения.



Рис. 1. Внешний вид учебного лабораторного стенда

В режиме таймера регистр TLx увеличивает свое значение на единицу каждый машинный цикл. Поскольку машинный цикл одноктактового ядра состоит из одного тактового периода, то максимальная скорость счета равна тактовой частоте ядра.

В режиме счетчика, регистр TLx увеличивает свое значение на единицу при переходе уровня из высокого в низкий на соответствующем внешнем выводе микроконтроллера: T0, T1 или T2. Когда на внешнем выводе один машинный цикл держится высокий логический уровень, а уже в следующем цикле — низкий, тогда регистр таймера увеличивает свое значение на единицу. Таким образом, для распознавания перехода из «1» в «0» требуется два такта внутреннего генератора микроконтроллера, это значит, что максимальная скорость счета может составить половину частоты внутреннего тактового генератора.

Таймеры 0 и 1 обслуживаются регистром режима TMOD (таблица 1) и регистром управления TCON (Таблица 2).

TMOD — регистр конфигурации Таймера 1 и Таймера 0. SFR адрес 0x89. Значение после подачи питания 0x00. Регистр не имеет битовой адресации.

TCON — регистр управления Таймера 1 и Таймера 0. SFR адрес 0x88. Значение после подачи питания 0x00. Регистр имеет битовую адресацию [4].

Таблица 1.
Описание бит регистра TMOD

Номер	Мнемоника	Описание
1	2	3
7	GATE	Бит управления таймером 1.
6	C/T#	Бит выбора типа событий для Таймера 1.
5	M1	MI, M0 биты определяют режим работы таймера 1 MI M0 0 0 TH1 работает как 8-битный таймер-счетчик, TL1 выступает в качестве делителя частоты на 32 0 1 16-битный таймер-счетчик, TH1и TL1 включены последовательно.
4	M0	_ 1 0 8-битный таймер-счетчик с автоперезагрузкой, TH1 удерживает значение, которое загружается в TL1 всякий раз при переполнении TL1. 1 1 Таймер-счетчик 1 остановлен.
3	GATE	Бит управления таймером 0.
2	C/T#	Бит выбора типа событий для Таймера 0.
1	MI	MI, M0 биты определяют режим работы таймера 0 MI M0 0 0 TH0 работает как 8-битный таймер-счетчик, TL0 выступает в качестве делителя частоты на 32 0 1 16-битный таймер-счетчик, TH0 и TL0 включены последовательно. 1 0 8-битный таймер-счетчик с автоперезагрузкой, TH1
0	M0	удерживает значение, которое загружается в TL0 всякий раз при переполнении TL0. 1 1 TL0 используется в качестве 8-битного таймера-счетчика со стандартными битами управления Таймера 0. TH0 используется только в качестве 8-битного счетчика, управление происходит стандартными битами управления таймера 1.

Таблица 2.
Описание бит регистра TCON

Номер	Мнемоника	Описание
1	2	3
7	TF1	Флаг переполнения Таймера 1
6	TR1	Бит запуска Таймера 1
5	TF0	Флаг переполнения Таймера 0
4	TR0	Бит запуска Таймера 0
3	IE1	Флаг внешнего прерывания 1 (INT1#)
2	IT1	Бит выбора типа активного сигнала на входе INT1 #
1	IE0	Флаг внешнего прерывания 1 (INT0 #)
0	IT0	Бит выбора типа активного сигнала на входе INT1#

Каждый таймер содержит два 8-битных регистра.

В зависимости от режима работы таймера, каждый регистр может быть использован как независимый регистр или регистры могут быть скомбинированы в одиночные 16-битные регистры.

TH0 и TL0 — старший и младший байт Таймера 0. SFR адрес — 0x8C и 0x8A, соответственно. TH1 и TL1 — старший и младший байт Таймера 1. SFR адрес — 0x8D и 0x8B, соответственно.

На рисунке 2 представлены адреса регистров SFR таймеров.

Для выбора нулевого режима следует установить биты M1 = 0 и M0 = 0 регистра TMOD. В этом режиме таймер-счетчик сконфигурирован как 13 битный счетный регистр. Этот счётчик состоит из 8 бит регистра THx и младших 5 бит регистра TLx, где x в обозначении регистра заменяется на 0 или 1 в зависимости от того таймера, которым мы управляем. Старшие 3 бита регистров TLx не определены и игнорируются. Установка запускающего таймер флага TR0 или TR1 не очищает эти регистры. Работе таймера 0 или таймера 1 в режиме 0 соответствует схема, представленная на рисунке 3.

Для выбора первого режима следует установить биты M1 = 0 и M0 = 1 регистра TMOD. В первом режиме работы таймер работает как шестнадцатиразрядный счётчик. Режим 1 похож на режим 0, за исключением того, что в регистрах таймера используются все 16 бит.

В этом режиме регистры THx и TLx также включены друг за другом. Работе таймера 0 или таймера 1 в режиме 1 соответствует схема, изображенная на рисунке 4.

Для формирования последовательности одинаковых интервалов времени используется режим работы таймера с перезагрузкой — режим 2. Для выбора второго режима следует установить биты M1 = 1 и M0 = 0 регистра TMOD. В режиме 2 регистр таймера TLx работает как 8-битный счетчик с автоматической перезагрузкой начального значения из регистра THx в регистр TLx. Переполнение регистра TLx не только устанавливает флаг TFx, но и загружает регистр TLx содержимым регистра THx, который предварительно инициализируется программно. Перезагрузка не изменяет содержимое регистра THx. Работе таймера 0 или таймера 1 в режиме 2 соответствует схема (рисунок 5) [5]:

Встроенный генератор микроконтроллера ADuC842 предназначен для работы с кварцевым резонатором 32.768 кГц. Для формирования тактов синхронизации процессора используется умножитель частоты: система фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и управляемый делитель. С помощью системы ФАПЧ частота такто-

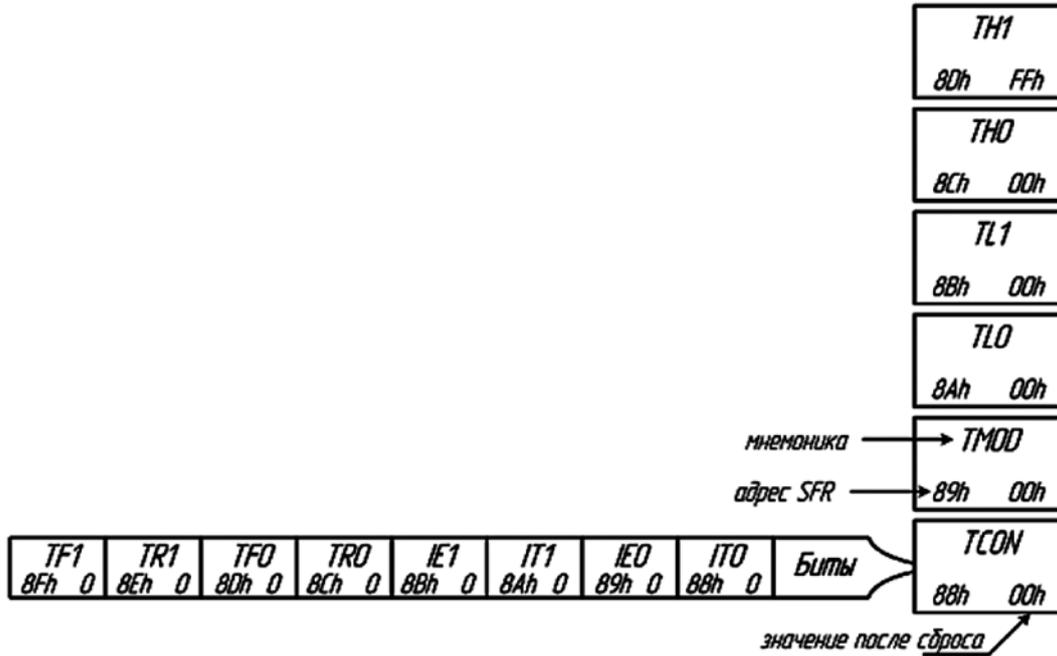


Рис. 2. Адреса 2 регистров SFR таймеров

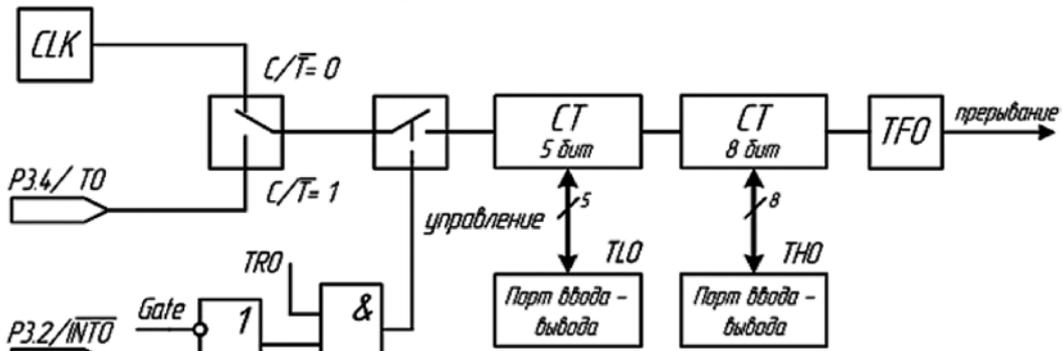


Рис. 3. Структурная схема таймера в режиме 0 (для Таймера 0)

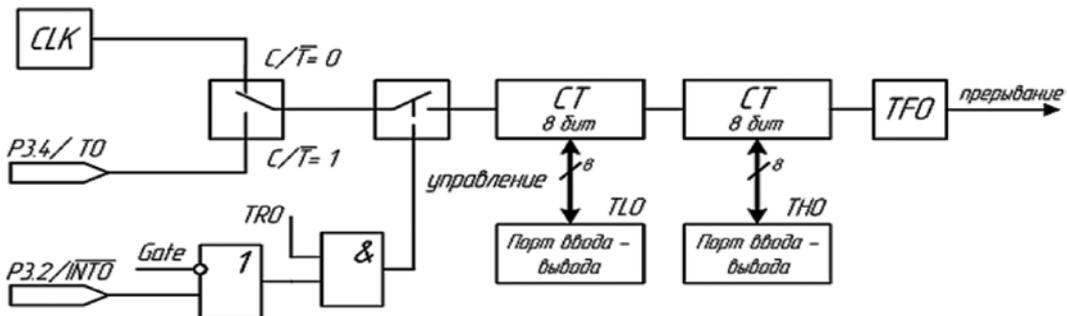


Рис. 4. Структурная схема таймера в режиме 1 (для Таймера 0)

вого генератора умножается на 512, что соответствует 16,777216 МГц. Делитель же настраивается на фиксированные коэффициенты деления (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128). При включении микроконтроллера по умолчанию установлен делитель 8, что соответствует частоте $16,777216/8 = 2,097152$ (МГц). Изменить этот делитель можно через регистр PLLCON.

Допустим, тактовый генератор сконфигурирован для генерации с частотой 1МГц, а нам требуется сформировать временные интервалы 3500мкс. В этом случае на вход таймера будут поступать импульсы с периодом 1мкс. Для 16-битного счетчика максимальное время переполнения составит 65536 мкс. Для формирования меньшего интервала времени в счетчики таймера следует загрузить начальное значение Code. Из формулы 3.1 выразим Code:

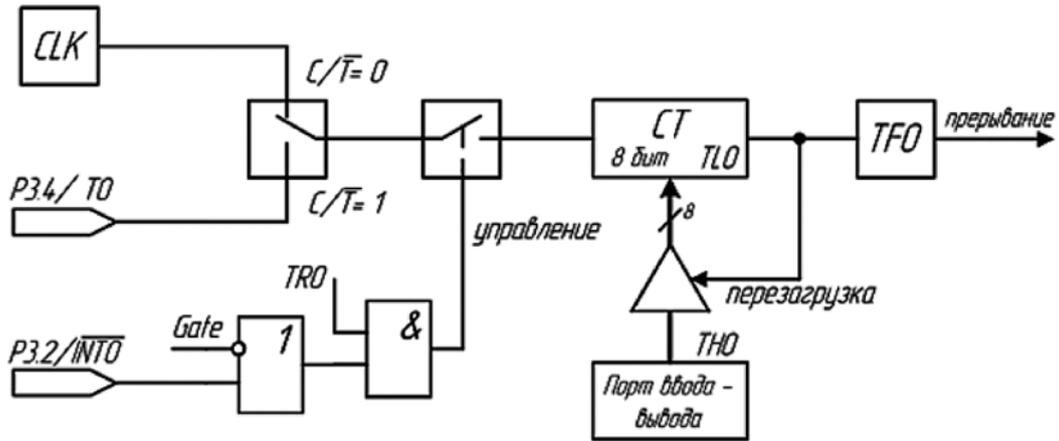


Рис. 5. Структурная схема таймера в режиме 2 (для Таймера 0)

$$Code = \frac{2^n - T_T}{T_G} = \frac{65536 - 3500}{1} = 62036$$

Счетчик таймера состоит из двух отдельных 8-битных счетчиков THx и TLx, поэтому полученное значение Code следует расщепить на два отдельных байта. Сделать это можно разными способами. Можно с помощью калькулятора перевести число Code из десятичной системы счисления в шестнадцатеричную: 6203610 = F2 5416. Тогда старший байт THx будет равен F216, а младший TLx равен 5416 [6].

При расщеплении константы можно воспользоваться делением на 256, тогда:

THx = 62036/256; // заносим старший байт числа 62036
 TLx = 62036; // заносим младший байт числа 62036

Операция деления числа на 256 эквивалентна сдвигу этого числа на 8 разрядов вправо, тогда приведенный участок программы можно записать так:

THx = 62036 >> 8; // заносим старший байт числа 62036
 TLx = 62036; // заносим младший байт числа 62036

После того как регистром TMOD установлен режим работы и загружены начальные значения счетчиков, можно запускать таймер. Для этого в бит запуска TRx следует записать логическую единицу. Теперь в тело основного цикла нужно включить участок программы, который будет ожидать окончания работы таймера и только после этого приступить к выполнению следующего прохода по циклу. Это можно сделать с помощью команды, которая будет проверять флаг переполнения таймера TFx. Затем необходимо снова задать следующий интервал времени. Следует помнить, что перед запуском таймера, следует обнулить флаг переполнения. Ниже приведен один из вариантов программы, реализующей задержку на 3,5 мс.

TH0 = 62036 >> 8 // заносим старший байт числа 62036

```
TLO = 62036; // заносим младший байт числа 62036
TR0 = 1; // запускаем таймер
while (!TF0); // ждем переполнения таймера
TF0 = 0; // обнуляем флаг переполнения
```

Алгоритм программы представлен на рисунке 6.

Для формирования временных интервалов большей длительности данный участок программы можно запустить в цикле необходимое количество раз.

Код программы на языке C-51 [7]:

```
#include <stdio.h>
/* BYTE Register */
sfr TCON = 0x88; sfr TMOD = 0x89; sfr TLO = 0x8A;
sfr TL1 = 0x8B; sfr TH0 = 0x8C; sfr TH1 = 0x8D;
sfr PLLCON = 0xD7;
/* BIT Register..... */
/* TCON */
sbit TF1 = 0x8F; sbit TR1 = 0x8E; sbit TF0 = 0x8D;
sbit TR0 = 0x8C; sbit IE1 = 0x8B; sbit IT1 = 0x8A;
sbit IE0 = 0x89; sbit IT0 = 0x88;
/* PORTS BY BIT */
sbit P0_0 = 0x80; sbit P0_1 = 0x81; sbit P0_2 = 0x82;
sbit P0_3 = 0x83;
void zadergka () {
    unsigned int H, L, rep=133; H = 2874 >> 8; L = 2874; TR0 = 0;
    TMOD = (TMOD & 0xF0) +
    while(rep--) {
        TH0 = H; TLO = L; TR0 = 1;
    while (!TF0);
        TF0 = 0;
    }
    return;
}
vkl_sv0(){P0_0=1;P0_1=0;P0_2=0;P0_3=0;}
vkl_sv1(){P0_0=0;P0_1=1;P0_2=0;P0_3=0;}
vkl_sv2(){P0_0=0;P0_1=0;P0_2=1;P0_3=0;}
vkl_sv3(){P0_0=0;P0_1=0;P0_2=0;P0_3=1;}
main(){
```

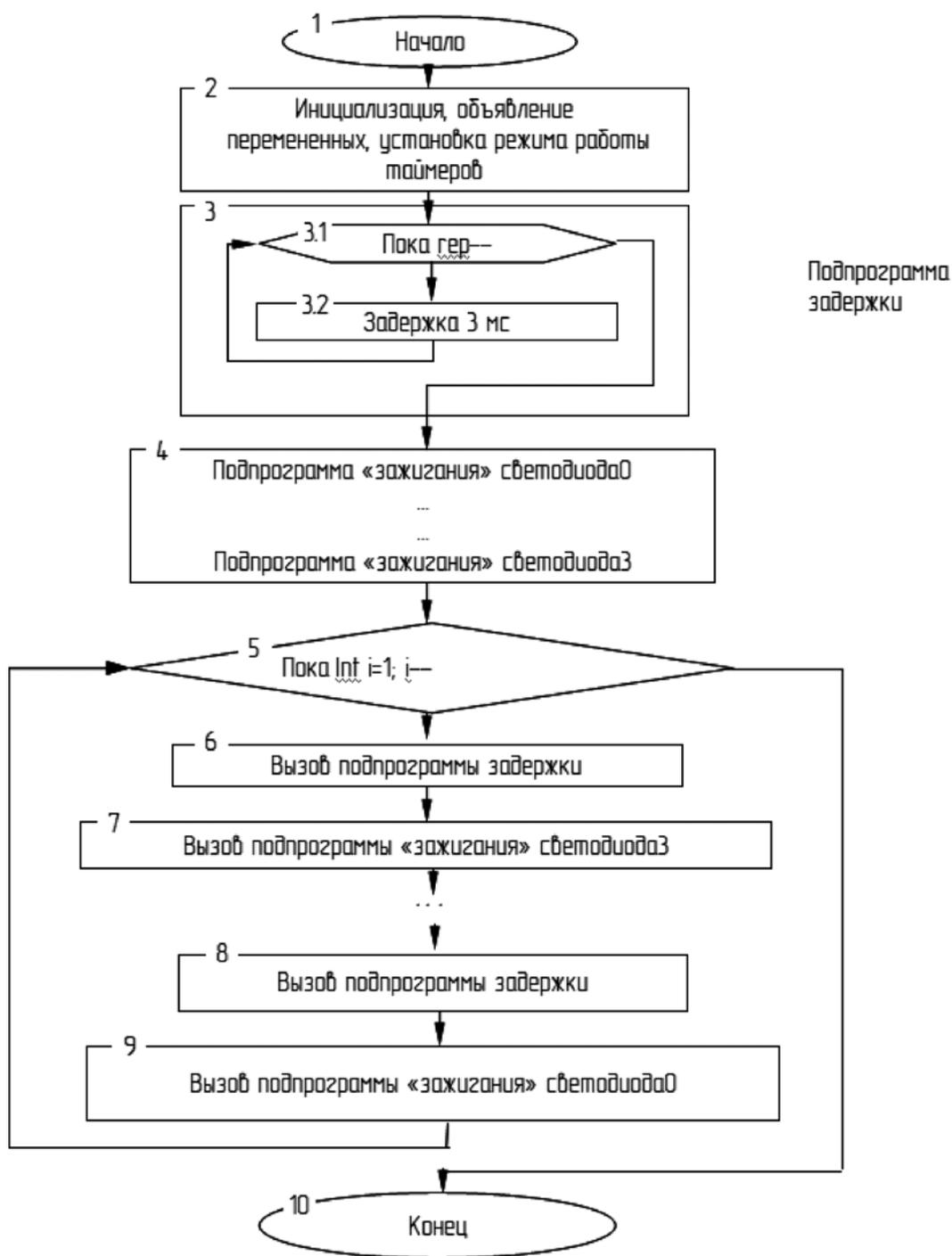


Рис. 6. Алгоритм программы

```

unsigned int i=1;
while(i--){zadergka();vkl_sv3();}
i=1;
while(i--){zadergka();vkl_sv2();}
i=1;
while(i--){zadergka();vkl_sv1();}
i=1;
while(i--){zadergka();vkl_sv0();}
}
  
```

В результате выполнения данной программы на рассматриваемом стенде с периодичностью в 4 секунды, по очереди, слева направо, по циклу, будут загораться и гаснуть светодиоды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мендыбаев, С.А. Промышленная электроника: учебное пособие / С.А. Мендыбаев, С.С. Ишенов, Г.О. Сулейменова. — Астана: КазАТУ, 2019. — 109 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/233972> (дата обращения: 15.03.2024). — Режим доступа: для авториз. Пользователей.
2. Богаченков, А.Н. Цифровые устройства и микропроцессоры: методические указания / А.Н. Богаченков. — Москва: РТУ МИРЭА, 2022. — 77 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/240125> (дата обращения: 11.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Миронов, Б.М. Микроконтроллеры серии 8051: практикум: учебное пособие / Б.М. Миронов. — Иркутск: ИргУПС, 2018. — 77 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117563> (дата обращения: 15.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Кормилин, В.А. Вычислительная техника: учебное пособие / В.А. Кормилин. — Москва: ТУСУР, 2019. — 140 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/313487> (дата обращения: 15.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Водовозов, А.М. Микроконтроллеры для систем автоматики: учебное пособие / А.М. Водовозов. — 2-е изд. — Вологда: ВоГУ, 2015. — 164 с. — ISBN 978-5-87851-599-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/93084> (дата обращения: 15.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Исаев, А.В. Программируемые цифровые устройства: микроконтроллеры: учебное пособие / А.В. Исаев, П.Г. Кривицкий, К.В. Пантелеев. — Минск: БНТУ, 2020. — 95 с. — ISBN 978-985-583-071-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/248408> (дата обращения: 15.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
7. Микушин, А.В. Программирование микропроцессорных систем на языке С-51 / А.В. Микушин. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 124 с. — ISBN 978-5-507-45539-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/311828> (дата обращения: 15.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

© Щеголев Сергей Сергеевич (SSShchegolev@mephi.ru); Ефремова Татьяна Александровна (TAEfremova@mephi.ru);
Мотков Александр Геннадьевич (AGMotkov@mephi.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СПОСОБЫ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ РАБОТЫ UART

METHODS OF SOFTWARE
IMPLEMENTATION OF UART OPERATION

S. Shchegolev
T. Efremova
A. Motkov

Summary. The article describes the operation of the serial asynchronous UART interface. The UART is used to transfer data between the microcontroller and the computer. Setting up the UART includes selecting the synchronization source and determining the operating mode. To set the UART operation mode, you need to change the values of the SMO and SM1 bits in the SCON register. Synchronization can be carried out from Timer 3 or Timer 1. To determine the information transfer rate via UART, it is necessary to calculate the value of the counter register TH1. The timer is started automatically, and data is transmitted through the SBUF register. The TI flag signals the completion of the transfer, and you can arrange for TI to be checked for zero in the loop. To optimize the execution time of the program, you can change the section of the program that sends a byte of data.

Keywords: microcontroller, data transfer protocol, timer, command, program, UART, transfer rate, operating mode.

Щеголев Сергей Сергеевич

Доцент, кандидат технических наук, Балаковский инженерно-технологический институт — филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Балаково, Россия
SSShchegolev@mephi.ru

Ефремова Татьяна Александровна

Доцент, кандидат технических наук, Балаковский инженерно-технологический институт — филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Балаково, Россия
TAEfremova@mephi.ru

Мотков Александр Геннадьевич

Старший преподаватель, Балаковский инженерно-технологический институт — филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Балаково, Россия
AGMotkov@mephi.ru

Аннотация. Статья описывает работу последовательного асинхронного интерфейса UART. UART используется для передачи данных между микроконтроллером и компьютером. Настройка UART включает выбор источника синхронизации и определение режима работы. Для установки режима работы UART необходимо изменить значения битов SMO и SM1 в регистре SCON. Синхронизация может осуществляться от Таймера 3 или Таймера 1. Для определения скорости передачи информации по UART необходимо рассчитать значение регистра счетчика TH1. Запуск таймера происходит автоматически, а передача данных осуществляется через регистр SBUF. Флаг TI сигнализирует о завершении передачи, и можно организовать проверку TI на равенство нулю в цикле. Для оптимизации времени выполнения программы можно изменить участок программы, отправляющий байт данных.

Ключевые слова: микроконтроллер, протокол передачи данных, таймер, команда, программа, UART, скорость передачи, режим работы.

Узел вычислительных устройств, называемый универсальным асинхронным приёмопередатчиком, предназначен для связи с другими цифровыми устройствами. На сегодняшний день самым распространенным физическим протоколом передачи данных является протокол UART. По умолчанию, последовательный порт микроконтроллера ADuC842 синхронизируется от Таймера 1. Скорость передачи данных определяется временем срабатывания таймера по формуле [1]:

$$BR = \frac{1}{32 \cdot T_T}, \quad (1)$$

где T_T — время срабатывания таймера.

Для того, чтобы установить режим работы таймера в режиме с автоперезагрузкой (режим 2), необходимо записать бинарную комбинацию 0010b в старшие 4 бита регистра TMOD. В этом случае скорость передачи данных будет определяться другой формулой:

$$BR = \frac{f_{core}}{32 \cdot (256 - TH1)}, \quad (2)$$

где f_{core} — частота ядра микропроцессора; TH1 — содержимое регистра данных TH1.

Значение регистра TH1, которое обеспечивает требуемую скорость, может быть найдено из формулы:

$$TH1 = 256 - \frac{f_{core}}{32 \cdot BR} \quad (3)$$

Формула (3) позволяет получить результат вычисления, округленный до ближайшего целого, для $TH1$, который обеспечивает требуемую скорость.

Использование Таймера 1 для синхронизации UART не всегда позволяет достичь требуемой частоты с достаточной точностью. Если, например, при тактовой частоте ядра микропроцессора 2097 кГц (значение для ADuC842 по умолчанию) необходимо получить скорость передачи 19.2 кбит/с, то значение $TH1$ можно найти по формуле 3:

$$TH1 = 256 - \frac{2097}{32 \cdot 19,2} = 252,59 \approx 252. \quad (4)$$

Используя полученное значение $TH1$, рассчитаем реальную скорость передачи UART:

$$BR = \frac{2097}{32 \cdot (256 - 252)} = 16,38 \text{ (кбит/с)} \quad (5)$$

Проблема невозможности передачи данных возникла из-за того, что реальная скорость передачи UART оказалась на 14 % меньше требуемой. Для решения этой проблемы был добавлен специальный таймер 3, который предназначен для высокоточной синхронизации UART в широком диапазоне частот. Таймер 3 представляет собой набор настраиваемых делителей тактовой частоты ядра. Для управления таймером 3 используются два регистра специальных функций — $T3CON$ и $T3FD$. Используя полученное значение $TH1$, можно рассчитать реальную скорость передачи UART, которая равна 16,38 (кбит/с), что находится ниже требуемого значения.

Для синхронизации UART используется регистр $T3CON$, содержащий бит $T3EN$. Если он установлен в единицу, то синхронизация происходит от Таймера 3, иначе — от Таймера 1. Двоичный делитель DIV определяется младшими тремя битами этого же регистра. Регистр $T3FD$ настраивает дробный коэффициент деления.

$T3CON$ — это регистр конфигурации Таймера 3, который находится по адресу 0x9E в SFR. Значение регистра после подачи питания равно 0x00. Он не имеет побитовой адресации.

Регистр $T3FD$ — это регистр Таймера 3, который находится по адресу 0x9D в SFR. Значение регистра после подачи питания равно 0x00. Он также не имеет побитовой адресации.

Для расчета результирующей скорости последовательного порта с использованием структурной схемы Таймера 3 необходимо записать аналитическое выражение. Оно может быть представлено следующим образом:

$$BR = \frac{2 \cdot f_{core}}{2^{DIV-1} \cdot (T3FD + 64)}, \quad (6)$$

где f_{core} — частота ядра микроконтроллера.

Значение делителя DIV можно определить с помощью формулы 7, а дробный делитель $T3FD$ — по формуле 8. При этом значение DIV следует округлить до целого вниз, а значение $T3FD$ — до ближайшего целого [2]. Формула для определения DIV выглядит следующим образом:

$$DIV = \log_2 \frac{f_{core}}{16 \cdot BR}. \quad (7)$$

Формула для определения $T3FD$:

$$T3FD = \frac{2 \cdot f_{core}}{2^{DIV-1} \cdot BR} - 64. \quad (8)$$

Для предыдущего примера необходимо рассчитать параметры конфигурации Таймера 3, при тактовой частоте ядра микропроцессора 2097 кГц и требуемой скорости передачи 19.2 кбит/с. Для этого применяем формулы:

$$DIV = \log_2 \frac{2097}{16 \cdot 19,2} = 2,771 \approx 2 \quad (9)$$

$$T3FD = \frac{2 \cdot 2097}{2^{2-1} \cdot 19,2} - 64 = 45,219 \approx 45 \quad (10)$$

$$BR = \frac{2 \cdot 2097}{2^{2-1} \cdot (45 + 64)} = 19,239 \text{ (кбит/с)} \quad (11)$$

Таким образом, ошибка установления скорости составляет всего 0.2 %. Перед первым обращением к приемо-передатчику UART необходимо настроить последовательный порт: выбрать и настроить источник синхронизации, определить режим работы.

Для установки режима работы UART необходимо изменить значения битов $SM0$ и $SM1$, находящихся в регистре $SCON$. Этот регистр имеет как байтовую, так и битовую адресацию, поэтому его можно настроить несколькими способами: либо записать требуемое число в регистр $SCON$, либо установить каждый бит отдельно. Если бит $T3EN$ регистра $T3CON$ установлен в логическую единицу, то источником синхронизации будет Таймер 3, если же этот бит равен нулю ($T3EN = 0$ по умолчанию), то синхронизация будет происходить от Таймера 1. Если необходимо использовать Таймер 1, его нужно настроить на работу в режиме 2 (свободнобегущий таймер с автоперезагрузкой), для чего следует записать двоичную комбинацию 0010b в старшие четыре бита регистра $SMOD$.

Для определения скорости передачи информации по UART необходимо рассчитать значение регистра

счетчика *TH1* по формуле 3. Для запуска таймера необходимо записать логическую единицу в бит *TR1* регистра *TMOD* после записи *TH1*. Если синхронизация осуществляется от Таймера 3, то делители *DIV* и *T3FD* рассчитываются по формулам 5 и 6 соответственно. При записи делителя *T3FD* в регистр *T3FD*, необходимо определить делитель *DIV* младшими тремя битами регистра *T3CON*, при этом в старший бит этого регистра (*T3EN*) должна быть записана логическая единица. Запуск таймера происходит автоматически [3].

Для начала отправки данных по UART необходимо выполнить любую команду, результат которой будет записан в регистр *SBUF*. Например, чтобы отправить символ «Е», можно использовать следующий код: *SBUF = 0x45*. Однако каждый раз не обязательно использовать таблицу *ASCII* для определения кода символа. В языке программирования «Си» есть удобный инструмент — достаточно взять нужный символ в апострофы, и компилятор интерпретирует это как код символа. Таким образом, можно отправить символ «Е» следующим образом: *SBUF = 'E'*. Если требуется отправить несколько символов, необходимо дождаться отправки предыдущего символа, прежде чем записывать следующий код в регистр *SBUF*.

Флаг *TI* регистра *TCON* сигнализирует о завершении передачи. Как только передача завершена, в бит *TI* записывается логическая единица. Можно организовать проверку *TI* на равенство нулю в цикле и отправлять следующий байт только тогда, когда *TI* станет равен единице.

Для приложений, где необходимо оптимизировать время выполнения, можно изменить участок программы, отправляющий байт данных. Вместо ожидания пол-

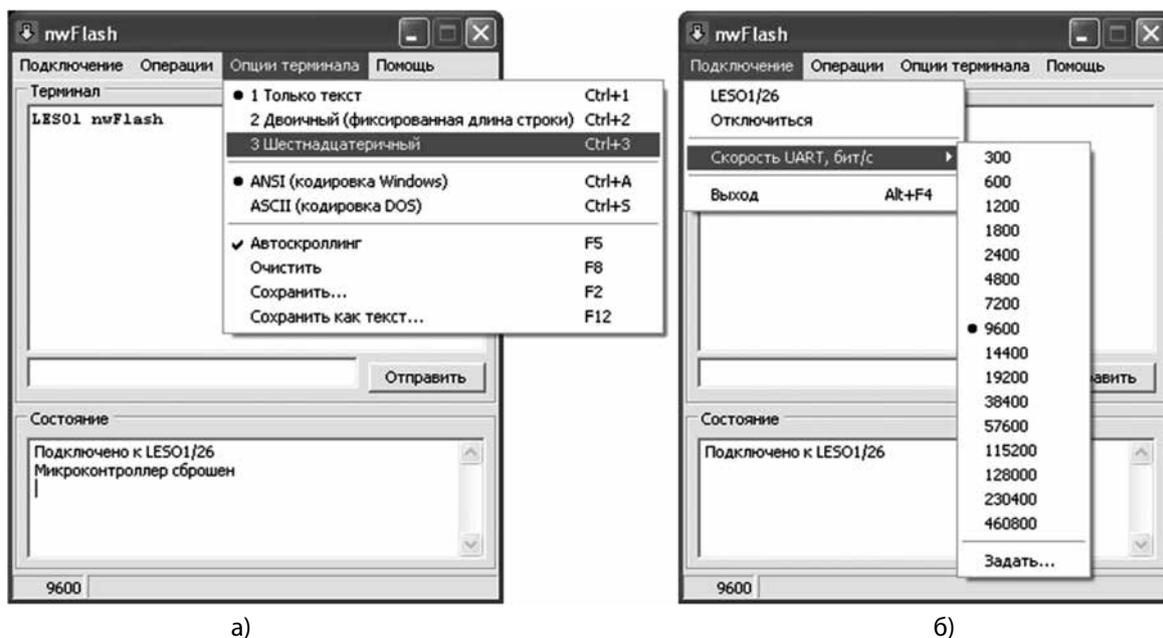
ной отправки байта и освобождения буфера, можно без задержки приступить к выполнению следующей программы. Однако перед отправкой следующего байта необходимо проверить, что буфер освободился и передатчик готов к работе. Для этого можно использовать следующие команды: сначала ждем завершения приема байта с помощью команды *while(!RI)*, затем считываем принятый байт в переменную *cmd* с помощью команды *cmd = SBUF*, и сбрасываем флаг приема с помощью команды *RI = 0* [4]:

```
while(!RI); // ждем завершения приема байта
cmd = SBUF; // считываем принятый байт в переменную cmd
RI = 0; // сброс флага приема
```

Для заполнения буфера и начала передачи необходимо подождать, пока буфер передачи не освободится (если занят), что достигается с помощью команды *while(!TI)*. Затем заполнение буфера и начало передачи выполняются с помощью *SBUF = 0x45*. Для сброса флага передачи в нуль используется команда *TI = 0*. Такой вариант реализации позволяет устранить паузы на выполнение программы между передачами отдельных байтов:

```
SBUF = 0x45; // отправить символ "E"
while(!TI); // пока TI равен нулю, выполнять пустой цикл
TI = 0; // сбросить флаг для следующей передачи
```

При написании программы для микроконтроллера необходимо учитывать, что она должна выполняться до отключения питания устройства и не может быть завершена. Для этого программа должна содержать бесконечный цикл [5].



а) б)
Рис. 1. Настройка опций терминала (а) и настройка скорости UART (б)

Для подключения учебного лабораторного стенда к персональному компьютеру используется микросхема преобразователя интерфейсов USB-UART.

В программе загрузчика nWFlash реализован терминал для связи с микроконтроллером. Терминал позволяет отправлять и принимать информацию через последовательный порт, а также отображать принятую информацию. Настройка терминала производится в пункте «Опции терминала» (рисунок 1,а) в главном меню. Для работы с учебным стендом необходимо установить требуемую скорость подключения в меню «подключение», как показано на рисунке 1,б.

В графическом виде алгоритм программы работы последовательного асинхронного интерфейса UART представлен на рисунке 2.

Основная программа включает 3 подпрограммы и реализует прием и передачу символов через порт UART. Для синхронизации используется Таймер3, а скорость передачи данных составляет 9600 бит/с [6].

При запуске программы появляется сообщение «Введите символ.», которое отправляет подпрограмма приветствия на компьютер. Затем запускается подпрограмма приема символа, которая считывает символ, введенный пользователем с клавиатуры, и записывает его в переменную cmd. В конце запускается подпрограмма передачи полученного символа, которая выводит сообщение «Вы ввели символ: » в окно терминала, а затем отображает введенный ранее пользователем символ.

```

Текст программы на языке C-51 [7]:
#include <stdio.h>
// Ob'yavimperemenniepobytno
sbit TI =0x99; // Flag priema
sbit RI =0x98; // Flag peredachi
sfr T3CON=0x9E; //
Opredelyaettaimersinhronizatsii
sfr SBUF =0x99; // Bufer
sfr T3FD =0x9D; // Delitel' dlya Taimera3
sfr PLLCON =0xD7; // Delitel'
dlyaTaktovogoGeneratora
sfr SCON =0x98; // Opredelyaetregimraboty UART
charcmd;
voidPrivetstvie(){
while(!TI); TI=0;SBUF=0x0A;while(!TI);TI=0;SBUF='B';
while(!TI); TI=0;SBUF='v';while(!TI); TI=0;SBUF='e';
while(!TI); TI=0;SBUF='d';while(!TI); TI=0;SBUF='u';
while(!TI); TI=0;SBUF='t';while(!TI); TI=0;SBUF='e';
while(!TI); TI=0;SBUF='';while(!TI); TI=0;SBUF='c';
while(!TI); TI=0;SBUF='i';while(!TI); TI=0;SBUF='m';
while(!TI); TI=0;SBUF='v';while(!TI); TI=0;SBUF='o';
while(!TI); TI=0;SBUF='l';while(!TI); TI=0;SBUF='.';
while(!TI); TI=0;SBUF='';while(!TI); TI=0;SBUF='';
    
```

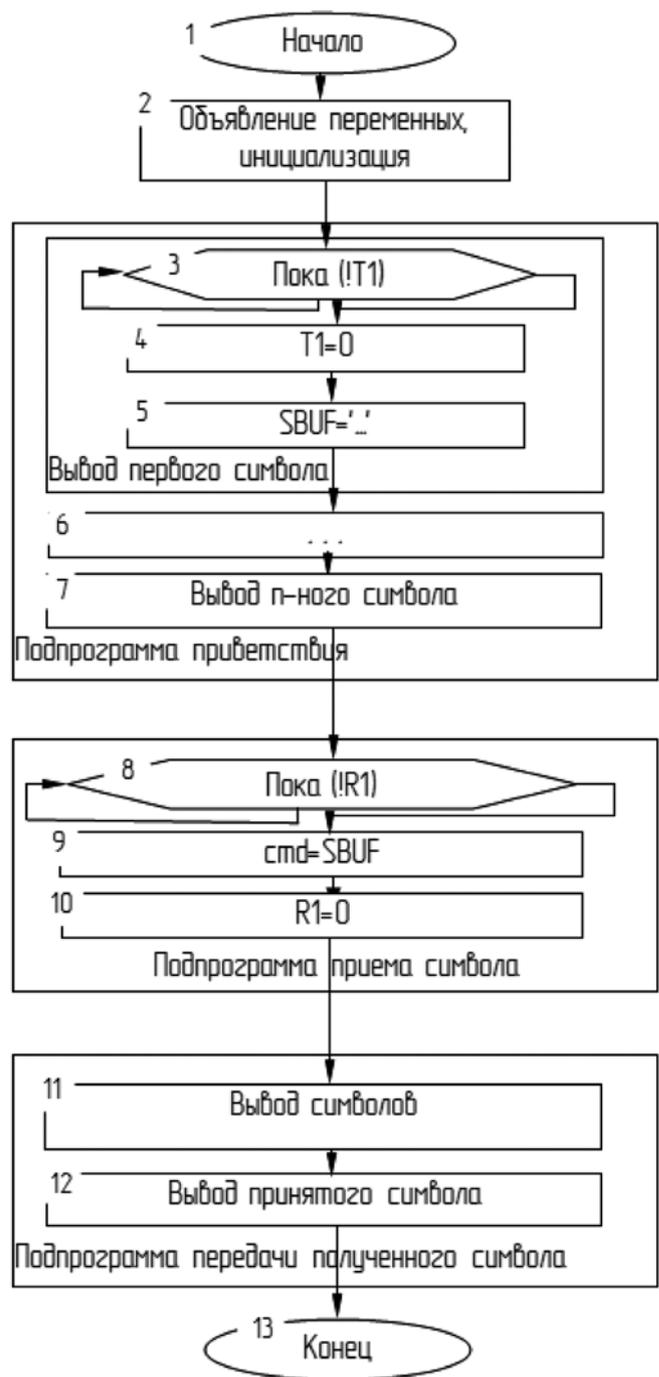


Рис. 2. Алгоритм программы работы порта UART

```

}
Priem(){
while(!RI);
cmd=SBUF;
RI=0;
}
voidPeredacha(){
while(!TI); TI=0; SBUF=0x0A;while(!TI); TI=0;SBUF='B';
while(!TI); TI=0;SBUF='ы';while(!TI); TI=0;SBUF='';
while(!TI); TI=0;SBUF='в';while(!TI); TI=0;SBUF='в';
    
```

```

while(!TI); TI=0;SBUF='e';while(!TI); TI=0;SBUF='л';
while(!TI); TI=0;SBUF='и';while(!TI); TI=0;SBUF='';
while(!TI); TI=0;SBUF='с';while(!TI); TI=0;SBUF='и';
while(!TI); TI=0;SBUF='м';while(!TI); TI=0;SBUF='в';
while(!TI); TI=0;SBUF='о';while(!TI); TI=0;SBUF='л';
while(!TI); TI=0;SBUF=':';while(!TI); TI=0;SBUF='';
while(!TI); TI=0;SBUF='';
SBUF=cmd;
while(!TI);
    TI=0;
}
Main(){
    T3CON =0x86-(PLLCON &0x03);
    T3FD =0x02D;
    SCON=0x052;
Privetstvie();
Priem();
Peredacha();
}

```

Результат работы программы представлен на рисунке 3.

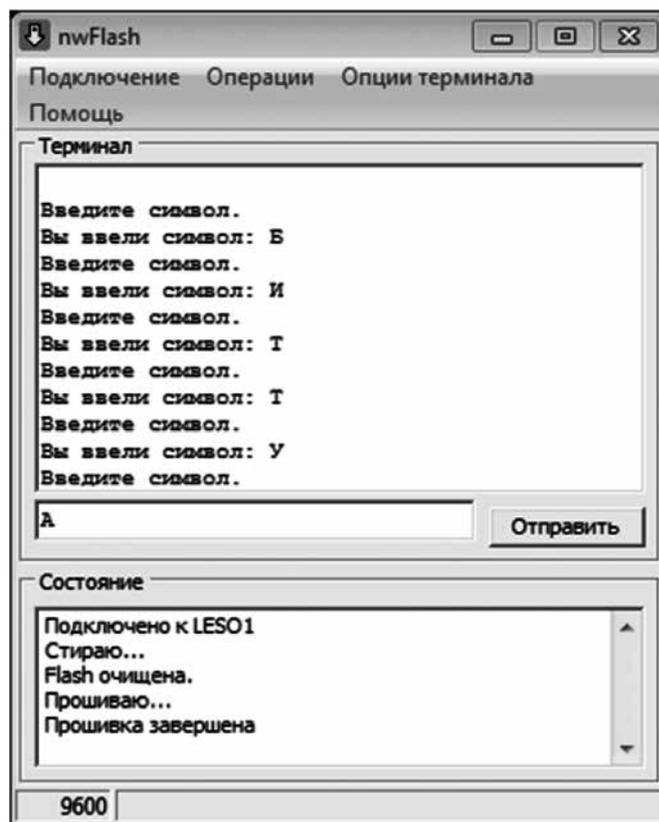


Рис. 3. Результат работы программы

В результате выполнения данной программы выводится произвольный текст.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сонькин, М.А. Микропроцессорные системы. Применение микроконтроллеров семейства AVR для управления внешними устройствами: учебное пособие / М.А. Сонькин, Д.М. Сонькин, А.А. Шагин. — Томск: ТПУ, 2016. — 88 с. — ISBN 978-5-4387-0708-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107726> (дата обращения: 15.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Смирнов, Ю.А. Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники: учебное пособие / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 496 с. — ISBN 978-5-8114-1379-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211292> (дата обращения: 01.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Кормилин, В.А. Вычислительная техника: учебное пособие / В.А. Кормилин. — Москва: ТУСУР, 2019. — 140 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/313487> (дата обращения: 15.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Гаврилов, А.Н. Средства и системы управления технологическими процессами: учебное пособие / А.Н. Гаврилов, Ю.В. Пятаков. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 376 с. — ISBN 978-5-8114-4584-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/206903> (дата обращения: 01.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Брайант, Р.Э. Компьютерные системы. Архитектура и программирование / Р.Э. Брайант, Д.Р. О'Халларон ; перевод с английского А. Н. Киселева. — 3-е изд. — Москва: ДМК Пресс, 2022. — 994 с. — ISBN 978-5-97060-492-2. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/314912> (дата обращения: 15.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Федотов, А.В. Компьютерное управление в производственных системах: учебное пособие для вузов / А.В. Федотов, В.Г. Хомченко. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 620 с. — ISBN 978-5-8114-8065-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171424> (дата обращения: 01.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
7. Микушин, А.В. Программирование микропроцессорных систем на языке C-51 / А.В. Микушин. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 124 с. — ISBN 978-5-507-45539-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/311828> (дата обращения: 15.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

© Щеголев Сергей Сергеевич (SSShchegolev@mephi.ru); Ефремова Татьяна Александровна (TAEfremova@mephi.ru);

Мотков Александр Геннадьевич (AGMotkov@mephi.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПЕРВЫЕ УРОКИ COVID-19 В АКУШЕРСТВЕ

FIRST LESSONS OF COVID-19
IN OBSTETRICS

L. Azbukina

Summary. This article discusses the issues of studying the impact of coronavirus infection COVID-19 on the course of pregnancy, as well as the interaction between mother and fetus. For this purpose, the results of foreign and domestic studies for 2020–2022, based on an analysis of clinical practice, were considered. It is concluded that the presence of infection with the COVID-19 virus, both in pregnant women and those who have had the disease and subsequently become pregnant, leads to complications and pathologies, both in the woman in labor and in her fetus. Despite the already established approaches, further medical research is necessary in order to find the most effective methods of therapy and diagnosis, as well as the development of algorithms, methodological approaches, and tools for determining standard treatment procedures for various coronavirus infections, including using digital technologies.

Keywords: pregnancy, coronavirus infection COVID-19, immunity, interaction between mother and fetus, risk factors, algorithm.

Коронавирусная инфекция (COVID-19) с конца декабря 2019 года прошла путь от очагового заболевания и эпидемии в провинции Хубэй (КНР) до пандемии, которая унесла жизни миллионов жителей планеты. Было установлено, что вирус SARS-CoV-2, вызывающий COVID-19, имеет генетическое сходство с известными коронавирусами, но отличается от них. Сложность ситуации заключается в серьезных патологических изменениях в ходе заболевания, которое затрагивает все возрастные группы населения — от новорожденных до пожилых людей. При этом в особой группе находятся беременные женщины, которые более уязвимы к респираторным инфекциям и поэтому в большей степени восприимчивы к COVID-19.

Ввиду начального распространения COVID-19 по территории Китая именно исследования ученых этой страны стали первыми и наиболее многочисленными за весь период пандемии.

В ходе различных исследований было установлено, что у беременных женщин с COVID-19 отмечались различные изменения в ходе беременности, в том числе и повышенная распространенность преждевременных родов [9]. По результатам клинических исследований беременные женщины были отнесены к группе с высоким риском развития тяжелой формы COVID-19 и более высокому риску негативного воздействия коронавирусной инфекции на развитие плода. Кроме этого, COVID-19

Азбукина Людмила Николаевна
доктор медицинских наук, профессор,
Приднестровский государственный университет
им. Т.Г. Шевченко, г. Тирасполь, Молдова
ludmilatir@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы изучения влияния коронавирусной инфекции COVID-19 на протекание беременности, а также взаимодействие матери и плода. Для этого рассмотрены результаты зарубежных и отечественных исследований за 2020–2022 годы, основанных на анализе клинической практики. Сделан вывод о том, что наличие заражения вирусом COVID-19 как у беременных женщин, так и перенесших заболевание и в последствии уже забеременевших, может привести к осложнениям и патологиям, как у самой роженицы, так и у ее плода. Несмотря на уже сформировавшиеся подходы, необходимо дальнейшее проведение медицинских исследований с целью поиска наиболее эффективных методов терапии и диагностики, а также разработки алгоритмов, методических подходов, инструментария для определения стандартных лечебных процедур при различных коронавирусных инфекциях, в том числе и с применением цифровых технологий.

Ключевые слова: беременность, коронавирусная инфекция COVID-19, иммунитет, взаимодействие матери и плода, факторы риска, алгоритм.

менял иммунные реакции на стыке матери и плода, тем самым оказывая влияние на самочувствие матерей и младенцев [8].

Распространение COVID-19 оказало влияние и на поведенческие практики пациенток. Так, согласно, имеющихся данных опроса 200 акушеров-гинекологов амбулаторного звена в 25 городах Российской Федерации в 2020 году более трети женщин детородного возраста стали чаще откладывать рождение детей на более позднее время, а четверть стали самостоятельно подбирать себе метод контрацепции. Также значительно (практически в 2 раза) участилось и дистанционное обследование беременных без посещения врача, что объясняется высоким риском инфицирования, кроме этого, отмечалось и повышение внимания наблюдавшихся беременных женщин к своему состоянию здоровья и вовлеченность в ранее диагностирование заболевания [6].

В ходе медицинских наблюдений и диагностики было установлено, что беременные женщины и роженицы с подтвержденным диагнозом COVID-19 имели значительно более высокий риск госпитализации в отделение интенсивной терапии по сравнению с теми, кто не имел подобного диагноза [4]. Кроме этого, у пациенток с COVID-19 отмечалась и в большей степени необходимость использования ИВЛ в ходе лечения по сравнению с небеременными женщинами репродуктивного возраста с коронавирусной инфекцией [3].

Исследователи отмечают, что факторами риска получения тяжелой формы COVID-19 во время беременности являются следующие: возраст женщины, лишний вес и ожирение (высокий индекс массы тела), сопутствующие заболевания, хронические заболевания легких и почек, гестационный диабет, сердечно-сосудистые заболевания (в т.ч. артериальная гипертензия), онкология и преэклампсия [5, 13, 15].

Также существуют и негативные последствия у беременных женщин, которые уже перенесли COVID-19 — в большей степени наблюдаются акушерские и перинатальные осложнения, связанные с повышенной угрозой прерывания беременности, приводящие к преждевременным родам и плацентарной недостаточности, многоводию и маловодию [16]. Кроме этого, отмечаются задержка роста плода, дистресс и асфиксия новорожденного, чаще формируется внутриутробная инфекция, а также и другие перинатальные патологии, повышение заболеваемости новорожденных, поражение нервной системы, в том числе из-за наличия большого количества сопутствующих заболеваний [7, 17].

Все это указывает на повышенные риски деторождения при заражении беременной женщины коронавирусной инфекцией COVID-19. В связи с этим уже после первых клинических исследований и получения результатов медицинских наблюдений Минздравом России были разработаны методические рекомендации «Организация оказания медицинской помощи беременным, роженицам, родильницам и новорожденным при новой коронавирусной инфекции COVID-19» [1].

Кроме этого, на сегодняшний день существуют специально разработанные алгоритмы ведения беременных с COVID-19 [2], которые позволяют усовершенствовать работу гинекологов уже на ранних этапах наблюдения беременных, а также способствуют применению наи-

более эффективных методик лечения коронавирусной инфекции.

Опыт наблюдения беременных пациенток с COVID-19 показал, что их ведение должно быть индивидуализировано [11, 12]. Кроме этого, необходимо избирательное отношение и к назначению противовирусной терапии беременным женщинам — основными ориентирами здесь должны являться срок гестации, тяжесть болезненного состояния и наличие сопутствующих заболеваний, а также проведение постоянного контроля за гепатотоксическим действием применяемых лечебных препаратов [10, 14].

В современной ситуации после прохождения многочисленных трансформаций первоначальный штамм COVID-19 постепенно перешел в разряд инфекций, несущих сезонные заболевания, сравнимых с грипповирусной инфекцией и распространенными респираторными заболеваниями. Вместе с тем, ситуация пандемии показала, что новые коронавирусные инфекции несут значительный риск для успешного прохождения различных этапов беременности, оказывая влияние и на последующее рождение ребенка уже ранее переболевшей женщиной.

Следует полагать, что человечество может столкнуться в ближайшие перспективы с подобными новыми штаммами коронавирусной инфекции, которые могут нести повышенные риски для беременных женщин, успешности деторождения и развития плода. Это требует дальнейшего проведения исследований с целью поиска наиболее эффективных методов терапии и диагностики, а также разработки алгоритмов, методических подходов, инструментария для определения стандартных лечебных процедур при различных коронавирусных инфекциях, в том числе и с применением цифровых технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адамян Л.В., Артымук Н.В., Беженарь В.Ф., Белокриницкая Т.Е. Организация оказания медицинской помощи беременным, роженицам, родильницам и новорожденным при новой коронавирусной инфекции COVID-19. Методические рекомендации. 5-е изд. М., 2021. 131 с.
2. Артымук Н.В., Белокриницкая Т.Е., Фролова Н.И. Алгоритмы ведения беременных с COVID-19 // Акушерство и гинекология. 2022; 53: С. 4–14.
3. Белокриницкая Т.Е., Артымук Н.В., Филиппов О.С., Фролова Н.И. COVID-19 у беременных Сибири и Дальнего Востока: итоги 2 лет пандемии // Акушерство и гинекология. 2022; 4: 47–54.
4. Белокриницкая Т.Е., Артымук Н.В., Филиппов О.С., Фролова Н.И. Клиническое течение, материнские и перинатальные исходы новой коронавирусной инфекции COVID-19 у беременных Сибири и Дальнего Востока // Акушерство и гинекология. 2021; 2: 48–54.
5. Кравченко Е.Н., Куклина Л.В., Овчинникова Е.М., Чебакова В.Ю., Выжлова Е.Н., Баранов И.И. Covid-19: исходы беременности и родов при использовании в лечении препаратов рекомбинантного интерферона // Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. 2021; 20(5): 36–42.
6. Макагонов Г.А. COVID-19 в практике акушеров-гинекологов и врачей общей практики. Лекция для врачей. URL: <https://shopdon.ru/blog/covid-19-v-praktike-akusherov-ginekologov-i-vrachey-obshchey-praktiki>.
7. Шевлюкова Т.П., Жусупова Ж.К., Соловьёва Е.Н. Ассоциативное влияние новой коронавирусной инфекции SARS-COV-2, перенесенной в период беременности, на формирование неврологических нарушений новорожденных: клинический случай // Пермский медицинский журнал. 2021; 38(5). 165–172.
8. Chen H. [et al.] Clinical characteristics and intrauterine vertical transmission potential of COVID-19 infection in nine pregnant women: a retrospective review of medical records. Lancet. 2020; 395(10226): 809–815.

9. Chen L. [et al.] Clinical characteristics of pregnant women with Covid-19 in Wuhan, China. *N Engl J Med.* 2020; 382(25): e100.
10. Giampreti A. [et al.] Medication's prescriptions in COVID-19 pregnant and lactating women: the Bergamo Teratology Information Service experience during COVID-19 outbreak in Italy. *J Perinat Med.* 2020; 48(9): 1001–1007.
11. Horby P.W. [et al.] Lopinavir–ritonavir in patients admitted to hospital with COVID-19 (RECOVERY): a randomised, controlled, open-label, platform trial. *The Lancet.* 2020; 396: 1345–1352.
12. Liauw J., Gundy S., Rochweg B., Hutcheon J.A. Antenatal corticosteroids and COVID-19: balancing benefits and harms. *Am J Obstet Gynecol.* 2020; 223(6): 956–957.
13. Liu H. [et al.] Why are pregnant women susceptible to COVID-19? An immunological viewpoint. *J Reprod Immunol.* 2020; 139: 103122.
14. Ramírez I. [et al.] Managing thromboembolic risk with menopausal hormone therapy and hormonal contraception in the COVID-19 pandemic: Recommendations from the Spanish Menopause Society, Sociedad Española de Ginecología y Obstetricia and Sociedad Española de Trombosis y Hemostasia. *Maturitas.* 2020; 137: 57–62.
15. Wastnedge E.A.N. [et al.] Pregnancy and COVID-19. *Physiol Rev.* 2021 Jan 1; 101(1): 303–318.
16. Yan J. [et al.] Coronavirus disease 2019 (COVID-19) in pregnant women: a report based on 116 cases. *Am J Obstet Gynecol.* 2020; 223(1): 111.e1–111.e14.
17. Zambrano L.D. [et al.] CDC COVID-19 Response Pregnancy and Infant Linked Outcomes Team. Update: Characteristics of Symptomatic Women of Reproductive Age with Laboratory-Confirmed SARS-CoV-2 Infection by Pregnancy Status - United States, January 22–October 3, 2020 *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2020; 69(44): 1641–1647.

© Азбукина Людмила Николаевна (ludmilatir@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВОЗМОЖНОСТИ ЭНДОВЕНОЗНОЙ ЛАЗЕРНОЙ КОАГУЛЯЦИИ В ЛЕЧЕНИИ ВАРИКОЗНОЙ БОЛЕЗНИ ВЕН НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДИАМЕТРА БОЛЬШОЙ ПОДКОЖНОЙ ВЕНЫ

POSSIBILITIES OF ENDOVENOUS LASER COAGULATION IN THE TREATMENT OF VARICOSE VEINS OF THE LOWER EXTREMITIES DEPENDING ON THE DIAMETER OF THE GREAT SAPHENOUS VEIN

**Zh. Basarbolieva
S. Ovchinnikov
V. Anosov
A. Severtsev
A. Chernyakov
D. Vardanyan
E. Keshyan**

Summary. Treatment of varicose veins is an urgent and socially significant problem. Despite the improvement of surgical treatment techniques, the number of relapses remains high. One of the unresolved issues is the effectiveness and feasibility of using endovenous techniques in the treatment of advanced forms of the disease, as well as large-diameter veins. The study included 173 patients who were divided into 3 groups based on the diameter of the GSV. All patients underwent EVLT. Quality of life was assessed using the CIVIQ 20 scale, and the absence of recanalization of the GSV trunk was also assessed. Short-term and long-term results showed that EVLT is a highly effective and safe treatment method. Our study showed the success of this technique in patients with different GSV diameters.

Keywords: varicose veins, EVLT, chronic venous disease, great saphenous vein.

Басарболиева Жанна Вячеславовна

Кандидат медицинских наук,
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Российский национальный исследовательский
медицинский университет имени Н.И. Пирогова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации.
basarbolievazh@gmail.com

Овчинников Сергей Витальевич

Государственное бюджетное учреждение
здравоохранения города Москвы «Городская клиническая
больница №15 имени О.М. Филатова»
Департамента здравоохранения города Москвы
servio15@mail.ru

Аносов Виктор Давидович

Кандидат медицинских наук,
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Российский национальный исследовательский
медицинский университет имени Н.И. Пирогова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
avsurg@mail.ru

Северцев Алексей Николаевич

Доктор медицинских наук, профессор,
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Российский национальный исследовательский
медицинский университет имени Н.И. Пирогова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

Черняков Артем Викторович

Кандидат медицинских наук,
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Российский национальный исследовательский
медицинский университет имени Н.И. Пирогова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
doc_artur@mail.ru

Варданян Давид Мартинович

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Российский национальный исследовательский
медицинский университет имени Н.И. Пирогова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
dr-vardanyan@mail.ru

Кешян Эрик Ашотович

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Российский национальный исследовательский
медицинский университет имени Н.И. Пирогова»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Erik-kesh@yandex.ru



Варикозная болезнь вен нижних конечностей — одна из самых распространенных патологий периферических сосудов. В России варикозной болезнью страдают около 35 млн человек и с каждым годом отмечается прирост числа больных данным заболеванием [1]. Кроме ежегодного увеличения числа больных с различными формами варикозной болезни, возникает также тенденция к омоложению заболевания [2, 3]. Высокая распространенность патологии, возникновение варикозного расширения вен нижних конечностей у молодых людей, рост частоты декомпенсированных форм болезни, рецидивирующее течение заболевания, приводящее к ухудшению качества жизни и снижению трудоспособности, создают медико-социальную значимость проблемы [4, 5]. Несмотря на значительно накопленный опыт, проблему диагностики и лечения варикозной болезни на данный момент нельзя назвать разрешенной. Лечение и диагностика пациентов с данной патологией является весьма актуальной и общественно важной задачей. Остается высоким процент рецидивов заболевания, который, по данным литературы, достигает 8–70 % [6]. На сегодняшний день основным лечением варикозной болезни является хирургическое вмешательство. Приоритет отдается миниинвазивным эндовенозным методикам, которые сочетают в себе радикализм, эффективность и высокий эстетический результат [7, 8]. Применение малоинвазивных методик позволяет уменьшить травматичность вмешательства, улучшить косметических эффект и сократить сроки реабилитации пациентов [9, 10]. Однако, несмотря на активное внедрение в практику в последние годы эндовенозных методик лечения варикозной болезни, частота рецидивирования заболевания остается сопоставимой с открытыми оперативными вмешательствами [11]. Ведутся активные споры и дискуссии по поводу оптимального метода лечения варикозной болезни, при этом число рецидивов по-прежнему остается достаточно высоким. В связи с этим продолжение тщательного и всестороннего изучения вопроса о применении ЭВЛК является актуальным и представляет научно-практический интерес.

Аннотация. Лечение варикозной болезни является актуальной и социально-значимой проблемой. Несмотря на совершенствование методик хирургического лечения, число рецидивов остается высоким. Одним из нерешенных вопросов является эффективность и целесообразность применения эндовенозных методик в лечении запущенных форм заболевания, а также вен крупного диаметра. В исследование включены 173 пациента, которые были разделены на 3 группы с учетом диаметра БПВ. Всем пациентам выполнялась ЭВЛК. Оценка качества жизни проводили по шкале CIVIQ 20, также оценивали отсутствие реканализации ствола БПВ. Ближайшие и отдаленные результаты показали, что ЭВЛК является высокоэффективным и безопасным методом лечения. Наше исследование показало успешность выполнения данной методики у пациентов с различным диаметром БПВ.

Ключевые слова: варикозная болезнь, ЭВЛК, хроническое заболевание вен, большая подкожная вена.

Одним из актуальных и нерешенных вопросов является эффективность и целесообразность применения ЭВЛК в лечении осложненных и запущенных форм заболевания, а также вен крупного диаметра. По мнению ряда авторов, эндовенозные методы термооблитерации являются методом выбора лечения варикозной болезни, вытеснив открытые методики оперативного лечения [12]. В то же время, часть авторов придерживаются мнения, что применение ЭВЛК у данных пациентов приводит к росту числа осложнений [13]. Многие исследователи считают крупный диаметр ограничением для проведения лазерной коагуляции, а эффективность данной методики при расширении ствола БПВ более 1 см остается противоречивой [15], в том числе и в отдаленном послеоперационном периоде [16]. Galanopoulos G., Lambidis C. также считают, что ЭВЛК не применимо в случае выраженного расширения вены, а также у пациентов извитостью сосуда. Другие авторы считают, что диаметр вены не имеет значения, так как при введении туменецентной анестезии вена сжимается. В связи с вышеизложенным, представляется интересным и актуальным изучение ближайших и отдаленных результатов ЭВЛК у пациентов с варикозной болезнью вен нижних конечностей с большим диаметром БПВ.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ: выявить виды и частоту развития осложнений и рецидивов после ЭВЛК у пациентов с варикозным расширением вен нижних конечностей с различным диаметром БПВ.

Методы исследования

С 2019 по 2022 года на базе ГКБ 15 им. О.М. Филатова было выполнено 770 операций методом ЭВЛК. Проведено проспективное сравнительное исследование, включающее в себя 173 пациента. Критериями включения в исследование были: варикозная трансформация в бассейне БПВ; хроническое заболевание вен CEAP 2–4 клинических классов; возраст старше 18 лет. Критерии исключения — варикозная трансформация в бассейне

МПВ; тромбозы глубоких вен, тромбофлебиты поверхностных вен давностью менее 3 недель; беременность и период лактации. Перед включением в исследование всем пациентам проводился сбор жалоб, анамнеза, физикальное обследование, оценка боли по визуальной-аналоговой шкале (ВАШ), оценка качества жизни по опроснику CIVIQ20, а также выполнялось цветное дуплексное ангиосканирование. Возраст пациентов варьировал от 18 до 79 лет. Средний возраст составил — 56,7±6,9 лет. Мужчин было — 38 (22 %), женщин — 135 (78 %). В исследование включены пациенты с хроническими заболеваниями вен СЕАР 2-4 по классификации СЕАР. СЕАР 2—59 %, СЕАР 3—22 %, СЕАР 4—19 %. В исследование вошли пациенты с I- и h-типами строения БПВ (с I-типом — 103 (59,5 %) и h-типом строения БПВ — 70 (40,5 %)). Все вены имели магистральный тип строения и залегали в фасциальном футляре или в глубине подкожно-жировой клетчатки. Сопутствующие заболевания были выявлены у 42 (24,3 %) больных. Длительность заболевания составила в среднем 9,4±5,2 года. Индекс массы тела не превышал 30 кг/м². У пациентов имелась несостоятельность сафенофemorального соустья с рефлюксом по стволу большой подкожной вены. Рефлюкс оценивали при проведении пробы Вальсальвы и дистальной компрессионной пробы. Несостоятельность перфорантных вен оценивали по наличию рефлюкса длительностью более 0,5 с и диаметру более 0,3 см. Ультразвуковое дуплексное ангиосканирование проводилось на аппарате Vivid iq, GE (USA) линейным датчиком с частотой 7,5 МГц. Пациенты были разделены на 3 группы с учетом диаметра большой подкожной вены. В первую группу вошли пациенты с диаметром БПВ — до 1 см; во вторую группу — с диаметром БПВ 1–2 см; с третью группу пациенты с диаметром БПВ 2–3 см. Пациенты были сопоставимы по возрасту, полу, анатомическому варианту строения БПВ, сопутствующим заболеваниям (табл. 1).

Пациентам выполнялась ЭВЛК ствола БПВ, минифлебэктомия притоков БПВ методом Варади, несостоятельные перфорантные вены пересекались и перевязывались. Операция выполнялась под местной тумесцентой анестезией (объемом 800 мл), под УЗИ контролем, с применением диодного лазера с длиной волны 1470 нм и радиальным световодом, скорость тракции световода –0,75мм/с. Оперативное лечение в среднем длилось 60 минут. Эластическая компрессия 2 класса применялась в течение 1 месяца после операции. В послеоперационном периоде в течение 7 дней всем пациентам назначалась антикоагулянтная терапия низкомолекулярными гепаринами в профилактической дозировке. Оценка результатов исследования проводилась в раннем и отдаленном послеоперационном периоде. Через 6 и 12 месяцев проводился осмотр пациентов, сбор жалоб, оценка боли по шкале ВАШ, оценка качества жизни по шкале CIVIQ 20. Контрольные ультразвуковые исследования

Таблица 1.

Общая характеристика пациентов

		1 группа (n-62)	2 группа (n-59)	3 группа (n-52)
Возраст		54,3±5,4	57,2±3,5	61,4±4,1
Пол	муж	12 (19,3 %)	13 (22 %)	14 (26,9 %)
	жен	50 (80,7 %)	46 (78 %)	38 (73,1 %)
ИМТ кг/м ²		24,9±5,8	25,2±5,2	25,6±4,9
СЕАР	СЕАР 2	39 (63 %)	36 (61 %)	27 (53 %)
	СЕАР 3	12 (19,3 %)	11 (18,6 %)	15 (28,8 %)
	СЕАР 4	11 (17,7 %)	12 (20,4 %)	10 (18,2 %)
Средний диаметр БПВ в области СФС, см		0,8±0,2	1,67±0,31	2,67±0,32
Тип строения БПВ	I-тип	38 (61,3 %)	35 (59,3 %)	30 (57,7 %)
	h-тип	24 (38,7 %)	24 (40,7 %)	22 (42,3 %)

проводили на 1,7 сутки, 3, 6, 12 месяца послеоперационного периода. Обращали внимание на наличие ожогов, лимфореи, тромбоза глубоких вен нижних конечностей, тромбофлебита поверхностных вен нижних конечностей, гематом, экхимозов, парестезий. В отдаленном периоде также оценивали наличие облитерации и отсутствие реканализации ствола БПВ.

Статистический анализ полученных данных производился на персональном компьютере с помощью программ Microsoft Excel и программы Statistica 6.0. Различия считались статистически значимыми при уровне ошибки p<0,05. В таблицах приводили данные в формате M±m, где M — математическое ожидание (среднее), m — ошибка среднего. Нормальность распределения определяли по критерию отклонения Колмогорова—Смирнова. Для количественных данных с нормальным распределением выполнялась статистика с использованием теста t-Стьюдента. При множественных сравнениях проводился расчет уровня значимости p с применением поправки Бонферрони. В этом случае p определялось как p = 0,05/n, где n — количество сравнений одних показателей на одном и том же массиве данных.

Результаты исследования

Интраоперационные осложнения во всех группах выявлены не были. Ожогов, лимфореи, тромбозов глубоких вен нижних конечностей и тромбофлебитов поверхностных вен нижних конечностей также не наблюдалось. Тромбоиндуцированных тромбозов в послеоперационном периоде также не было. Нижеизложенные осложнения не привели к серьезным последствиям и не

требовали специализированного лечения, в связи с чем расценены, как незначительные. Экхимозы выявлены у 82,7 % пациентов. Статистически значимых различий между группами не было. Подкожные гематомы выявлены у 1,7 % пациентов во 2-й группе и у 1,9 % в 3 группе. Оперативного лечения гематомы не потребовали. Парестезии наблюдались в раннем послеоперационном периоде у 6,4 % пациентов 1 группы, 3,4 % 2 группы и у 5,77 % пациентов 3 группы со статистически значимым снижением их выраженности к 7 суткам послеоперационного периода и с полным регрессом к 6 месяцам во всех группах. Следует отметить, что указанные осложнения не потребовали применения дополнительной терапии и не влияли на дальнейшую тактику ведения больных. Оценка интенсивности болевого синдрома была оценена по визуально-аналоговой шкале (ВАШ), где 0 баллов интерпретировалось, как отсутствие боли, а 10 баллов, как невыносимая боль (табл. 2).

Таблица 2.

Оценка интенсивности болевого синдрома по ВАШ

Группа	До операции	6 месяцев	12 месяцев	р
1 группа	3,9±1,1	0,7±0,4*	0,6±0,7*	до операции р1-2-0,769, р2-3-0,836, р1-3-0,668; рдо-6 м-0,007; рдо-12 м-0,013
2 группа	4,3±0,8	1,2±0,6*	0,8±0,5*	рдо-6 м-0,0024; рдо-12 м-0,00032
3 группа	4,6±1,2	1,7±0,8*^	1,5±0,7*^	рдо-6 м-0,047; рдо-12 м-0,027

* — разница с соответствующими предоперационными данными (p<0,05)

^ — разница между группами (p<0,05)

Выраженность боли до операции у пациентов была одинаковой, статистически значимых различий в группах выявлено не было (p>0,05). С течением времени во всех группах отмечается статистически значимое плавное снижение болевого синдрома. К 6–12 месяцу после операции отмечалось полное исчезновение боли у пациентов 1 и 2 групп, что нашло свое отражение в виде уменьшения баллов, в то время как в 3 группе уровень боли часть пациентов расценивали, как слабую. Полный

Таблица 3.

Распределение пациентов по CIVIQ 20

	До операции	6 месяцев	12 месяцев	р
Группа 1	34,5±3,7	29,2±5,4	20,7±5,1*	до операции р1-2-0,489, р2-3-0,956, р1-3-0,4837 рдо-6 м-0,419 рдо-12 м-0,00304
Группа 2	38,7±4,8	30,2±4,4	21,4±6,2*	рдо-6 м-0,194 рдо-12 м-0,029
Группа 3	39,1±5,4	30,2±4,8^	19,7±5,1*	рдо-6 м-0,22 рдо-12 м-0,0103

* — разница с соответствующими предоперационными данными (p<0,05)

^ — разница между группами (p<0,05)

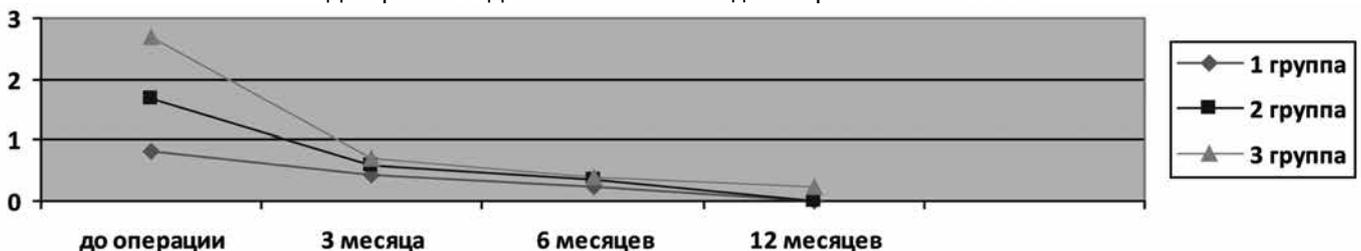
регресс болевой симптоматики у пациентов 3 группы наблюдался у 50 (96 %) пациентов.

Пациенты также были опрошены по международному флебологическому опроснику CIVIQ 20 (таблица 3).

В дооперационном периоде все группы были статистически однородны. В 1 группе до операции средний балл по опроснику CIVIQ 20 составил 34,5±3,7, во 2 группе — 38,7±4,8, в 3 группе — 39,1±5,4 баллов соответственно (p>0,05). Через 6 месяцев отмечалось достоверное снижение баллов по сравнению с предоперационными данными, что говорит о положительной динамике самочувствия пациентов (в 1 группе 29,2±5,4 баллов, во 2 группе 30,2±4,4 баллов, в 3 группе 30,2±4,8 баллов). К 12 месяцам на фоне проведенного лечения отмечается статистически значимое улучшение качества жизни во всех группах, что свидетельствует о положительном результате и общей удовлетворенности лечением во всех группах (в 1 группе 20,7±5,1, во 2 группе 21,4±6,2, в 3 группе 19,7±5,1 балла) (p<0,05). Средний балл к 12 месяцам послеоперационного лечения уменьшился в 1,4 раза в 1 группе, в 1,5 раза во 2 группе и в 1,4 раза в 3 группе соответственно.

Что касается диаметра БПВ в области СФС, то у всех пациентов отмечается статистически значимое снижение диаметра за весь исследуемый период (диаграмма 1).

Диаграмма 1. Динамика снижения диаметра БВП после ЭВЛК



К 3 месяцу послеоперационного периода отмечалось достоверное снижение диаметра БПВ во всех группах ($p < 0,05$): в 1 группе в 1,9 раз (составило $0,42 \pm 0,15$ см), во 2 группе 2,8 раз ($0,58 \pm 0,24$ см), в 3 группе в 3,8 раз ($0,7 \pm 0,38$ см). Достоверные снижения диаметра по сравнению с предоперационными данными и данными к 3 месяцу послеоперационного периода отмечались и на 6 месяцев после операции: 1 группа — $0,22 \pm 0,1$ см, 2 группа — $0,34 \pm 0,22$ см, 3 группа — $0,4 \pm 0,1$ см, что свидетельствует о дальнейшем фиброзировании БПВ, указывая на высокую степень эффективности выбранного метода оперативного лечения и его гемодинамическую значимость. Статистически значимые различия в диаметре коагулируемого сегмента между 1 и 3 группами ($p < 0,05$) связаны с изначально разным предоперационным диаметром БПВ. К 12 месяцу послеоперационного периода в 1 и 2 группах визуализировать просвет вены не представлялось возможным, вена представляла собой соединительно-тканый тяж. Таким образом, не получено статистически значимых различий эффективности проводимого оперативного лечения в зависимости от диаметра ствола подкожной вены в 1 и во 2 группах. В 3 группе к 12 месяцу средний диаметр имел четкую тенденцию к уменьшению ($p < 0,001$) и в среднем составил $0,22 \pm 0,13$ см. Вышеизложенные данные, по-видимому, свидетельствуют о том, что динамика замещения коагулируемой вены соединительной тканью зависит от исходного диаметра. При выполнении ультразвукового исследования признаки окклюзии БПВ на всем протяжении выявлены у 171 (98,8 %) пациента. У 1 пациента из 2 группы выявлена частичная реканализация в области СФС через 1 месяц, без клинического рецидива, не требующая повторного оперативного вмешательства и у 1 пациента из 3 группы выявлена полная реканализация через 1 месяц послеоперационного периода. Последнему пациенту была выполнена повторная ЭВЛК, при контрольном осмотре была достигнута облитерация. Таким образом, суммарно процент реканализаций составил 1,15 %. Несмотря на отсутствие реканализации у пациентов 3 группы, процесс фиброзирования вены

не завершён до конца у части больных (диаметр БПВ в области СФС в среднем составил $0,22 \pm 0,13$ см), что, на наш взгляд, требует дальнейшего динамического наблюдения с целью предупреждения и своевременного выявления рецидива заболевания.

Выводы

Проведенный сравнительный комплексный анализ результатов хирургического лечения варикозной болезни вен нижних конечностей с применением метода ЭВЛК, показал, что современные миниинвазивные технологии лечения позволяют получить стабильные и хорошие результаты хирургического лечения, сокращают время нетрудоспособности и улучшают качество жизни пациентов. Частота выявления нежелательных побочных эффектов и осложнений была статистически однородна во всех группах и расценена как несерьезные. Возникшие осложнения не оказали влияния на лечение и исход заболевания. Ближайшие и отдаленные результаты демонстрируют, что ЭВЛК отличается низкой травматичностью, является высокоэффективным, безопасным методом без потери радикальности лечения. На фоне проведенного лечения была выявлена достоверная тенденция к регрессу диаметра ствола БПВ во всех группах с полным замещением последней соединительной тканью у пациентов 1 и 2 групп. У пациентов с диаметром вены более 2 см отмечались более длительные по времени инволютивные изменения в коагулируемом венозном сегменте. Таким образом, несмотря на противоречивые мнения авторов касательно ЭВЛК БПВ больших диаметром, наше исследование показало успешность выполнения данной методики у данной категории больных. Однако, вышеизложенные данные свидетельствуют о том, что динамика замещения коагулируемой вены соединительной тканью зависит от исходного диаметра и занимает более длительный промежуток времени у пациентов с диаметром вены более 2 см, что требует более пристального ежегодного наблюдения за данной категорией пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Золотухин И., Селиверстов Е., Шевцов Ю. и др. Распространенность хронических заболеваний вен: результаты популяционного эпидемиологического исследования // Флебология. 2016. №4. С.119–125
2. Стойко, Ю.М. Влияние фармакотерапии на течение послеоперационного периода при эндовенозной термооблитерации / Ю.М. Стойко, К.В. Мазайшвили, Т.В. Хлевцова // Ангиология и сосудистая хирургия. — 2015. — Т. 21, № 3. — С. 77–81.
3. Нурмеев, И.Н. Лечение хронических заболеваний вен у детей и подростков / И.Н. Нурмеев, Л.М. Миролюбов, А.Л. Миролюбов // Ангиология и сосудистая хирургия. — 2016. — Т. 22, № 1. — С. 105–109
4. Шевченко, Ю.Л. Основы клинической флебологии / Ю.Л. Шевченко, Ю.М. Стойко. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: ЗАО «Шико», 2013. — 336 с.
5. Кириенко, А.И. Эффективность специализированной флебологической помощи в России: результаты проспективного обсервационного исследования СПЕКТР / А.И. Кириенко, И.А. Золотухин // Флебология. — 2015. — № 2. — С.4–11.
6. Покровский, А.В. Послеоперационные рецидивы варикозной болезни / А.В. Покровский, И.М. Игнатьев, Р.А. Бредихин, Е.Г. Градусов // Ангиология и сосудистая хирургия. — 2015. — Т. 21, №4. — С. 118–125.
7. Comerota, A. J. Guidelines in chronic venous disease: providing clinicians with better decision-making tools / A. J. Comerota // Medicographia. — 2011. — Vol. 33, № 3. — P. 231–234

8. Pavlovic, M.D. Guidelines of the First International Consensus Conference on Endovenous Thermal Ablation for Varicose Vein Disease-ETAV Consensus Meeting 2012 / M.D. Pavlovic, S. Schuller-Petrovic, O. Pichot // *Phlebology*. — 2015. — Vol. 30, N 4. — P. 257–273
9. Тюрин, Д.С. Оценка морфологических изменений венозной стенки после эндовазальной лазерной и радиочастотной облитерации / Д.С. Тюрин, М.Д. Дибиров, А.И. Шиманко // *Флебология*. — 2016. — № 4. — С. 164–170.
10. Максимов, М.Л. Хронические заболевания вен: особенности патогенеза и рациональные подходы к терапии / М.Л. Максимов, А.С. Ермолаева, А.А. Вознесенская, А.К. Стародубцев // *Российский медицинский журнал «Мед. обозрение»*. — 2018. — № 4. — С. 25–29.
11. Lee, K.N. Comparative Study of Cryostripping and Endovenous Laser Therapy for Varicose Veins: Mid-Term Results / K.N. Lee, J.H. Chung, K.T. Kim // *Korean J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* — 2015. — Vol. 48, N 5. — P. 345–350.
12. Avery, J. Radiofrequency ablation as first-line treatment of varicose veins / J. Avery, K. Kumar, V. Thakur, A. Thakur // *Am. Surg.* — 2014. — Vol. 80, N 3. — P. 231–235.
13. Мазайшвили, К.В. Случайности, опасности, врачебные ошибки и осложнения при эндовенозной лазерной облитерации у пациентов с варикозной болезнью / К.В. Мазайшвили, С.С. Акимов, Т.В. Хлевцова // *Флебология*. — 2017. — Т. 11, № 1. — С. 37–46.
14. Lawaetz, M. Comparison of endovenous ablation techniques, foam sclerotherapy and surgical stripping for great saphenous varicose veins. Extended 5-year followup of a RCT / M. Lawaetz, J. Serup, B. // *Int. Angiol.* — 2017. — Vol. 36, N 3. — P. 281–288.
15. Rass, K. Same site recurrence is more frequent after endovenous laser ablation compared with high ligation and stripping of the great saphenous vein: 5 year results of a randomized clinical trial (RELACS study) / K. Rass, N. Frings, P. Glowacki // *J. Vasc. Endovasc. Surg.* — 2015. — Vol. 50, N 5. — P. 648–656.

© Басарболиева Жанна Вячеславовна (basarbolievazh@gmail.com); Овчинников Сергей Витальевич (servio15@mail.ru);
Аносов Виктор Давидович (avsurg@mail.ru); Северцев Алексей Николаевич; Черняков Артем Викторович (doc_artur@mail.ru);
Варданын Давид Мартинович (dr-wardanyan@mail.ru); Кешян Эрик Ашотович (Erik-kesh@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВРЕМЕННОГО ФАКТОРА МЕЖДУ ЭТАПАМИ ГИБРИДНОЙ И ЭТАПНОЙ ОПЕРАЦИИ НА АРТЕРИЯХ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ФОТОЛЮМИНИСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

STUDY OF THE EFFECT OF THE TIME
FACTOR BETWEEN THE STAGES
OF HYBRID AND STAGED SURGERY
ON THE ARTERIES OF THE LOWER
EXTREMITIES USING THE METHOD
OF ULTRAVIOLET PHOTOLUMINESCENCE
SPECTROSCOPY

A. Vaganov
M. Nochnoy
D. Lisitsky
A. Abrahamyan
A. Gavrilenko

Summary. This article is devoted to the comparative effectiveness of performing the second stage of hybrid surgery on the arteries of the lower extremities at different time intervals using the photoluminescent spectroscopy method, which determines the degree of functional consistency of the «outflow pathways». The study involved 40 people suffering from KINK, operated on in the volume of hybrid or step-by-step reconstruction in the Department of Vascular Surgery of the State Clinical Hospital No. 29. As a result of the study, it was revealed that the proposed method is sensitive both for assessing the main blood flow in the operated limb and in determining the degree of ischemic tissue damage. Thus, after performing the endovascular stage of revascularization, a dynamic assessment of the luminescent glow intensity is necessary to determine the need and time for the open stage.

Keywords: chronic limb threatening ischemia, hybrid operations, ultraviolet photoluminescence spectroscopy.

Ваганов Алексей Геннадьевич

Кандидат медицинских наук, врач-хирург,
Государственное бюджетное учреждение
здравоохранения «Городская клиническая больница № 29
имени Н.Э. Баумана Департамента здравоохранения
города Москвы»

aleksejvaganov4@gmail.com

Ночной Максим Сергеевич

Врач-ординатор, Институт клинической медицины
им Н.В. Склифосовского, Федеральное государственное
автономное образовательное учреждение высшего
образования Первый Московский государственный
медицинский университет имени И.М. Сеченова
Министерства здравоохранения Российской Федерации
(Сеченовский Университет), г. Москва
maxnochnoy@yandex.ru

Лисицкий Дмитрий Алексеевич

Доктор медицинских наук, врач сердечно-сосудистый
хирург, Государственное бюджетное учреждение
здравоохранения «Городская клиническая больница № 29
имени Н.Э. Баумана Департамента здравоохранения
города Москвы»
dalis@rambler.ru

Абрамян Арсен Валерьевич

Кандидат медицинских наук, старший научный
сотрудник отделения сосудистой хирургии;
Государственный научный центр
Российской Федерации — Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
«Российский научный центр хирургии
имени академика Б.В. Петровского», г. Москва
arsena@inbox.ru

Гавриленко Александр Васильевич

Академик РАН, доктор медицинских наук, профессор,
руководитель отделения сосудистой хирургии,
Государственный научный центр Российской
Федерации — Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
«Российский научный центр хирургии
имени академика Б.В. Петровского», г. Москва
a.v.gavrilenko@mail.ru



Введение

Гибридная хирургия артерии нижних конечностей является относительно новым разделом сердечно-сосудистой хирургии. Доля гибридных операций в общем спектре хирургической активности отделений сосудистой хирургии неуклонно растёт [1]. Данные методики привлекают своей малоинвазивностью, а также возможностью протяженной реваскуляризации конечности за счёт сочетания открытого и эндоваскулярного вмешательств [2]. Гибридная операция предполагает выполнение обоих этих этапов одновременно, зачастую из одного сосудистого доступа на бедре, что требует специального оснащения операционной и обученной хирургической бригады [3–4]. В связи с этим эндоваскулярный и открытый этап, в большинстве случаев, разобщены во времени. При тандемных поражениях артерий подвздошного и бедренно-подколенного сегмента (БПС) в первую очередь выполняется эндоваскулярное стентирование подвздошных сосудов, а затем открытый этап, заключающийся в шунтирующей операции на бедре. Точные временные критерии выполнения второго этапа операции до сих пор не разработаны [5]. Сравнительная эффективность выполнения второго этапа через различные временные интервалы также не оценена. На наш взгляд, временной разрыв между эндоваскулярным и открытым этапами должен определяться в зависимости от степени компенсаторного развития или коллатерализации «путей оттока» [6–7]. Основными инструментальными методами диагностики поражения крупных и средних артерий нижних конечностей являются ультразвуковая доплерография, рентгеноконтрастная ангиография, компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная ангиография (МР-ангиография). Однако представленные виды диагностики способны лишь определить степень окклюзионно-стенотического поражения и скорость кровотока в крупных артериях конечности [8]. Одним из методов,

Аннотация. Данная статья посвящена сравнительной эффективности выполнения второго этапа гибридной операции на артериях нижних конечностей через различные временные интервалы при помощи метода фотолюминесцентной спектроскопии, определяющего степень функциональной состоятельности «путей оттока». В исследовании приняли участие 40 человек, страдающих КИНК, оперированных в объеме гибридной или поэтапной реконструкции в отделении сосудистой хирургии ГКБ № 29. В результате исследования выявлено, что предложенный метод является чувствительным как для оценки магистрального кровотока в оперируемой конечности, так и в определении степени ишемического поражения тканей. Таким образом, после выполнения эндоваскулярного этапа реваскуляризации необходима динамическая оценка интенсивности люминесцентного свечения для определения необходимости и времени выполнения открытого этапа.

Ключевые слова: критическая ишемия нижних конечностей, гибридные операции, ультрафиолетовая фотолюминесцентная спектроскопия.

определяющих как проходимость артерий, так и предполагаемую эффективность реваскуляризации конечности на основании глубины и обратимости ишемических изменений на клеточно-тканевом уровне, является метод фотолюминесцентной спектроскопии. Его сущность заключается в регистрации явления хемолюминесценции, то есть свечения веществ (люминофоров), образующихся в результате биохимических реакций, запускаемых клеточной деструкцией. Универсальными флуорофорами являются молекулы никотинамидинуклеотида и его фосфата (НАДН, НАДНФ), коллаген и эластин, флавины, каротин [9–10]. Данные соединения участвуют в основных метаболических процессах, происходящих в клетке — цикл Кребса, пентозный цикл, дыхательная цепь митохондрий, перекисное окисление липидов и так далее. В нашем исследовании был использован метод лазер — индуцированной ультрафиолетовой фотолюминесцентной спектроскопии с использованием прибора, предложенного И.В. Москаленко [11]. Данное устройство состоит из источника лазерного излучения (экцимерный лазер ХеСl), прибора, воспринимающего люминесцентный сигнал и средства регистрации этого сигнала. Особенностью данного метода является высокая точность измерения с единицы площади, не превышающей 1–5 мм. Сила люминесцентного свечения увеличивается при разрушении клеточных структур, связанных с ишемией [12]. В зависимости от длины волны, на которой происходит снятие сигнала, спектральные характеристики хемолюминесценции могут меняться. Это связано с появлением веществ-гасителей люминесценции. В частности, к ним относятся гемоглобин и его различные соединения (оксигемоглобин, дезоксигемоглобин, миоглобин) [13–14]. Обычно это обстоятельство учитывают для корректировки фотолюминесцентного сигнала с целью определения четких границ ишемии и некроза [15]. В нашем исследовании по степени снижения люминесцентного сигнала на определенных частотах его снятия в зависимости от локализации мы смогли

определить степень нарушения кровоснабжения конечности и определить адекватность путей «оттока» для решения вопроса о времени выполнения второго этапа артериальной реконструкции.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие 40 человек, страдающих КИНК, оперированных в объеме гибридной или поэтапной реконструкции в отделении сосудистой хирургии ГКБ № 29 по поводу сочетанного окклюзионно-стенотического поражения подвздошных артерий и поверхностной бедренной артерии. Все пациенты были разделены на три группы. Первую группу (n=17) составили пациенты, которым выполнена гибридная операция — стентирование подвздошных артерий с одномоментной открытой реконструкцией. Вторую группу (n=15) составили пациенты, у которых стентирование подвздошных артерий и открытая реконструкция были разобщены во времени на 48–72 часа. Третью группу (n=8) составили пациенты, у которых вышеуказанные этапы были разобщены на 2 недели и более. Группы были сопоставимы по возрастному и половому составу, спектру сопутствующей патологии, частоте курения (табл. 1, 2).

Таблица 1.

Распределение больных в группах исследования по полу

	мужчины	женщины
Группа 1	14 (82,3 %)	3 (17,6 %)
Группа 2	13 (86,7 %)	2 (13,3 %)
Группа 3	7 (87,5 %)	1 (12,5 %)

Таблица 2.

Спектр сопутствующей патологии у пациентов, включенных в группы исследования

Диагноз	Количество пациентов (%)
Гипертоническая болезнь	35 (87,5 %)
Ишемическая болезнь сердца	29 (72,5 %)
Сахарный диабет	21 (52,5 %)
ХОБЛ	10 (25,0 %)
ЦВБ	7 (17,5 %)
Язвенная болезнь желудка	4 (10,0 %)

Критериями включения в группу исследования являлись: 1. Пациенты с болями покоя, дистанцией перемежающейся хромоты не более 25 м; характеризующиеся отсутствием некрозов на нижней конечности; лодыжечно-плечевой индекс (ЛПИ) — от 0,4 до 0,5 (хроническая артериальная ишемия 3 ст.). 2. Наличие сочетания окклюзионно-стенотического поражения НПА и ПБА; 3. Отсутствие гемодинамически значимых поражений глубо-

кой артерии бедра; 4. Невозможность многоуровневой реконструкции по общемедицинским показаниям; 6. Отсутствие гемодинамически значимых стенозов и окклюзий дистального русла на оперированной конечности.

Регистрация хемолюминесценции проводилась с помощью прибора предложенного И.В. Москаленко. Доставка излучения и снятие показаний индуцированной люминесценции проводилась *in situ* с использованием двух кварцевых волокон, смонтированных в одном зонде, длиной 1 м, диаметром сердцевины 450 мкм. Головка зонда устанавливалась на расстоянии 1–2 см от поверхности кожи исследуемой конечности. Измерение проводилось на длине волны импульсного излучения эксимерного лазера XeCl 308 нм в течение 3 минут. Данная экспозиционная доза лазерного излучения соответствует гигиеническим требованиям. Спектр люминесценции фиксировался в диапазоне от 350 до 780 нм, с шагом 10 нм, в течение 10 с. Показатели снимались перед операцией по внутренней поверхности нижней трети бедра, средней трети голени, тыльной поверхности стопы. Затем проводилась фиксация спектра люминесцентного сигнала перед операцией, в течение 1 суток после эндovasкулярного этапа, и далее на 2–3 сутки (перед открытым этапом операции во 2 группе и в 1 сутки после него), на момент выписки из стационара (5–6 сутки), через 2 недели перед завершающим этапом у пациентов 3 группы и в 1 сутки после него, через 1 месяц послеоперационного периода. Кроме этого, пациентов оценивались различные показатели течения раннего послеоперационного периода до выписки из стационара: количество тромботических осложнений, количество и причины повторных операций, степень прироста лодыжечно-плечевого индекса, дистанция перемежающейся хромоты до и после операции.

Результаты и обсуждение

Успех артериальной реконструкции к моменту первой выписки из стационара пациентов 1 и 2 группы (после выполнения 1 этапа у пациентов 3 группы) имел место у 17 пациентов из 1 группы, 12 пациентов из 2 группы, у 8 пациентов из 3 группы. Основные показатели течения раннего послеоперационного периода представлены в таблице 3.

При изучении спектра люминесценции, полученного при измерении на различных уровнях оперированной конечности в предоперационном периоде отмечен характерный максимум сигнала на длине волны 410 ± 20 нм, сменяющийся его минимумом на длине волны 450 ± 15 нм (рис. 1). Необходимо отметить, что при сравнении пациентов с неосложненным послеоперационным периодом по амплитуде люминесценции (S) на диапазоне измерения 410 нм группы были сопоставимы. Выяснено, что 1, 2 и 3 группа исследования достоверно отличаются ин-

Таблица 3.

Показатели, характеризующие эффективность операций у пациентов групп исследований в раннем послеоперационном периоде (после эндоваскулярного этапа) на момент выписки (* — различия достоверны $p < 0,05$).

Группа исследования	ЛПИ до операции	ЛПИ после операции	Дистанция безболевого ходьбы до операции	Дистанция безболевого ходьбы после операции
1	0,42±0,4	0,84±0,16	26±1,4	161±3,7
2	0,41±0,6	0,85±0,13	27±1,6	159±4,6
3	0,38±0,4	0,57±0,09*	25±1,8	170±6,3

тенсивностью свечения в предоперационном периоде на частоте 450 нм, S ниже у представителей 3 группы. Данная тенденция подтверждается на всех изучаемых уровнях конечности, причем при измерениях от бедра к стопе сила свечения возрастает (табл. 4).

При оценке амплитуды люминесценции на всех уровнях оперированной конечности в 1 сутки послеоперационного периода и на 3 сутки, непосредственно перед 2 этапом — открытым вмешательством у пациентов 2 группы, достоверной разницы отмечено не было. Во всех группах отмечено снижение интенсивности свечения (табл. 5).

Были изучены 3 случая послеоперационного тромбоза зоны реконструкции, зафиксированных на 1–2

Таблица 4.

Амплитуда хемолюминесценции перед операцией в группах исследования (* — различия достоверны ($p < 0,05$))

Группа исследования	Частота измерения	S (бедро)* 10 ⁵ фотон	S (голень)* 10 ⁵ фотон	S (стопа)* 10 ⁵ фотон
1 группа	410	0,52±0,05	0,64±0,02	0,71±0,04
	450	0,37±0,05*	0,48±0,07*	0,68±0,01*
2 группа	410	0,49±0,02	0,58±0,02	0,68±0,04
	450	0,29±0,06*	0,35±0,03*	0,51±0,02*
3 группа	410	0,58±0,01	0,62±0,04	0,69±0,01
	450	0,19±0,02*	0,20±0,02*	0,24±0,04*

сутки после стентирования НПА и приходящихся на представителей 2 группы исследования. В 1 и 3 группе подобных осложнений за весь период наблюдения не развивалось. При измерении люминесценции на момент возникновения тромбоза зоны реконструкции во всех случаях она составила на средней трети голени — $2,23 \pm 0,06 \times 10^5$ фотон. Амплитуда люминесценции на длине волны 450 нм (пик гемоглобина) в предоперационном периоде у данной категории больных была достоверно выше, чем у пациентов 2 группы с успешной реваскуляризацией. Например, при измерении на бедре — успешная реваскуляризация — $0,39 \pm 0,04 \times 10^5$ фотон, случаи тромбоза — $0,81 \pm 0,02 \times 10^5$ фотон ($p < 0,05$).

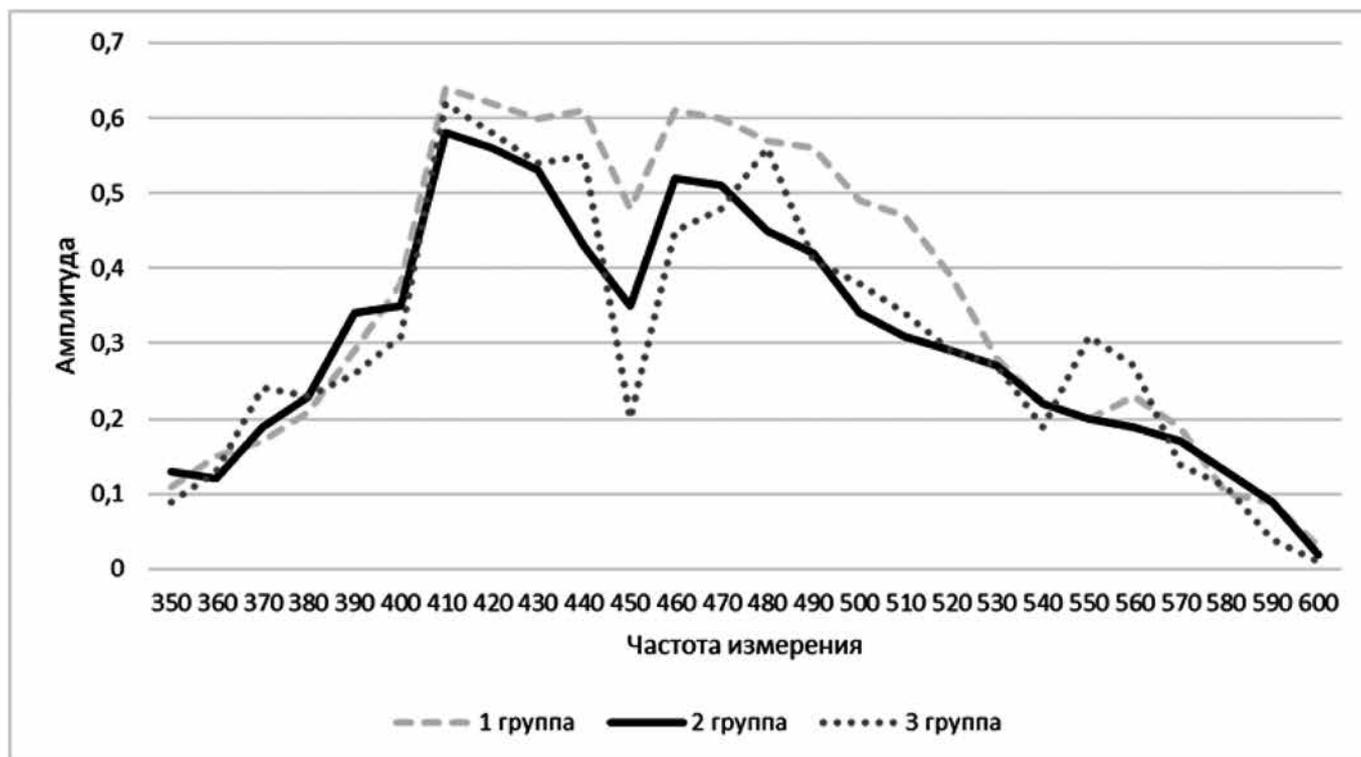


Рис. 1. Амплитуда хемолюминесценции в группах исследования в зависимости от частоты измерения

Таблица 5.

Амплитуда хемолюминисценции на 3-е сутки послеоперационного периода (после эндоваскулярного этапа) в группах исследования

Группа исследования	Частота измерения	S (бедро)* 10 ⁵ фотон	S (голень)* 10 ⁵ фотон	S (стопа)* 10 ⁵ фотон
1 группа	410	0,32±0,05	0,44±0,05	0,52±0,03
	450	0,18±0,01	0,22±0,03	0,34±0,01
2 группа	410	0,38±0,02	0,45±0,04	0,56±0,04
	450	0,17±0,04	0,27±0,03	0,32±0,03
3 группа	410	0,39±0,03	0,43±0,01	0,55±0,04
	450	0,16±0,02	0,18±0,02	0,20±0,06

Выяснено, что в случаях успешной реваскуляризации достоверной разницы в амплитуде люминесценции между представителями 1 группы, где выполнялось гибридная операция, и представителями 2 и 3 группы, где эндоваскулярный этап был лишь первым из предполагаемых, на 3 сутки послеоперационного периода не имелось. При измерениях на 5–6 сутки перед первой выпиской пациентов, когда представителям 2 группы был выполнен 2 этап реконструкции, достоверной разницы в спектральных характеристиках и интенсивности люминесценции в группах так же выявлено не было. Необходимо отметить слабую корреляционную связь между изменениями показателя ЛПИ и амплитудой люминесценции как в предоперационном, так и послеоперационном периоде в группах ($r=0,3$). В группе 3 на момент выписки (5 сутки) была выполнена лишь эндоваскулярная часть реконструкции, при этом ЛПИ был достоверно ниже чем в 1 и 2 группах исследования ($p<0,05$). Не смотря на это, по силе свечения в послеоперационном периоде группы были сопоставимы (табл. 5). После эндоваскулярного этапа операции в процессе первой госпитализации был назначен фраксипарин в лечебной дозировке по 0,6: 2р.д., после выписки пациентов (у представителей 3 группы до следующей госпитализации) рекомендован прием ацетилсалициловой кислоты 100 мг: 1р/сут. вечером.

При измерении амплитуды люминесценции через 2 недели послеоперационного периода, при повторной госпитализации пациентов 3 группы для проведения открытой реконструкции, достоверной разницы между показателем S в 1 и 2 группе исследования отмечено не было. Однако показатели хемолюминесценции были достоверно выше у пациентов 3 группы на всех диапазонах измерения. На частоте измерения 410 нм S был в среднем больше $0,6 \cdot 10^5$ фотон, а на частоте 450 нм — больше $0,4 \cdot 10^5$ фотон (табл. 6).

После открытой реконструкции, при измерении на 1 сутки после операции у пациентов 3 группы отмечено

Таблица 6.

Амплитуда хемолюминисценции через 2 недели послеоперационного периода (после эндоваскулярного этапа, перед открытым этапом) в группах исследования (* — различия достоверны $p<0,05$)

Группа исследования	Частота измерения	S (бедро)* 10 ⁵ фотон	S (голень)* 10 ⁵ фотон	S (стопа)* 10 ⁵ фотон
1 группа	410	0,35±0,01	0,43±0,05	0,50±0,06
	450	0,22±0,01	0,24±0,02	0,29±0,03
2 группа	410	0,36±0,02	0,41±0,04	0,49±0,02
	450	0,17±0,02	0,21±0,03	0,26±0,01
3 группа	410	0,51±0,01*	0,64±0,03*	0,70±0,04*
	450	0,31±0,02*	0,44±0,02*	0,54±0,01*

снижение амплитуды люминесценции на всех измеряемых уровнях конечности. По сравнению с представителями 1 и 2 группы достоверной разницы в показателе S не отмечено. При измерениях через 1 месяц послеоперационного периода во всех группах исследования показатели хемолюминесценции достоверно не отличались. Осложнений после открытой реконструкции в течение 1 месяца у представителей 3 группы не выявлено. Так же необходимо отметить сильную корреляционную связь между показателем ЛПИ в этот период и интенсивностью люминесценции ($r=0,75$ при $p<0,0001$) (рис. 2). Основные функциональные показатели конечности через 1 месяц после завершения последнего этапа реконструкции представлены в таблице 7.

Таблица 7.

Показатели, характеризующие эффективность операций у пациентов групп исследований в позднем послеоперационном периоде

Группа исследования	ЛПИ до операции	ЛПИ после операции	Дистанция безболевого ходьбы до операции	Дистанция безболевого ходьбы после операции	Количество ампутаций
1	0,42±0,4	0,89±0,05	26±1,4	220±3,7	0
2	0,41±0,6	0,91±0,03	27±1,6	200±4,6	0
3	0,38±0,4	0,93±0,17	25±1,8	210±6,3	0

В литературе отсутствуют единые показания для выполнения гибридных и этапных реконструкций на артериях нижних конечностей. Также отсутствуют данные о сравнительной эффективности одномоментных и последовательных, разделённых во времени вмешательств для реваскуляризации оперируемой конечности. Метод ультрафиолетовой люминесцентной спектроскопии призван внести долю объективизма в выборе последовательности и времени выполнения этапов сосудистой реконструкций на артериях нижних конечностей. С помощью данной методики при сочетанном поражении

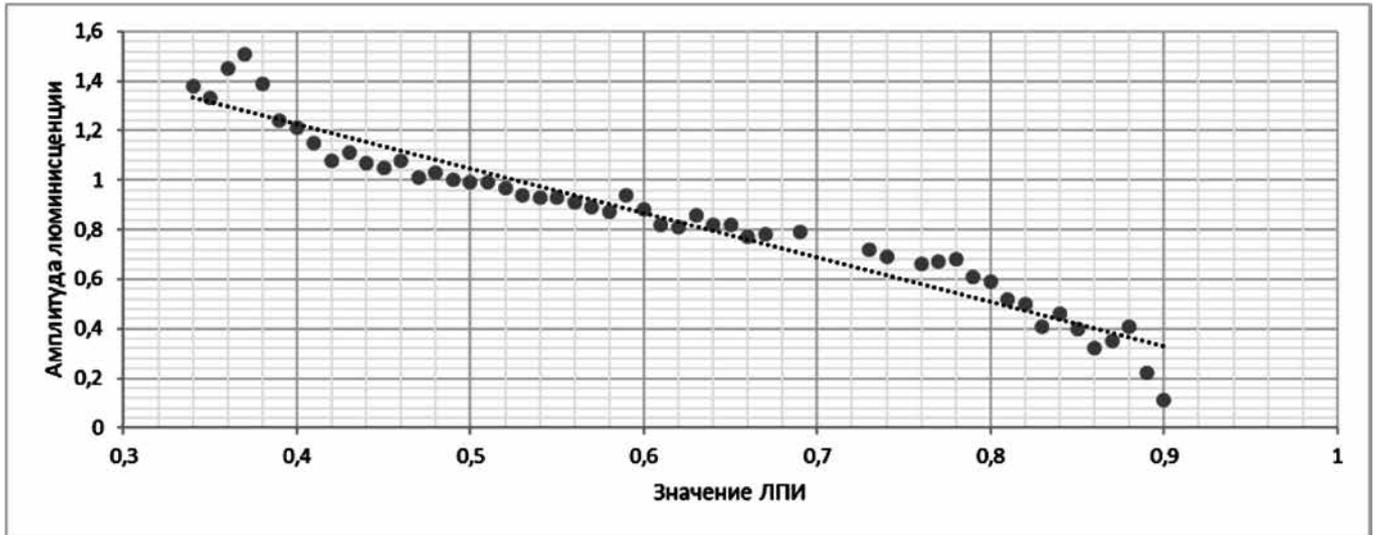


Рис. 2. Зависимость амплитуды люминисценции от показателей ЛПИ через 1 месяц после операции

артерий БПС и ПБС и отсутствии гемодинамически значимого поражения воспринимающего русла возможно определить не только состояние магистрального кровотока, но и эффективность реваскуляризации конечности, коррелирующей со степенью ишемических изменений на клеточно-тканевом уровне [15]. Во всех трёх группах исследования реваскуляризация нижней конечности начата с эндоваскулярного этапа — стентирования подвздошной артерии. Мы видим тождественные показатели интенсивности свечения во всех группах исследования на пике НАДН (410 нм), а как же тождественность групп по функциональным показателям состояния оперированной конечности в предоперационном периоде. На 3 сутки исследования, когда предполагался второй этап операции в виде открытой реконструкции у пациентов второй группы, выявляется отсутствие достоверной разницы по интенсивности люминисценции на разных уровнях оперированной конечности во всех группах исследования. Этой разницы не определяется и в послеоперационном периоде на 5 сутки. Можно сделать вывод о том, что степень открытости воспринимающего русла в условиях ишемии во второй группе исследования была достаточной для того, чтобы ограничиться эндоваскулярным этапом реваскуляризации. Открытая реконструкция, выполненная в данной ситуации, возможно, была избыточной. Во второй группе исследования отмечено 3 случая тромбоза. Резкое увеличение амплитуды люминисценции в процессе развития данного осложнения подтверждает общий тренд взаимосвязи данного показателя и степени ишемических и деструктивных изменений на клеточно-тканевом уровне. Кроме того, наличие данных осложнений именно во 2 группе исследования, доказывает отсутствие объективных способов оценки состояния «путей оттока», что привело к неадекватному выбору времени проведения второго (открытого) этапа реконструкции. При изучении спектральных характеристик люминисценции через 2 недели после

выполнения последнего этапа реконструкции во второй группе и перед госпитализацией у представителей третьей группы для выполнения открытого этапа, выявляется достоверно большая выраженность ишемических изменений, проявляющаяся в росте амплитуды хемолюминисценции в третьей группе исследования. В данной ситуации выполнение открытой реконструкции с целью формирования лучших «путей оттока» абсолютно закономерно и продиктовано клинической ситуацией. Осложнений после последнего этапа операции у третьей группы исследования при наблюдении в течение месяца не отмечено. Ответ на вопрос о времени возникновения тромботических осложнений и взаимосвязи этого события со временем выполнения завершающего этапа сосудистой реконструкции мы находим в показателях хемолюминисценции перед операцией. Здесь мы видим последовательный рост показателей адаптации воспринимающего русла к КИНК от первой к третьей группе исследования, проявляющееся в уменьшении интенсивности свечения на частоте 450 нм (пик гемоглобина). Это обстоятельство гарантировало лучшую готовность воспринимающего русла, предопределило отсутствие тромботических осложнений в первую и последующую госпитализации, дало время, необходимое для проведения комплексной консервативной терапии и динамического наблюдения за состоянием конечности.

Необходимо отметить, что изучение спектральных характеристик люминисцентного сигнала является более чувствительным методом, чем измерение уровня ЛПИ. В послеоперационном периоде после стентирования НПА, несмотря на достоверно более низкий ЛПИ у представителей третьей группы исследования, по амплитуде люминисценции группы были сопоставимы. Это характеризует низкую степень ишемических нарушений в конечности и подтверждается отсутствием осложнений в 3 группе на всем протяжении исследования. Далее,

уже через месяц после последнего этапа реконструкции устанавливается сильная корреляционная связь между уровнем ЛПИ и амплитудой люминесценции, что говорит о связи последней со скоростными показателями кровотока в нижней конечности.

Из вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Метод ультрафиолетовой фотолюминесцентной спектроскопии является чувствительным методом определения степени ишемического поражения тканей.
2. При тандемных поражениях ПБС и БПС, хронической артериальной ишемии 3ст, с условиях отсутствия гемодинамически значимых поражений дистального артериального русла, при интенсивности свечения хемолюминесценции после эндо-

вазкулярного этапа на ПБС, на длине волны 410 нм менее 0.6×10^5 фотон, на длине волны 450 нм менее 0.4×10^5 возможно проведение консервативной антикоагулянтной терапии с динамической оценкой показателей спектроскопии и решением вопроса о целесообразности выполнения открытого этапа.

3. При тех же условиях, но если амплитуда хемолюминесценции будет равна на длине волны 410 нм более 0.6×10^5 фотон, на длине волны 450 нм более 0.4×10^5 эндоваскулярное вмешательство рационально одномоментно дополнять открытым этапом (гибридная реконструкция).
4. Фактор временного разрыва между этапами артериальной реконструкции не имеет значения в возникновении тромботических осложнений нижней конечности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глушков, Н.И. Оправдано ли применение гибридных технологий при реваскуляризации аорто-подвздошно-бедренного сегмента / Н.И. Глушков, М.А. Иванов, А.Ю. Апресян, А.С. Артемова, А.Д. Горвая, П.Д. Пуздряк, П.Б. Бондаренко // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. — 2020. — № 8. — С. 49–54. <https://doi.org/10.17116/hirurgia202008149>
2. Темрезов, М.Б. Гибридная хирургия в лечении пациентов с облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей / М.Б. Темрезов, В.И. Коваленко, Т.Х. Темрезов, А.С. Бахметьев, В.С. Лойко, М.О. Рудаков // Трансляционная медицина. — 2020. — № 7(1). — С. 33–38. <https://doi.org/10.18705/2311-4495-2020-7-1-33-38>
3. Киреев, К.А. Гибридное вмешательство при атеросклеротическом поражении артерий подвздошно-бедренного сегмента / К.А. Киреев, А.А. Фокин, Д.В. Роднянский // Ангиология и сосудистая хирургия. — 2018. — № 24(1). — С. 156–158.
4. Чернявский, М.А. Клинический случай гибридного лечения пациента с многоуровневым атеросклеротическим поражением артерий нижних конечностей / М.А. Чернявский, Б.С. Артюшин, А.В. Чернов, Д.В. Чернова, Н.Н. Жердев, Ю.А. Кудяев, И.О. Чуйкова // Патология кровообращения и кардиохирургия. — 2018. — №4. — С. 103–110. <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2018-4-103-110>
5. Вачев, А.Н. Последовательность этапов гибридных операций у пациентов с синдромом Лерише и критической ишемией конечностей / А.Н. Вачев, В.В. Сухоруков О.В. Дмитриев, А.В. Кругомов // Ангиология и сосудистая хирургия. — 2016. — № 22(1). — С. 159–164.
6. Гавриленко, А.В. Гибридные операции при хронической ишемии нижних конечностей / А.В. Гавриленко, В.А. Кочетков, А.А. Кравченко // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. — 2021. — № 63(5). — С. 413–418. <https://doi.org/10.24022/0236-2791-2021-63-5-413-418>
7. Гавриленко, А.В. Гибридные реконструкции у больных с хронической ишемией нижних конечностей и многоуровневым поражением артерий / А.А. Кравченко, А.Э. Котов, В.В. Кириченко // Ангиология и сосудистая хирургия. Журнал им. академика А.В. Покровского. — 2018. — № 24(3). — С. 183–188.
8. Кудряшова, Н.Е. Радионуклидная семиотика ишемии при острых окклюзионных заболеваниях магистральных артерий нижних конечностей / Н.Е. Кудряшова, О.Г. Синякова, И.П. Михайлов, Е.В. Мигунова, О.В. Лещинская // Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь. — 2019. № 8(3). — С. 257–265. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2019-8-3-257-265>
9. Бабкина, А.С. Лазер-индуцированная флуоресцентная спектроскопия в диагностике тканевой гипоксии (обзор) // Общая реаниматология. — 2019. — № 15(6). — С. 50–61.
10. Vladimirova, E.S. Fluorescence diagnostics of human lens status in vivo / E.S. Vladimirova, V.V. Salmin, A.B. Salmina S.A. Oskirko V.I. Lazarenko, A.S. Provorov // Journal Of Applied Spectroscopy. — 2012 — № 79(1)1. — P. 135–139. <https://doi.org/10.1007/s10812-012-9573-7>
11. Москаленко, И.В. Метод определения границ молекулярных клеточных изменений с использованием метода лазерной спектроскопии / И.В. Москаленко, В.И. Прилуцкий // Активированная вода. — 2000. — № 8(1). — С. 37–41.
12. Салмина, А.Б. Лазер-индуцированная аутофлуоресценция для оценки метаболизма и гемодинамики головного мозга / А.Б. Салмина, В.В. Салмин, О.В. Фролова, Д.И. Лалетин, М.А. Фурсов, Д.П. Скомороха, А.А. Фурсов, М.А. Кондрашов, Н.Н. Медведева, Н.А. Малиновская, Н.С. Манторова // Анналы клинической и экспериментальной неврологии. — 2011. — № 5(3). — С. 32–39.
13. Song, Z. A study of the chemiluminescence behavior of myoglobin with luminol and its analytical applications / Z. Song, L. Wang, S. Hou // Anal Bioanal Chem. — 2004. № 378(2). — P. 529–35. <https://doi.org/10.1007/s00216-003-2302-6>
14. Pur, M.R.K. Highly sensitive label-free electrochemiluminescence aptasensor for early detection of myoglobin, a biomarker for myocardial infarction / M.R.K. Pur. M. Hosseini, F. Faridbod, M.R. Ganjali // Microchim Acta. — 2017. — № 184. — P. 3529–3537. <https://doi.org/10.1007/s00604-017-2385-y>
15. Цыганкова, Е.А., Корнева Ю.С. Применение спектроскопических методов в исследованиях новообразований в биологических тканях // Е.А. Цыганкова, Ю.С. Корнева // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. — 2021. — № 20(2). — С. 150–156. <https://doi.org/10.37903/vsgma.2021.2.21>

© Ваганов Алексей Геннадьевич (aleksejvaganov4@gmail.com); Ночной Максим Сергеевич (maxnochnoy@yandex.ru);

Лисицкий Дмитрий Алексеевич (dalis@rambler.ru); Абрамян Арсен Валерьевич (arsena@inbox.ru);

Гавриленко Александр Васильевич (a.v.gavrilenko@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ РЕЗЕКЦИИ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ ЛЕЧЕНИИ ЭМФИЗЕМЫ ЛЕГКИХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЛЮОРЕСЦЕНЦИИ

A METHOD FOR DETERMINING THE LEVEL OF RESECTION IN THE SURGICAL TREATMENT OF PULMONARY EMPHYSEMA USING FLUORESCENCE

T. Wildanov
A. Avzaletdinov
V. Pavlov
F. Latypov
R. Gibadullin

Summary. The aim. To analyze the literature on current methods of pulmonary emphysema surgical treatment, the state of the problem of intraoperative diagnosis of the level of reduction of lung tissue.

Material and methods. The PubMed and Elibrary (RSCI) databases on the problem of lung emphysema surgery were used.

Results. The authors propose their own method for determining the level of resection during surgical treatment in patients with emphysema, when, before the operation, the patient undergoes inhalation or parenteral administration of 5-aminolevulinic acid (5-ALA). The express fluorescence diagnostics by laser electronic spectral analyzer (LESA-01-BIOSPEK) is carried out intraoperatively. The areas of lung emphysema are identified by received data, and volume reduction is performed. areas of lung emphysema are identified based on received data, and volume reduction is carried out this method allows you to fully identify emphysematous affected areas of the lung and adequately carry out volume reduction.

Conclusion. 5-ALA can be used in surgical interventions for pulmonary emphysema to identify altered areas of the lung and resection them.

Keywords: COPD, emphysema, surgical reduction of lung volume, the level of reduction of lung tissue.

Вильданов Таяр Даянович

Торакальный хирург, Клиника Башкирского
Государственного Медицинского Университета
tayar.vildanov@mail.ru

Авзалетдинов Артур Марсович

д.м.н., профессор, ГБОУ ВПО Башкирский
Государственный Медицинский Университет
Минздрава России
Avzaletdinov@mail.ru

Павлов Валентин Николаевич

Профессор, ректор, академик РАН, ФГБОУ ВО Башкирский
Государственный Медицинский Университет

Латыпов Фагим Ришатович

Торакальный хирург, Клиника Башкирского
Государственного Медицинского Университета

Гибадуллин Иршат Асхатович

Торакальный хирург, Клиника Башкирского
Государственного Медицинского Университета

Аннотация. Цель. Провести анализ литературы о современных методах хирургического лечения эмфиземы легких, состояния вопроса об интраоперационной диагностике уровня редукции легочной ткани.

Материал и методы. Использованы базы данных PubMed и eLibrary (РИНЦ) по проблеме хирургии эмфиземы легкого.

Результаты. Предложена собственная методика определения уровня резекции при оперативном лечении у больных эмфиземой легких, когда пациенту до проведения операции проводятся ингаляция, либо парентеральное введение 5-аминолевулиновой кислоты (5-АЛК). Интраоперационно проводится флуоресцентная экспресс диагностика лазерным электронным спектральным анализатором (ЛЭСА-01-БИОСПЕК). Выявляются участки эмфиземы легкого, на основании полученных данных, проводится редукция объема. Использование метода позволяет в полном объеме выявить эмфизематозно пораженные участки легкого и адекватно провести редукцию объема, что в свою очередь приведет к исключению синдрома длительного расправления легкого в послеоперационном периоде и предупреждению рецидива данного заболевания.

Заключение. 5-АЛК может быть использована при проведении оперативных вмешательств по поводу эмфиземы легких для выявления измененных участков легкого и их удаления.

Ключевые слова: ХОБЛ, эмфизема, хирургическая редукция легочного объема, уровень редукции легочной ткани.

Введение

Актуальность: Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) формируется при сочетанном прогрессировании обструктивных бронхитов и, почти в трети случаев, альтерации паренхимы легких —

эмфиземы легких (ЭЛ) [1, 2]. Национальные клинические рекомендации по хирургии ЭЛ (МЗ РФ, 2015) характеризуют ЭЛ как «необратимое увеличение воздушных пространств дистальнее терминальных бронхиол с деструкцией стенок ацинуса, без сопутствующего фиброза» [1].

Основным клиническим исходом ХОБЛ и ЭЛ является нарастающая дыхательная недостаточность (ДН), которая требует профилактической и патогенетической терапии, однако участие в воспалительном процессе иммунных клеток организма приводит к формированию «порочных кругов» патогенеза, конечным исходом которых является повреждение (альтерация), формируется синдром «повышенной воздухонаполненности» легких, а также ряд других жизнеугрожающих состояний (обострение бронхитов и бронхолитов, пневмонии, легочная эмболия, рак легких и сердечно-сосудистая недостаточность) [3]. Известно, что курение, наследственная предрасположенность, проживание в экологически неблагоприятных зонах повышают риск развития ЭЛ и ее осложнений.

Дыхательная недостаточность является отягчающим фактором любой сопутствующей патологии и значительно снижает качество жизни, объективно-нарастающая гипоксия приводит к угнетению всех жизненно важных функций, в том числе и центральных регуляторных механизмов [2]. Используемые в пульмонологии методы лекарственной коррекции и терапии ЭЛ приводят к отсрочке манифестации ДН, но, в зависимости от преимущественного триггера патогенеза, рано или поздно пациент приобретает резистентность к фармакотерапии ДН. Симптомы ЭЛ практически не контролируются медикаментозным лечением, основанным на ингаляционных бронходилататорах (например, холинолитиках, β_2 -симпатомиметиках и кортикостероидах), прекращении курения и легочной реабилитации. Даже минимальная физическая нагрузка вызывает у больных стойкую одышку.

В настоящее время у этих пациентов остается шанс на повышение качества жизни — хирургическая редукция легочного объема (LVRS) — удаление участков нефункционирующей легочной ткани. Операция способствует расправлению тех участков легочной ткани, в которых происходит газообмен, с последующим повышением вентиляции и перфузии легочной ткани. Сегодня, по данным National Emphysema Treatment Trial (NETT, США) все оперативные вмешательства при ЭЛ представлены: LVRS (в т.ч. эндоскопической), трансплантацией легких, при буллезной эмфиземе — буллэктомии. Трансплантация легких возможна у ограниченной группы пациентов из-за строгого отбора критериев: совместимости и недостатка доноров органа.

Современная история хирургии эмфиземы начинается с 20-х годов прошлого века, связана с именем Отто Братингена (1904–1981), который в начале 50-х годов предложил торакотомическую резекцию при ЭЛ и которого считают «пионером» внедрения LVRS в мире [2]. Исследования О.Братингена подвергались жесткой критике, так, один из известнейших пульмологов

того времени Э.А. Генслер (1921–2012) писал — «трудно поверить, что заболевание, которое характеризуется диффузным повреждением легочной паренхимы, можно эффективно лечить резекцией функционирующего легкого». Несмотря на критику, работы О. Братингена продолжил Дж.Д. Купер, который представил данные по оперативному лечению 20 пациентов с ХОБЛ (1995), и это стало «эрой рождения» операций «редукции легочного объема». Итоговый вклад внесли рандомизированные хирургические исследования с проспективным отслеживанием пациентов на протяжении 2,5 лет [4]. Однако исследования последующих лет показали, что характер эмфизематозного процесса (гетерогенность), генетические предикторы (наследственный дефицит α -1-антитрипсина) и наличие осложнений (легочная гипертензия) играют важную роль в прогнозе эффективности операций. С другой стороны, техническое развитие медицины, формирование малоинвазивного хирургического направления, роботизации привело к развитию видеоторакоскопии (VATS) и, как следствие VATS-LVRS. А в последние годы стала набирать популярность однопортовая видеоторакоскопия [5], при которой через единственный разрез длиной 3–4 см можно провести полноценный комплекс оперативного вмешательства, что значительно снижает выраженность послеоперационного болевого синдрома и ускоряет процессы реабилитации. Разработка специального инструментария и усовершенствование шарнирных степлеров способствовали широкому распространению этой техники, особенно на азиатском континенте [6]. Средняя продолжительность пребывания в стационаре при UniVATS и робот-ассистированных резекциях составляет в среднем 3–6 дней, тогда как при торакотомической редукции объема — 10–12 суток.

В большинстве клиник легочная гипертензия (ЛГ) считается противопоказанием для LVRS [7]. Во-первых, длительно протекающая ЭЛ может отрицательно влиять на сердечно-сосудистую функцию за счет патогенетических механизмов. С другой стороны, гипоксемия и деструкция легочной ткани, приводящие к уменьшению площади поперечного сечения легочной сосудистой сети, могут повышать сопротивление легочных сосудов. ЛГ является поздним и серьезным осложнением при ХОБЛ более чем у половины пациентов, особенно при наличии ЭЛ.

Тем не менее, никакие опубликованные данные не подтверждают, что ЛГ является статистически значимым противопоказанием для LVRS. Существует предположение, что улучшение респираторной механики после LVRS может оказать благоприятное влияние на легочную гемодинамику, что было подтверждено описанными результатами положительного влияния эндоскопического уменьшения объема легких с помощью эндобронхиальных клапанов на ЛГ и функцию правого желудочка, соот-

ветственно, с улучшением клинико-гемодинамических показателей без увеличения заболеваемости и смертности [7].

В настоящее время целый ряд отечественных и зарубежных руководств описывает процесс отбора пациентов для хирургического лечения ЭЛ, подготовки и послеоперационного сопровождения. Паллиативные вмешательства имеют удовлетворительные результаты, повышающие пятилетнюю выживаемость у пациентов с резистентностью к фармакотерапии примерно в 1,5 раза [8–10].

Большинство пациентов с ХОБЛ и ЭЛ наблюдаются у пульмонолога, получают терапию в соответствии с существующими клиническими рекомендациями. Резистентность к интенсивной терапии, прогрессивное ухудшение состояния служат показанием к торакальной хирургии. После оценки клинико-лабораторного статуса (спирография, сцинтиграфия легких, ФБС, КТ ОГК с ангиопульмонографией («золотой стандарт» диагностики ЭЛ), исследования газового состава артериальной крови и КЩС) консилиум врачей определяет степень выраженности гипоксии, гиперкапнии, показания, возможные риски и объем оперативного вмешательства. КТ ОГК описывает наличие кистозно-буллезных изменений, наличие/отсутствие кистозно-буллезной трансформации с указанием локализации, количества и размеров кист и булл.

Некоторые исследователи разработали бронхоскопический метод LVR с помощью эндобронхиальных односторонних клапанов (EBV), который использовался для избирательного ограничения воздушного потока в эмфизематозной паренхиме и облегчения отвода воздушного потока к относительно сохранным долям [11]. EBV-лечение тяжелой эмфиземы снижало смертность с результатами, сопоставимыми с LVRS с точки зрения улучшения легочных функциональных тестов и клинической пользы, но с меньшей частотой побочных реакций [12]. Не так давно были протестированы другие бронхоскопические методы, такие как эндобронхиальные спирали, термическая паровая абляция и склерозанты [13]. В частности, LVR с помощью эндобронхиальных спиралей уже прошли оценку в крупномасштабном исследовании, мета-анализ показал, что лечение с помощью бронхоскопической спирали может улучшить функцию легких, 6-минутную ходьбу и качество жизни у пациентов с тяжелой эмфиземой в срок до 1 года после лечения, независимо от распространения заболевания.

Тем не менее, наиболее эффективным и популярным методом в хирургическом лечении ЭЛ на сегодняшний день является краевая резекция пораженного участка легкого, но, несмотря на достигнутые успехи видеоторакоскопии, сегодня остается ряд вопросов, определя-

ющих существенный вклад в послеоперационный прогноз каждого пациента — это контроль уровня резекции ткани легкого. Среди поставленных задач присутствуют «ключевые» моменты [14]:

- точная региональная количественная оценка ЭЛ необходима для выбора соответствующей техники, направленной на уменьшение объема легких;
- ателектаз легкого после установки эндобронхиальных клапанов при уменьшении объема легких является положительным прогностическим фактором, который наблюдается в меньшинстве случаев;
- целостность междолевой щели определяет выбор оперативного вмешательства;
- любое вмешательство LVRS может быть связано с рентгенологическими изменениями, которые необходимо тщательно интерпретировать, чтобы различать осложнения и норму;
- наиболее многообещающим фактором для определения уровня резекции представляется изменение перфузии легких на КТ.

Существующие способы интра- и периоперационного контроля уровня резекции легкого обеспечиваются визуальным субъективным контролем, сопоставлением с данными КТ ОГК и данных патоморфологии в послеоперационном периоде. Применение указанных методов не может в полной мере объективно определить необходимый уровень резекции легкого во время хирургического вмешательства, что приводит к тому, что остаются неудаленные участки легкого с ЭЛ. Показано, что преобладающая эмфизема верхних долей на КТ, наряду с низкой нагрузочной способностью, является наиболее важным положительным прогностическим фактором. Исследователями была предложена объективная денситометрическая количественная оценка ЭЛ [15]. Современное программное обеспечение позволяет количественно оценить эмфизему на уровне долей, что может быть даже более значимым для планирования хирургического доступа [16]. Было высказано предположение, что увеличение соотношения эмфиземы между поверхностными и глубокими слоями в верхних областях является еще одним положительным прогностическим фактором для восстановления послеоперационной функции легких и толерантности к физической нагрузке (вероятно, потому что, поверхностные участки более доступны для хирургии).

В исследованиях за рубежом определение точного уровня повреждения ткани легкого для операции резекции основывается на результатах предоперационной радиологической оценки и интраоперационных данных о задержанном воздухе и перфузии [7]. Комбинация КТ и перфузионной сцинтиграфии превосходит любой метод по отдельности в оценке гетерогенности заболевания. Перфузионная сцинтиграфия и КТ предоставляют

дополнительные данные, о чем свидетельствует улучшение выживаемости у пациентов с низкой перфузией при скинтиграфии и преобладающей эмфиземой верхней доли на КТ [17]. Но в РФ возможности использования радиологических методик [18] подчас ограничены, нет обновленного программного обеспечения, а хирургу требуется объективный метод, позволяющий определить уровень резекции.

Трудность состоит в том, что при ЭЛ на фоне развития воспалительного процесса происходит склероз бронхиол, снижение перфузии. В патогенезе эмфиземы нейтрофильная эластаза разрушает эластин — основной компонент стенки альвеол. Развивается декструкция мерцательного эпителия с явлением плоскоклеточной метаплазии, что нарушает мукоцилиарный клиренс. Альтерация носит необратимый характер: происходит «ремоделирование» и нарушение структуры дыхательных путей, снижается эластическая тяга лёгкого, разрушение альвеолярной поддержки просвета мелких бронхов и бронхиолах — нарушается связь с альвеолами, до этого находившимися в «расправленном» состоянии, альвеолы спадаются и теряют проходимость.

В наших исследованиях мы предложили метод [19], который позволяет достоверно определить необходимый уровень резекции легкого во время оперативного вмешательства с использованием ингаляции, либо парентерального введения 5-аминолевулиновой кислоты (5-АЛК). Затем на операционном столе с использованием флуоресцентной экспресс диагностики лазерным электронным спектральным анализатором (ЛЭСА-01-БИОСПЕК) можно в полном объеме визуализировать кистозно-буллезно измененные участки легкого, для последующей редукции объема эмфизематозного участка легкого.

Препарат 5-аминолевулиновой кислоты (5-АЛК) Аласенс длительное время используется в РФ для фотодинамической терапии. В организме человека 5-АЛК метаболизируется до фотосенсибилизатора протопорфирина IX (ППИХ), который избирательно накапливается преимущественно в клетках с явлениями выраженной гипоксии, в т.ч. опухолевых. По данным литературы «при фотоактивации светом с длиной волны 635 нм ППИХ вступает в фототоксические реакции, приводящие к гибели накопивших фотосенсибилизатор клеток» [20]. Следует отметить, что возбуждение ППИХ светом синего спектра позволяет визуализировать его флуоресценцию в диапазоне 635–704 нм [21]. Таким образом, возникает возможность использования 5-АЛК для интраоперационной флуоресцентной диагностики. 5-АЛК проникает во время ингаляции через бронхиальное дерево. Проникновение его затруднено в дистальные отделы легочной ткани в виду патоморфологических изменений при ЭЛ. Используя «Аласенс» эндобронхиально, мы видим фо-

новый цвет всей легочной ткани при флуоресцентном окрашивании — измененные периферические отделы легочной ткани не окрашиваются. Эти не окрашиваемые участки легочной ткани и подлежат удалению. Предлагаемый нами способ обеспечивает улучшение послеоперационных результатов лечения, снижение риска развития синдрома длительного расправления легкого и рецидива спонтанного пневмоторакса.

Материалы и методы

Техника проведения интраоперационной диагностики.

На операционном столе пациент лежит на правом боку, на уровне большой грудной мышцы находится валик. Левая рука отведена кверху и вбок, согнута в локтевом суставе, фиксирована над головой больного. Тазовый пояс в положении на боку. Разрез кожи проводится в V межреберье слева по средней подмышечной линии, длиной 6 см., мышечные волокна расслаиваются тупым путём. Межрёберные мышцы пересекаются по боковой поверхности грудной клетки. Плевральная полость вскрывается в V межреберье. Выполняется ревизия плевральной полости, выявляются участки легкого кистозно-буллезно пораженные, с помощью флуоресцентной экспресс диагностики лазерным электронным спектральным анализатором (ЛЭСА-01-БИОСПЕК). Кистозно-буллезно измененный участок легкого берется на держалки с помощью легочных зажимов Дюваля. Определяется зона резекции. С помощью кассет Endo GIA 60 мм и Echelon 60 мм выполняется редукция объема пораженного участка левого легкого. Выполняется: плеврэктомия, аэрогемостаз, дренирование 2 силиконовыми дренажами №24, послойное ушивание операционной раны.

В результате проведенного оперативного вмешательства ЖЕЛ в среднем увеличивалась у пациентов на 18,0 %, а ОФВ₁ — на 19,3 %. Отмечали снижение давления в легочной артерии на 3–5 мм рт.ст., улучшились показатели бронходилатационного теста и качество жизни пациентов.

Результаты

Предложена собственная методика определения уровня резекции при оперативном лечении у больных эмфиземой легких, когда пациенту до проведения операции проводятся ингаляция, либо парентеральное введение 5-аминолевулиновой кислоты (5-АЛК). Интраоперационно проводится флуоресцентная экспресс диагностика лазерным электронным спектральным анализатором (ЛЭСА-01-БИОСПЕК). Выявляются участки эмфиземы легкого, на основании полученных данных, проводится редукция объема. Использование метода

позволяет в полном объеме выявить эмфизематозно пораженные участки легкого и адекватно провести редукцию объема, что в свою очередь приведет к исключению синдрома длительного расправления легкого в послеоперационном периоде и предупреждению рецидива данного заболевания.

Заключение

Выбор тактики и формы хирургического лечения эмфиземы легких определяется объемом поражения легких и наличием осложнений. Открытая хирургическая

редукция объёма лёгких показана пациентам с распространенной гетерогенной эмфиземой легких в более молодом возрасте без выраженных сопутствующих заболеваний, эндоскопическая редукция объема — пациентам более возрастным, которым противопоказана открытая хирургическая редукция объема по соматическому состоянию. При менее выраженных изменениях легких «золотым стандартом» является торакоскопическая краевая резекция или сегментэктомия с плеврэктомией. 5-АЛК может быть использована при проведении оперативных вмешательств по поводу эмфиземы легких для выявления измененных участков легкого и их удаления.

ЛИТЕРАТУРА

- Mortensen J., Berg M.G. Lung Scintigraphy in COPD // *Semin. Nucl. Med.* 2019; 49(1):16–21. doi: 10.1053/j.semnuclmed.2018.10.010.
- Köse V., Thiel B., Nikolova K., Al-Masri E., Begher C., Frank C., Redwan B. Lung volume reduction surgery: from National Emphysema Treatment Trial to non-intubated awake video-assisted thoracoscopic surgery // *Ann Transl Med.* 2020;8(21):1468. doi: 10.21037/atm-20-6430.
- Mouronte-Roibás C., Leiro-Fernández V., Fernández-Villar A., Botana-Rial M., Ramos-Hernández C., Ruano-Ravina A. COPD, emphysema and the onset of lung cancer. A systematic review // *Cancer Lett.* 2016. 28;382(2):240–244. doi: 10.1016/j.canlet.2016.09.002.
- Fishman A, Martinez F, Naunheim K, et al. A randomized trial comparing lung-volume-reduction surgery with medical therapy for severe emphysema // *N. Engl. J. Med.* 2003;348:2059–73.
- Bertolaccini L., Batirel H., Brunelli A., et al. Uniportal video-assisted thoracic surgery lobectomy: a consensus report from the Uniportal VATS Interest Group (UVIG) of the European Society of Thoracic Surgeons (ESTS) // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2019; 56:224–9.
- Gonzalez-Rivas D., Yang Y., Ng C. Advances in uniportal video-assisted thoracoscopic surgery: pushing the envelope // *Thorac. Surg. Clin.* 2016;26: 187–201.
- Caviezel C., Aruldas C., Franzen D., Ulrich S., Inci I., Schneiter D. et al. Lung volume reduction surgery in selected patients with emphysema and pulmonary hypertension // *Eur J Cardiothorac Surg* 2018; doi:10.1093/ejcts/ezy092.
- Дробязгин Е.А., Чикинев Ю.В., Хусаинов В.Ф., Щербина К.И., Полякевич А.С. Оценка уровня качества жизни у пациентов с буллезной эмфиземой легких после хирургического лечения // *Сибирский научный медицинский журнал.* 2020; 40 (1): 104–109. doi 10.15372/SSMJ20200114.
- Акопов А.Л., Черный С.М., Мишра Р.П., Ковалев М.Г. Прогнозируемая и реальная функция дыхания после анатомических резекций легкого (обзор литературы) // *Вестник хирургии имени И.И. Грекова.* 2021;180(2):93–100. DOI: 10.24884/0042-4625-2021-180-2-93-100.
- Яицкий Н.А., Варламов В.В., Горбунков С.Д., Акопов А.Л., Чёрный С.М., Лукина О.В., Черменский А.Г., Гембицкая Т.Е. Результаты хирургического лечения генерализованной эмфиземы лёгких // *Вестник хирургии им. И.И. Грекова.* 2014. Т. 173. № 2. С. 9–13.
- Snell G.I., Holsworth L., Borrill Z.L, et al. The potential for bronchoscopic lung volume reduction using bronchial prostheses: a pilot study // *Chest* 2003; 124:1073–1080.
- Valipour A., Burghuber O.C. An update on the efficacy of endobronchial valve therapy in the management of hyperinflation in patients with chronic obstructive pulmonary disease // *Ther. Adv. Respir. Dis.* 2015; 9:294–301.
- Slebos D.J., Hartman J.E., Klooster K., et al. Bronchoscopic coil treatment for patients with severe emphysema: a meta-analysis // *Respiration.* 2015; 90:136–145.
- Milanesi G., Silva M., Sverzellati N. Lung volume reduction of pulmonary emphysema // *Curr Opin Pulm Med.* 2016 Mar;22(2):179–86. doi: 10.1097/MCP.0000000000000252.
- Washko G.R., Martinez F.J., Hoffman E.A., et al. Physiological and computed tomographic predictors of outcome from lung volume reduction surgery // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2010; 181:494–500.
- Revel M.P., Faivre J.B., Remy-Jardin M., et al. Automated lobar quantification of emphysema in patients with severe COPD // *Eur. Radiol.* 2008; 18:2723–2730.
- Chandra D., Lipson D.A., Hoffman E.A., et al. Perfusion scintigraphy and patient selection for lung volume reduction surgery // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2010; 182:937–946.
- Sugi K. et al. Lung volume reduction surgery for pulmonary emphysema using dynamic Xenon-133 and Tc-99m-MAA SPECT images // *Ann. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1998;4(3):149–53
- Авзалетдинов А.М., Павлов В.Н., Вильданов Т.Д., Латыпов Ф. Р. Способ определения уровня резекции при оперативном лечении у больных эмфиземой легких: патент РФ. Заявка: 2017100295, 09.01.2017. Опубликовано: 16.04.2018 Бюл. № 11.
- Кокорина А.А., Рафаелян А.А., Чемадакова К.А., Васильева Н.К., Пак Н.В., Мартынов Б.В., Свистов Д.В., Александров В.Н. Индуцированное 5-аминолевулиновой кислотой накопление протопорфирина IX тканью головного мозга крысы // *Вопросы онкологии,* 2021. Том 67, № 6. — С. 849–854.
- Горяинов С.А., Потапов А.А., Пицхелаури Д.И. и др. Интраоперационная флуоресцентная диагностика и лазерная спектроскопия при повторных операциях по поводу глиом головного мозга // *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко.* 2014;78(2):22–31.

© Вильданов Таяр Даянович (tayar.vildanov@mail.ru); Авзалетдинов Артур Марсович (Avzaletdinov@mail.ru); Павлов Валентин Николаевич; Латыпов Фагим Ришатovich; Гибадуллин Иршат Асхатович
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПОДХОДЫ К ГОРМОНАЛЬНОЙ РЕГУЛЯЦИИ МИОМЫ МАТКИ

APPROACHES TO HORMONAL REGULATION OF UTERINE FIBROIDS

Yu. Guley
Yu. Sidorova

Summary. Uterine fibroids is a common disease characterized by symptomatic uterine fibroids significantly reduce a woman's standard of living and cause problems with conception and childbearing, up to the development of infertility. Most fibroids are asymptomatic, but 30 % of women experience severe symptoms of the disease, such as abnormal uterine bleeding, iron deficiency anemia, the development of arterial hypertension, pelvic pain and pressure, infertility, back pain, urinary symptoms (frequent urination, nocturia, urinary retention), gastrointestinal symptoms (diarrhea or constipation), which require medical intervention. At the same time, the issues of effective regulation of the formation and growth of uterine fibroids still remain unexplored. The purpose of this theoretical study was to analyze possible approaches to the hormonal correction of uterine fibroids. The results of the review of studies showed that hormone therapy is currently a promising treatment for uterine fibroids. This is a non-invasive method that alleviates the symptoms of the disease, which can also ensure the regression of uterine fibroids while preserving the uterus, improve the quality of life of a woman. Hormonal drugs are prescribed as a preoperative treatment for uterine fibroids, to stabilize the patient's condition and reduce the severity of possible side effects. Hormonal therapy includes hormonal contraceptives, tranexamic acid, and non-steroidal anti-inflammatory drugs, which reduce the amount of menstrual bleeding. Periodic control of the size of uterine fibroids, along with the use of hormonal regulation of uterine fibroids, is believed to be an effective way to reduce the health burden of this disease.

Keywords: Uterine Fibroids, Treatment, Hormonal Regulation.

Гулей Юлия Викторовна

Аспирант,

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»

uliagulej@gmail.com

Сидорова Юлия Дмитриевна

Аспирант,

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»

Yulisik2008@yandex.ru

Аннотация. Миома матки является распространенным заболеванием, характеризующимся, в случае симптоматического течения заболевания, симптомокомплексом, значительно снижающим уровень жизни женщины и вызывающим проблемы с зачатием и деторождением, вплоть до развития бесплодия. Большинство миом протекает бессимптомно, в то время как у 30 % женщин возникают тяжелые симптомы заболевания, включающие аномальное маточное кровотечение, железодефицитную анемию, риск развития артериальной гипертензии, тазовую боль и давление, бесплодие, боль в спине, мочевые симптомы (учащенное мочеиспускание, никтурия, задержка мочи), желудочно-кишечные симптомы (диарея или запор), что требует медицинского вмешательства. При этом в настоящее время до сих пор остаются неизученными вопросы эффективного регулирования образования и роста миомы матки. Целью данного теоретического исследования являлся анализ возможных подходов к гормональной коррекции миомы матки. Согласно результатам выполненного анализа современных литературных данных, в настоящее время гормональная терапия миомы матки рассматривается в качестве перспективного метода ее лечения, основные достоинства которого заключаются в неинвазивности, облегчении симптомов, возможности регрессии маточных узлов при сохранности матки, улучшении качества жизни. Также актуально назначение гормональных препаратов в качестве предоперационного лечения миомы матки, для стабилизации состояния пациентки и снижения выраженности возможных побочных эффектов. Гормональная терапия включает гормональные контрацептивы, транексамовую кислоту и нестероидные противовоспалительные препараты, снижающие обильность менструальных кровотечений. Предполагается, что периодический контроль размеров миомы матки, наряду с использованием гормональной регуляции миомы матки, является эффективным способом снижения бремени здравоохранения данного заболевания.

Ключевые слова: миома матки, лечение, гормональная регуляция.

Введение

Миома матки, или лейомиома, является наиболее распространенной солидной доброкачественной опухолью матки, возникающей в результате клональной экспансии клеток миометрия [1, 2]. Гистологически миома матки представляет собой новообразование, состоящее из неупорядоченных клеток миометрия, расположенных во внеклеточном матриксе, чрезмерное образование которого также является причиной значительной части опухолевой экспрессии. Это всегда доброкачественные опухоли, которые могут развиваться в очаги значительных размеров (от 10 мм

до 20 см). Данный вид опухолей поражает женщин, находящихся в большинстве случаев в репродуктивном возрасте и диагностируется, по разным оценкам, у 70–90 % женщин в возрасте до 50 лет, причем распространенность миомы матки увеличивается с возрастом [3, 4, 5, 30]. При этом частота заболевания до настоящего времени остается недооцененной, поскольку у многих женщин заболевание протекает бессимптомно, а появление симптомов постепенное.

Большинство миом протекает бессимптомно, и лишь у 30 % женщин возникают тяжелые симптомы заболевания, включающие аномальное маточное кровотечение,

железодефицитную анемию, риск развития артериальной гипертензии, тазовую боль и давление, бесплодие, боль в спине, мочевые симптомы (учащенное мочеиспускание, никтурия, задержка мочи), желудочно-кишечные симптомы (диарея или запор), что требует медицинского вмешательства [3, 8, 12, 28].

Высокая распространенность миомы оказывает глубокое влияние на расходы на здравоохранение во всем мире. По оценкам исследований, ежегодные прямые и косвенные расходы, связанные с миомой матки, в США достигают 34,4 миллиарда долларов, а общие ежегодные расходы, связанные с госпитализацией, составляют 348 миллионов долларов в Германии, 120 миллионов долларов во Франции и 86 миллионов долларов в Англии [6, 7]. Кроме того, наличие миомы матки определяет повышенный риск развития рака яичников [12, 13]. Миома матки также связана с бесплодием и другими осложнениями беременности, которые могут длиться не менее десяти лет лечения и составлять от 4 % до 23 % ежегодных затрат на здравоохранение [11]. Все перечисленное определяет актуальность активного поиска эффективных методов регулирования данной патологии.

Цель исследования — анализ возможных подходов к применению гормональной коррекции в регуляции миомы матки.

Материалы и методы исследования

Для анализа подходов к гормональной регуляции миомы матки был выполнен анализ статей из журналов российских и иностранных изданий в базах eLibrary, PubMed Национальной медицинской библиотеки США, Google Scholar. Запрос для поиска формулировался таким образом, чтобы в поисковую выдачу попадали источники, в которых встречались термины «миома матки», «лейомиома» и термины «этиология», «патогенез», «лечение», «гормональная терапия». Результаты поисковой выдачи тщательно просматривались, из результатов мы отбирали оригинальные и обзорные статьи, соответствующие критериям включений в систематический обзор. Всего было обнаружено 122 публикации, из которых для анализа было отобрано 73 источника, релевантных теме нашего исследования.

Результаты и обсуждение

Этиология и патогенез миомы матки

Миомы представляют собой доброкачественные опухоли, развивающиеся из гладкомышечной ткани матки (миометрия), рост которых определяется комплексным действием эстрогена и прогестерона, регулирующих большинство генов, кодирующих факторы роста. Так, эстрогены способны регулировать экспрессию факто-

ров роста, воздействуя на ряд сигнальных путей. Прогестерон и его рецепторы ответственны за пролиферацию клеток, накопление внеклеточного матрикса и клеточную гипертрофию. Гипотетически предполагается, что прогестерон может стимулировать рост клеток миомы матки за счет повышения экспрессии белка В-клеточной лимфомы 2 и подавления экспрессии TNF-α [25].

Миомы достаточно редко встречаются в период до полового созревания, их распространенность увеличивается в репродуктивном возрасте и уменьшается в размерах после наступления менопаузы [15]. Большинство случаев диагностируется в возрасте от 28 до 52 лет [25]. Пременопаузальный возраст, черная раса, отсутствие родов, а также большое время, прошедшее после родов, являются основными факторами риска миомы матки [8]. Раннее менархе как фактор риска объясняется ранним воздействием гормонов в онтогенезе, вызывающим эпигенетические изменения, сохраняющиеся впоследствии во взрослом возрасте и приводящие к возникновению или прогрессированию заболевания. У чернокожих женщин миомы встречаются чаще, развиваются в более раннем возрасте и имеют более тяжелое течение, чем у женщин со светлой кожей. Другие факторы риска включают ожирение, бесплодие, гипертонию, позднюю менопаузу, раннее менархе, семейный анамнез миомы и пожилой возраст. Влияние диеты, физических упражнений, курения, алкоголя, стресса и других факторов окружающей среды на патогенез миомы матки остается менее ясным [20, 21, 22, 23, 29]. Обнаружены также множественные наследственные синдромы (синдром почечно-клеточного рака, наследственный лейомиоматоз, синдром Риды и др.), при которых происходит развитие миомы матки. При этом механизмы, задействованные в росте лейомиомы, практически неизвестны, что обуславливает медленный прогресс в разработке эффективных вариантов лечения [18, 19, 24, 26].

Патогенез миомы матки является многофакторным и включает генетические, эпигенетические, гормональные, экологические, провоспалительные и ангиогенетические факторы. Многочисленные исследования *in vitro* и *in vivo* выявили несколько путей и механизмов, которые, как считается, участвуют в патогенезе миомы, включая половые гормоны, стволовые клетки, глюкокортикоиды, факторы роста, передачу сигналов цитокинов, внеклеточный матрикс, ремоделирование и эпигенетические факторы.

Основные подходы к лечению миомы матки

Тактика лечения миомы матки зависит от ее размера и локализации, а также от возраста пациентки, присутствующих симптомов, намерения женщины иметь детей в будущем и опыта гинеколога. Варианты лечения улучшают симптоматику, связанную с миомой, за счет умень-

шения размера миомы или ее радикального удаления. Доступные методы лечения включают медикаментозную терапию, интервенционные радиологические методы и хирургические процедуры. Варианты лечения миомы матки определяются исходя из личных целей пациенток, а также от эффективности лечения и необходимости повторных вмешательств.

В настоящее время единственным радикальным методом лечения женщин с симптоматической миомой матки является гистерэктомия, исключая впоследствии возможность деторождения и имеющая долгосрочные последствия для общего состояния здоровья [9, 10]. Примерно одна треть всех гистерэктомий во всем мире выполняется при миоме матки. Однако, при этом виде вмешательства может наблюдаться тяжелая дезадаптация женщин и проявление «синдрома послеоперационной усталости» после операции, что приводит к более длительному периоду реабилитации, нарушению психоэмоционального состояния и напряженности защитных механизмов.

К консервативным методам лечения миомы матки относят медикаментозную терапию, эмболизацию маточных артерий и фокусированную ультразвуковую абляцию миомы под МРТ-контролем. Консервативное лечение направлено на облегчение симптомов заболевания, а также регрессию миоматозных узлов при сохранении матки.

Медикаментозное лечение миомы, в первую очередь, направлено на уменьшение массивного кровотечения, вызванного миомой. Медикаментозное лечение рассматривается в качестве одного из наиболее перспективных методов облегчения состояния пациенток с симптоматической миомой матки.

Эмболизация маточных артерий представляет собой интервенционную радиологическую процедуру, при которой в одну или обе маточные артерии вводятся эмболы, ограничивающие кровоснабжение матки, а также миом. Это альтернативный вариант лечения для женщин с миомами, которым невозможно провести хирургическое вмешательство или которые хотят сохранить матку. В то же время, данный метод имеет ряд осложнений, наиболее распространенным из которых является постэмболизационный синдром, который проявляется в виде легкой лихорадки, боли и выделения из влагалища.

Фокусированная ультразвуковая абляция опухоли под МРТ-контролем при лечении миомы матки характеризуется эффективностью (в том числе экономической) и безопасностью лечения. Это органосохраняющее вмешательство, характеризующееся короткими сроками реабилитации пациента и отсутствием необходимости длительного пребывания в стационаре. С другой стороны,

среди побочных эффектов отмечается умеренная боль в области абляции. В некоторых случаях (1–2 % случаев) возможны ожоги, транзиторная лихорадка.

Современные аспекты гормональной фармакотерапии миомы матки

Доступные методы лечения включают антифибринолитические средства, нестероидные противовоспалительные препараты, комбинированные гормональные контрацептивы, лечение только прогестероном, селективные модуляторы рецепторов прогестерона, антипрогестины, ингибиторы ароматазы и агонисты или антагонисты гонадотропин-рилизинг-гормона. В ходе исследований на животных ученые пришли к выводу, что стволовые клетки имеют огромный биологический потенциал, с точки зрения коррекции структурных и 8 функциональных повреждений матки, сопряженных с дефицитом тканей, что способствует восстановлению фертильности.

В последние годы появляются клинические инновации в использовании модуляторов рецепторов прогестерона в качестве медикаментозной терапии [14]. Медикаментозная терапия для снижения интенсивности обильных менструальных кровотечений включает использование гормональных контрацептивов, транексамовой кислоты и нестероидных противовоспалительных препаратов [15].

Средства гормональной контрацепции часто используются для уменьшения выраженности симптомов, вызванных обильным кровотечением, сопровождающим миому матки. Основным механизмом гормональных контрацептивов заключается в блокировании овуляции за счет антигонадотропного эффекта. Отмечено также, что гормональная контрацепция является защитным фактором развития и роста миомы матки.

В настоящее время все большее количество исследований посвящено возможности гормональной терапии при миоме матки. Рассматривается перспективность проведения исследований в отношении определения эффективности и безопасности применения прогестагенов и внутриматочных систем, высвобождающих прогестин, у женщин в предменопаузе с миомой матки. Отмечается значительное снижение кровопотери у женщин, использующих внутриматочную спираль, высвобождающую левоноргестрел (до 90 %), что рассматривается как возможность снизить интенсивность обильных маточных кровотечений и улучшить качество жизни пациенток по сравнению с другими видами медикаментозной терапии. Рассматривается возможность использования селективных модуляторов рецепторов прогестерона при симптоматической миоме матки.

Гормональная терапия включает гормональные контрацептивы, транексамовую кислоту и нестероидные противовоспалительные препараты, снижающие обильность менструальных кровотечений. Агонисты гонадотропин-рилизинг-гормона или селективные модуляторы рецепторов прогестерона назначаются главным образом до операции [16].

Современные антагонисты гонадотропин-рилизинг-гормона (релуголикс, элаголикс, линзаголикс) и вилаприсан имеют подтвержденную терапевтическую эффективность (уменьшение кровотечения, дискомфорта, снижение размеров лейомиомы, улучшение качества жизни), мягкий профиль побочных эффектов, вследствие чего рассматриваются в качестве предпочтительных вариантов перорального лечения миомы матки. Так, в результате лечения женщин с симптоматической миомой матки релуголиксом на протяжении 24 недель было зафиксировано значительное улучшение качества жизни, связанного с состоянием здоровья, включая эмоциональное благополучие, физическую и социальную активность и сексуальную функцию, наряду со существенным снижением общего бремени симптомов и дискомфорта, вызванных ключевыми симптомами, связанными с миомой матки. Для лечения обильных менструальных кровотечений, связанных с миомой матки, в США, и для лечения умеренных и тяжелых симптомов миомы матки в странах Европейского Союза одобрено применение пероральной комбинации релуголикса (антагонист рецептора гонадотропин-рилизинг-гормона), ацетата эстрадиола/норэтистерона (снижают потерю костной массы и приливы, вызванные релуголиксом).

Естественный регресс миомы в менопаузе обусловлен более низкими уровнями циркулирующих эстрогенов и прогестерона. Многие врачи с осторожностью назначают гормональную терапию из-за опасений прогрессирования размеров миоматозных новообразований. Исследования по этому вопросу остаются безрезультатными. Несколько проспективных клинических исследований показали, что рост миомы достигает максимума в течение первых двух лет гормонотерапии, а после третьего года — снижается. В других исследованиях показано, что трансдермальный эстроген и высокие дозы ацетата медроксипрогестерона (5 мг) могут подвергать пациенток большому риску увеличения размера миоматозных узлов. Следовательно, если гормональная терапия включает прогестин, следует использовать меньшую дозу, чтобы избежать роста опухоли. Имеющиеся данные противоречивы, но предполагается, что заместительная гормональная терапия может влиять на прогрессирование миомы матки, не являясь абсолютным противопоказанием к заместительной гормональной терапии. Рекомендуется периодически обследовать женщин с миомой матки, использующих заместительную гормональную терапию, и прекращать гормональное

лечение в случае увеличения лейомиомы. Так же, рекомендуется использовать минимальную эффективную дозу прогестина.

Ингибиторы ароматазы, такие как летрозол, представляют собой класс препаратов, обладающих антиэстрогенным действием, которые в основном используются при лечении эндометриоза, бесплодия, рака молочной железы и рака эндометрия. Способность ароматазы подавлять уровни эндогенного эстрогена может оказаться полезной при лечении маточных кровотечений, связанных с миомой, у женщин с ожирением в постменопаузе. Эффекты летрозола сравнивают с агонистом гонадотропин-рилизинг-гормона, который является распространенным средством лечения маточных кровотечений у женщин в постменопаузе. И все-таки, летрозол обладает наименьшим количеством побочных эффектов по сравнению с группой гонадотропин-рилизинг-гормона.

Тамоксифен и Ралоксифен являются селективными модуляторами рецепторов эстрогенов, классом лекарств с тканеспецифическим действием, благодаря смешанному действию агониста и антагониста на рецепторы эстрогенов. Тамоксифен используется для лечения рака молочной железы, особенно после хирургической резекции, из-за его антиэстрогенных свойств в ткани молочной железы. Однако в костях и эндометрии тамоксифен действует как сильный агонист одновременно с повышенным риском гиперплазии эндометрия при использовании его свыше 5 лет. Ралоксифен используется для лечения остеопороза. У женщин в постменопаузе ралоксифен подавляет тяжесть кровотечения и уменьшает размеры миомы.

Селективные модуляторы рецепторов прогестерона представляют собой класс синтетических стероидов, которые оказывают агонистическое и/или антагонистическое действие на рецепторы прогестерона. Улипристала ацетат традиционно использовался в качестве посткоитального контрацептивного препарата. Он проявляет антагонистические свойства в отношении матки, шейки матки, яичников и гипоталамуса. В то время как прогестерон способствует росту миомы, блокирование рецепторов прогестерона уменьшает размер миомы, что доказано исследованиями PEARL. Влияние на эндометрий является основной проблемой для этого препарата, поскольку это может привести к несбалансированной стимуляции эстрогенами, предрасполагающей к утолщению эндометрия.

Использование трипторелина, синтетического аналога гонадотропин-рилизинг-гормона, в исследовании российских ученых показало значимое увеличение индекса резистентности и пульсационного индекса для крупных сосудов миомы матки, с одновременным значительным снижением уровня эстрадиола после 1, 2 и 3

месяцев от момента введения трипторелина. Вследствие подавления пролиферации клеток под действием трипторелина, согласно результатам исследования, наблюдались снижение объема матки и узлов миомы.

Согласно официальному заявлению Североамериканского общества, занимающегося здоровьем женщин в менопаузальном периоде, гормонотерапия имеет значительные преимущества у женщин, которые начинают терапию в возрасте моложе 60 лет или в течение 10 лет после появления первых симптомов менопаузы. Это наиболее эффективное лечение вазомоторных симптомов, мочевого синдрома, а также профилактическая мера при потере костной массы или переломах. Для женщин, которые начинают гормональную терапию в возрасте после 60 лет или через 10 лет от начала менопаузы, соотношение пользы и риска менее благоприятно из-за более высокого риска ишемической болезни сердца, инсульта и венозной тромбоэмболии. Поскольку риск различается в зависимости от типа, дозы, продол-

жительности и способа введения, гормональную терапию следует подбирать индивидуально, чтобы найти наиболее подходящий вариант для каждой пациентки.

Заключение

Исходя из выполненного анализа современных исследований, в настоящее время гормональная терапия миомы матки рассматривается в качестве перспективного метода ее лечения, основные достоинства которого заключаются в неинвазивности, облегчении симптомов, улучшении качества жизни. Также используется назначение гормональных препаратов в качестве предоперационного лечения миомы матки, для стабилизации состояния пациентки и снижения выраженности возможных побочных эффектов. Предполагается, что периодический контроль размеров миомы матки, наряду с использованием гормональной регуляции миомы матки, является эффективным способом снижения бремени здравоохранения данного заболевания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Stewart E.A. Clinical practice. Uterine fibroids. *N Engl J Med.* 2015;372:1646–1655.
2. Шамарин С. В., Наумова И. В., Волкова И. Г., Кузнецова Н. В. Миома (лейомиома) матки (литературный обзор). *Многопрофильный стационар.* 2018;5(2):144–149.
3. Giuliani E., As-Sanie S., Marsh E.E. Epidemiology and management of uterine fibroids. *Int J Gynaecol Obstet.* 2020;149(1):3–9. doi: 10.1002/ijgo.13102.
4. Grube M., Neis F., Brucker S.Y., Kommos S., Andress J., Weiss M., Hoffmann S., Taran F.A., Krämer B. Uterine Fibroids — Current Trends and Strategies. *Surg Technol Int.* 2019;34:257–263.
5. Stewart E.A., Cookson C.L., Gandolfo R.A., Schulze-Rath R. Epidemiology of uterine fibroids: A systematic review. *BJOG.* 2017;124:1501–1512.
6. Cardozo E.R., Clark A.D., Banks N.K., Henne M.B., Stegmann B.J., Segars J.H. The estimated annual cost of uterine leiomyomata in the United States. *Am J Obstet Gynecol.* 2012;206(3):211.e1–9. doi: 10.1016/j.ajog.2011.12.002.
7. Soliman A.M., Yang H., Du E.X., Kelkar S.S., Winkel C. The direct and indirect costs of uterine fibroid tumors: a systematic review of the literature between 2000 and 2013. *Am J Obstet Gynecol.* 2015;213(2):141–60. doi: 10.1016/j.ajog.2015.03.019.
8. Lou Z., Huang Y., Li S., Luo Z., Li C., Chu K., Zhang T., Song P., Zhou J. Global, regional, and national time trends in incidence, prevalence, years lived with disability for uterine fibroids, 1990–2019: an age-period-cohort analysis for the global burden of disease 2019 study. *BMC Public Health.* 2023;23(1):916. doi: 10.1186/s12889-023-15765-x.
9. Fortin C., Flyckt R., Falcone T. Alternatives to hysterectomy: The burden of fibroids and the quality of life. *Best practice & research Clinical obstetrics & gynaecology.* 2018; 46.
10. Cohen S.L., Ajao M.O., Clark N.V., Vitonis A.F., Einarsson J.I. Outpatient hysterectomy volume in the United States. *Obstetrics and gynecology.* 2017; 130:1.
11. Shih V., Banks E., Bonine N.G., Harrington A., Stafkey-Mailley D., Yue B., Gillard P. Healthcare resource utilization and costs among women diagnosed with uterine fibroids compared to women without uterine fibroids. *Current medical research and opinion.* 2019;35(11):1925–1935.
12. Tseng J.J., Huang C.C., Chiang H.Y., Chen Y.H., Lin C.H. Prior uterine myoma and risk of ovarian cancer: a population-based case-control study. *Journal of gynecologic oncology.* 2019;30(5):11. <https://doi.org/10.3802/jgo.2019.30.e72>
13. Koushik A., Grundy A., Abrahamowicz M., Arseneau J., Gilbert L., Gotlieb W.H., Lacaille J., Mes-Masson A.M., Parent M.É., Provencher D.M., Richardson L., Siemiatycki J. Hormonal and reproductive factors and the risk of ovarian cancer. *Cancer Causes Control.* 2017;28(5):393–403. doi: 10.1007/s10552-016-0848-9.
14. Stewart E.A., Laughlin-Tommaso S.K., Catherino W.H., Lalitkumar S., Gupta D., Vollenhoven B. Uterine fibroids. *Nat Rev Dis Primers.* 2016;2:16043. doi: 10.1038/nrdp.2016.43.
15. De La Cruz M. S., Buchanan E. M. Uterine Fibroids: Diagnosis and Treatment. *Am Fam Physician.* 2017;95(2):100–107.
16. Ivanova Y., Dimitrov D., Dimitrova K., Shanker A., Yordanov A. The use of ultrasound guided high intensity focused ultrasound (HIFU) in the treatment of uterine fibroids: an overview. *Wiad Lek.* 2022;75(2):545–550.
17. Baranov V.S., Osinovskaya N.S., Yarmolinskaya M.I. Pathogenomics of Uterine Fibroids Development. *Int J Mol Sci.* 2019;20(24):6151. doi: 10.3390/ijms20246151.
18. Commandeur A.E., Styer A.K., Teixeira J.M. Epidemiological and genetic clues for molecular mechanisms involved in uterine leiomyoma development and growth. *Hum Reprod Update.* 2015;21(5):593–615. doi: 10.1093/humupd/dmv030.
19. Mlodawska O.W., Saini P., Parker J.B., Wei J.J., Bulun S.E., Simon M.A., Chakravarti D. Epigenomic and enhancer dysregulation in uterine leiomyomas. *Hum Reprod Update.* 2022;28(4):518–547. doi: 10.1093/humupd/dmac008.

20. Дикарева Л.В., Уханова Ю.Ю., Малышева И.П., Белявская С.А., Гаджиева П.Х. Значение фетальной макросомии, ожирения и маркера апоптоза TRAIL как ранних предикторов формирования миомы матки. Астраханский медицинский журнал. 2021;16(1):66–73.
21. Кичигин О.В., Арестова И.М., Занько И.М. Факторы риска развития миомы матки и качество жизни пациенток, оперированных по поводу миомы матки. Охрана материнства и детства. 2013;2(22):36–41.
22. Pavone D., Clemenza S., Sorbi F., Fambrini M., Petraglia F. Epidemiology and Risk Factors of Uterine Fibroids. Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol. 2018;46:3–11. doi: 10.1016/j.bpobgyn.2017.09.004.
23. Shen Y., Xu Q., Xu J., Ren M.L., Cai Y.L. Environmental exposure and risk of uterine leiomyoma: an epidemiologic survey. Eur Rev Med Pharmacol Sci. 2013;17(23):3249–56.
24. Drayer S. M., Catherino W. H. Prevalence, morbidity, and current medical management of uterine leiomyomas. Int J Gynaecol Obstet. 2015;131(2):117–22. doi: 10.1016/j.ijgo.2015.04.051.
25. Aleksandrovich V., Bereza T., Sajewicz M., Walocha J.A., Gil K. Uterine fibroid: common features of widespread tumor (Review article). Folia Medica Cracoviensia. 2015;IV(1):61–75.
26. Wollina U., Schönlebe J. Reed's syndrome: segmental piloleiomyomas type 1 and uterus myomatosis. J Dermatol Case Rep. 2014;8(3):67–9. doi: 10.3315/jdcr.2014.1178.
27. Ciavattini A., Di Giuseppe J., Stortoni P., Montik N., Giannubilo S. R., Litta P., Islam M. S., Tranquilli A. L., Reis F. M., Ciarmela P. Uterine fibroids: pathogenesis and interactions with endometrium and endomyometrial junction. Obstet Gynecol Int. 2013;2013:173184. doi: 10.1155/2013/173184.
28. Gong L., Liu M., Shi H., Huang Y. Uterine fibroids are associated with increased risk of pre-eclampsia: A case-control study. Front Cardiovasc Med. 2022;9:1011311. doi: 10.3389/fcvm.2022.1011311.
29. Edzie E. K. M., Dzefi-Tetty K., Brakohiapa E.K., Abdulai A.B., Kekessie K.K., Aidoo E., Amoah S., Boadi E., Kpobi J.M., Quarshie F., Edzie R.A., Kusodzi H., Asemah A.R. Assessment of the Clinical Presentations and Ultrasonographic Features of Uterine Fibroids in Adult Africans: A Retrospective Study. Oman Med J. 2023;38(1):e459. doi: 10.5001/omj.2023.36.
30. Liu X., Wang B., Zhang Q., Zhang J., Wang S. The long-term trend of uterine fibroid burden in China from 1990 to 2019: A Joinpoint and Age-Period-Cohort study. Front Physiol. 2023;14:1197658. doi: 10.3389/fphys.2023.1197658.

© Гулей Юлия Викторовна (uliagulej@gmail.com); Сидорова Юлия Дмитриевна (Yulisik2008@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ НОВОЙ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ У ДЕТЕЙ

FEATURES OF THE COURSE OF A NEW CORONAVIRUS INFECTION IN CHILDREN

**R. Zhetishev
I. Zhetisheva
E. Kamyshova
A. Eneeva
M. Shabatukova**

Summary. SARS-CoV-2, a member of the coronaviridae family, has caused a deadly pandemic called coronavirus disease 2019 (COVID-19). Childhood patients, mainly from families with infection or with a history of contact with epidemic zones, became infected through direct contact or through airborne droplets. In most cases, children were characterized by an asymptomatic course or cold symptoms such as fever, cough, myalgia or fatigue, which were less pronounced compared to adult patients. In some clinical cases, children may develop a multisystem inflammatory syndrome, which in children has its own characteristics: most cases are observed in older age and in adolescents, most often have a mild course, although in rare cases there can be a severe course.

Due to the fact that recommendations for the use of specific chemotherapy drugs have not been developed for children, further study of clinical cases seems necessary for early detection, timely treatment and reduction of complications in the post-Covid period.

Keywords: COVID-19, children, SARS-CoV-2, pandemic, multisystem inflammatory syndrome.

Жетишев Рашид Абдулович

Доктор медицинских наук, профессор,
Кабардино-Балкарский государственный университет
имени Х.М. Бербекова
rashid.zhetishev@yandex.ru

Жетишева Ирина Салиховна

Кандидат медицинских наук, Кабардино-Балкарский
государственный университет имени Х.М. Бербекова
rashid.zhetishev@yandex.ru

Камышова Елена Алексеевна

Кандидат медицинских наук, Кабардино-Балкарский
государственный университет имени Х.М. Бербекова
ekamyshova@mail.ru

Энеева Аминат Шариповна

Кабардино-Балкарский государственный
университет имени Х.М. Бербекова
aeneeva@inbox.ru

Шабатукова Марина Якубовна

Кабардино-Балкарский государственный
университет имени Х.М. Бербекова
m.shabatukova@bk.ru

Аннотация. SARS-CoV-2, представитель семейства coronaviridae, спровоцировал смертельную пандемию, названную коронавирусной инфекцией 2019 года (COVID-19). Больные детского возраста, преимущественно из семей с инфекцией или имеющих в анамнезе контакт с эпидемическими зонами, заражались при прямых контактах или воздушно-капельным путем. В большинстве случаев для детей было характерно бессимптомное течение или симптомы простуды, такие как лихорадка, кашель, миалгия или утомляемость, которая была менее выражена по сравнению со взрослыми пациентами. В некоторых клинических случаях у детей возможно развитие мультисистемного воспалительного синдрома, который у детей имеет свои особенности: большинство случаев наблюдаются в старшем возрасте и у подростков, чаще протекают легко, хотя в редких случаях может быть и тяжелое течение.

В связи с тем, что для детей не разработаны рекомендации по использованию конкретных химиотерапевтических препаратов, дальнейшее изучение клинических случаев представляется необходимым для раннего выявления, своевременной терапии и уменьшения количества осложнений в постковидном периоде.

Ключевые слова: COVID-19, дети, SARS-CoV-2, пандемия, мультисистемный воспалительный синдром.

Введение

В декабре 2019 года стал распространяться новый тип пневмонии неизвестной этиологии. Неизвестный штамм был обнаружен путем объективного секвенирования в образцах от пациентов с новой пневмонией [1]. Впоследствии данный вирус был назван

Международным комитетом по таксономии вирусов SARS-CoV-2 [2,3].

В настоящее время COVID-19 (аббревиатура от англ. COroNa Virus Disease 2019) широко распространился по всему миру, затронув более 200 стран и территорий. Доказано, что население мира всех возрастов воспри-

имчиво к COVID-19 через инфекцию дыхательных путей или прямой контакт из-за отсутствия специфического иммунитета [4].

Отмечено, что развитие новой коронавирусной инфекции (COVID-19) обусловлено проникновением SARS-CoV-2 путем связывания с рецептором ангиотензинпревращающего фермента 2 (ACE2) через S-белок [5]. ACE2 высоко экспрессируется в альвеолярном эпителии, сердце, почечных канальцах и эпителиальных клетках кишечника [6].

Несмотря на то, что общая смертность детей составляет около 1 % и серьезные осложнения встречаются реже, вероятность заражения детей такая же, как и у взрослых. Разница в развитии заболевания у детей и взрослых может привести к различному клиническому лечению.

Несмотря на многочисленные публикации, посвященные диагностике и лечению заболевания COVID-19, данные по ведению детей остаются ограниченными, и в настоящее время не существует педиатрических рекомендаций по лечению COVID-19.

Цель работы — анализ литературных данных, посвященный особенностям течения COVID-19 у детей.

Подавляющее большинство всех описанных случаев заболевания у детей связано с контактами с заболевшими взрослыми. Наиболее частыми симптомами у детей являются лихорадка, непродуктивный кашель, возможно появление признаков интоксикации (миалгии, тошнота, слабость). У некоторых отмечаются ринорея, заложенность носа, редко — симптомы поражения желудочно-кишечного тракта (боли в животе, диарея, рвота). Диарея у детей на фоне инфекции COVID-19 отмечается чаще, чем у взрослых. Наличие бессимптомных носителей среди детской популяции вызывает беспокойство, поскольку инфицированные дети могут бессимптомно распространять болезнь.

Развитие тяжелых форм COVID-19, таких как синдром полиорганной дисфункции у детей и острый респираторный дистресс-синдром, могут быть вызваны нарушением регуляции иммунного ответа и цитокиновыми штормами [7].

В ряде исследований сообщалось о тяжелых случаях, сопровождающихся стойкой лихорадкой и поражением двух или более систем органов у детей с COVID-19, что получило название мультисистемного воспалительного синдрома. Симптомы данного синдрома аналогичны симптомам болезни Кавасаки и синдрома, подобного токсическому шоку. Мультисистемный воспалительный синдром, ассоциированный COVID-19, у детей имеет

свои особенности: большинство случаев наблюдаются в старшем возрасте и у подростков, чаще протекает легко, хотя в редких случаях может быть и тяжелое течение, а клинические проявления отличаются от взрослых и представлены лихорадкой, нарушениями функции желудочно-кишечного тракта, менингеальными симптомами, кожной сыпью, конъюнктивитом, гипотонией, миокардитом

Некоторые авторы предположили, что его патогенез ассоциирован с геномными вариациями вируса и постинфекционной иммунной дисрегуляцией [8].

Недавно исследования иммунофенотипа показали, что у некоторых пациентов с мультисистемным воспалительным синдромом наблюдается своеобразный ответ В-клеток с увеличением доли плазмобластов [9]. Исследования иммунных реакций у госпитализированных детей и взрослых во время первой волны пандемии COVID-19 показали, что у педиатрических пациентов были менее устойчивые реакции Т-клеток памяти и более низкие реакции нейтрализующих и активирующих Fcγ-рецепторы антител, чем у взрослых. В сочетании с данными, показывающими зависящее от возраста снижение уровней цитокинов интерферона-γ и интерлейкина-17 в сыворотке крови, эти результаты позволяют предположить, что у детей может возникнуть патогенно-неспецифичный ответ, который способствует выведению вируса и препятствует устойчивому адаптивному иммунному ответу. Однако конкретный патологический процесс до сих пор неясен, и дальнейшие исследования, оценивающие этиопатогенез мультисистемного воспалительного синдрома, необходимы для разработки стратегии лечения.

Факторами риска тяжелого течения заболевания у детей вне зависимости от варианта коронавируса являются: неблагоприятный преморбидный фон (заболевания легких, пороки развития, онкологические заболевания); иммунодефицитные состояния разного генеза; коинфекция респираторно-синцитиальным вирусом, вирусом гриппа и др.

В некоторых исследованиях были проанализированы эпидемиологические особенности поражения детей COVID-19. Авторы отметили, что дети всех возрастов восприимчивы к COVID-19 [10].

Несмотря на более высокую заболеваемость COVID-19 среди детей старшего возраста, младенцы (<1 года), по-видимому, наиболее уязвимы вследствие высокого уровня госпитализации. Средний инкубационный период COVID-19 у детей составляет около 6,5 дней, что больше, чем 5,4 дня, зарегистрированные у взрослых [11].

В исследовании Dong Y. et al. при анализе заболеваемости педиатрических пациентов существенных гендерных различий выявлено не было [10, 12, 13, 14].

Некоторыми исследователями была отмечена корреляция между клинической картиной COVID-19 у детей и возрастной группой.

Так, у детей в возрасте до 9 лет чаще всего наблюдались лихорадка (46 %), кашель (37 %), головная боль (15 %), диарея (14 %) и боль в горле (13 %). В то время как у детей старшего возраста (10–19 лет) чаще встречались симптомы, похожие на течение COVID-19 у взрослых: головная боль (42 %), кашель (41 %), лихорадка (35 %), миалгия (30 %), боль в горле (29 %) и одышка (16 %) [15]. Следует отметить, что частота ринореи у детей с COVID-19 обычно низкая (от 10 до 22 %). Аносмия является редкой находкой у детей, но считается самым сильным предиктором положительного теста на COVID-19 [16].

Интересные данные были получены в отношении лабораторных показателей у детей с COVID-19. Количество лейкоцитов обычно нормальное или снижено при снижении количества лимфоцитов и/или нейтрофилов. Уровни С-реактивного белка и прокальцитонина могут быть нормальными или повышенными. У детей распространенность повышенного уровня С-реактивного белка гораздо ниже, чем у взрослых, что предполагает гораздо более мягкий иммунологический ответ и меньшее иммунное повреждение. Лучшими маркерами для диагностики тяжести заболевания у детей являются уровни билирубина и печеночных ферментов.

Хотя четких рекомендаций по лечению детей с COVID-19 не существует, наше исследование показывает, что меры лечения педиатрических пациентов с COVID-19 были не такими сложными, как у взрослых пациентов с COVID-19, но даже относительно простыми. Методы лечения детей с COVID-19 в основном состояли из противовирусной терапии, традиционной китайской медицины, эмпирического лечения антибиотиками, поддерживающей терапии и облегчения симптомов.

Важный вопрос, на который в настоящее время нет однозначного ответа, это все ли дети, инфицированные SARS-CoV-2, нуждаются в противовирусной и иммуномодулирующей терапии, особенно с учетом высокой доли бессимптомных форм и большого количества побочных эффектов противовирусных препаратов лопинавир/ритонавир и рибавирин.

Вывод

Течение заболевания у детей имеет свои особенности: протекает более легко и бессимптомно в большинстве клинических случаев. Однако могут регистрироваться и тяжелые формы, представленные мультисистемным воспалительным синдромом, приводящим к ряду тяжелых осложнений и летальному исходу.

Анализ литературных данных, результатов проводимых исследований необходим для детализации алгоритма ведения детей с целью оптимизации лечения.

ЛИТЕРАТУРА

- Zhu N, Zhang D, Wang W, Li X, Yang B, Song J, et al. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *N Engl J Med.* (2020) 382:727–33. 10.1056/NEJMoa2001017
- Zhou P, Yang XL, Wang XG, Hu B, Zhang L, Zhang W, et al.. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature.* (2020) 579:270–3. 10.1038/s41586-020-2012-7
- Lu R, Zhao X, Li J, Niu P, Yang B, Wu H, et al.. Genomic characterisation and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding. *Lancet.* (2020) 395:565–74. 10.1016/S0140-6736(20)30251-8
- Chan JF, Yuan S, Kok KH, To KK, Chu H, Yang J, et al.. A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: a study of a family cluster. *Lancet.* (2020) 395:514–23. 10.1016/S0140-6736(20)30154-9
- Hoffmann M, Kleine-Weber H, Schroeder S, Krüger N, Herrler T, Erichsen S, et al. SARS-CoV-2 cell entry depends on ACE2 and TMPRSS2 and is blocked by a clinically proven protease inhibitor. *Cell.* (2020) 181:271–80.e278. 10.1016/j.cell.2020.02.052
- Tian Y, Rong L. Review article: gastrointestinal features in COVID-19 and the possibility of faecal transmission. *Aliment Pharmacol Ther.* (2020) 51:843–51. 10.1111/apt.15731
- Kim JS, Lee JY, Yang JW, Lee KH, Effenberger M, Szpirt W, et al. Immunopathogenesis and treatment of cytokine storm in COVID-19. *Theranostics.* (2021) 11:316–329. 10.7150/thno.49713
- Nakra NA, Blumberg DA, Herrera-Guerra A, Lakshminrusimha S. Multi-System Inflammatory Syndrome in Children (MIS-C) following SARS-CoV-2 infection: review of clinical presentation, hypothetical pathogenesis, and proposed management. *Children.* (2020) 7:69. 10.3390/children7070069
- Carter MJ, Fish M. Peripheral immunophenotypes in children with multisystem inflammatory syndrome associated with SARS-CoV-2 infection. *Nat Med.* (2020) 26:1701–7. 10.1038/s41591-020-1054-6
- Dong Y, Mo X, Hu Y, Qi X, Jiang F, Jiang Z, et al. Epidemiology of COVID-19 among children in China. *Pediatrics.* (2020) 145:e20200702. 10.1542/peds.2020-0702
- Li Q, Guan X, Wu P, Wang X, Zhou L, Tong Y, et al. Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus-infected pneumonia. *N Engl J Med.* (2020) 382:1199–207. 10.1056/NEJMoa2001316

12. Chen J, Qi T, Liu L, Ling Y, Qian Z, Li T, et al.. Clinical progression of patients with COVID-19 in Shanghai, China. *J Infect.* (2020) 80:e1–6. 10.1016/j.jinf.2020.03.004
13. Han X, Li X, Xiao Y, Yang R, Wang Y, Wei X. Distinct Characteristics of COVID-19 Infection in Children. *Front Pediatr.* 2021 Mar 4;9:619738. doi: 10.3389/fped.2021.619738. PMID: 33748041; PMCID: PMC7969512.
14. Li Q, Guan X, Wu P, Wang X, Zhou L, Tong Y, et al.. Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus-infected pneumonia. *N Engl J Med.* (2020) 382:1199–207. 10.1056/NEJMoa2001316
15. Alshime F, et al. COVID-19 infection prevalence in pediatric population: etiology, clinical presentation, and outcome. *J Infect Public Health.* 2020;13(12):1791–1796. doi: 10.1016/j.jiph.2020.10.008.
16. King JA, et al. Symptoms associated with a positive result for a swab for SARS-CoV-2 infection among children in Alberta. *CMAJ.* 2021;193(1):E1–E9. doi: 10.1503/cmaj.202065.
17. Tan YP, Tan BY, Pan J, Wu J, Zeng SZ, Wei HY. Epidemiologic and clinical characteristics of 10 children with coronavirus disease 2019 in Changsha, China. *J Clin Virol.* (2020) 127:104353. 10.1016/j.jcv.2020.104353

© Жетишев Рашид Абдулович (rashid.zhetishev@yandex.ru); Жетишева Ирина Салиховна (rashid.zhetishev@yandex.ru);
Камышова Елена Алексеевна (ekamuchova@mail.ru); Энеева Аминат Шарапиевна (aeneeva@inbox.ru);
Шабатукова Марина Якубовна (m.shabatukova@bk.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СПОСОБ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РИСКА РАЗВИТИЯ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ ЛЕГКИХ

METHOD FOR PREDICTING THE RISK OF DEVELOPMENT OF MALIGNANT NEW TUMORS OF THE LUNG

**V. Malashenko
T. Vorobiev
N. Goncharova**

Summary. The work was carried out on the basis of statistical data processing by creating a multifactor model. In the process of developing the method, a survey was conducted on 559 people (304 people (54.38 %) — positive group: 1 — there are malignant tumors of the lungs; 255 people (45.62 %) — negative group: 0 — no malignant tumors of the lungs), on the basis of which a questionnaire of 75 questions was formed. These questions are compiled on the basis of genetic and modifying — exogenous and endogenous risk factors for the development of tumor and pre-tumor lung diseases, early clinical signs and general questions.

In addition, the work used materials from the medical histories of the patients surveyed and data from histological studies.

The data were processed using a statistical software package: STATISTICAStatSoft, Inc. (2014) (dataanalysissoftwaresystem), version 12.5, and MedCalcStatisticalSoftwareversion 15.8 (MedCalcSoftwarebvba, Ostend, Belgium; 2015) in the Windows environment, and multivariate statistical analysis was also applied.

Keywords: lung cancer; questionnaire screening; risk factors; at-risk groups; multivariate statistical ROC analysis.

Малашенко Виктор Николаевич

докт. мед. наук, проф., ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России
malashenko_1957@mail.ru

Воробьев Тихон Юрьевич

врач-ординатор, ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России,
tihonvorobiev@yandex.ru

Гончарова Наталья Владиславовна

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России,
Nata0719@yandex.ru

Аннотация. Работа выполнена на основе статистической обработки данных с помощью создания многофакторной модели. В процессе разработки способа было проведено анкетирование 559 человек (304 человека (54,38 %) — положительная группа: 1 — есть злокачественные образования легких; 255 человек (45,62 %) — отрицательная группа: 0 — нет злокачественных образований легких), на основе которого была сформирована анкета из 75 вопросов. Данные вопросы составлены на основе генетических и модифицирующих — экзогенных и эндогенных факторов риска развития опухолевых и предопухолевых заболеваний легких, ранних клинических признаков и вопросов общего характера.

Помимо этого, в работе были использованы материалы из историй болезни анкетированных пациентов и данные гистологических исследований.

Данные были обработаны при помощи пакета статистических программ: программы STATISTICAStatSoft, Inc. (2014) (dataanalysissoftwaresystem), version 12.5, и MedCalcStatisticalSoftwareversion 15.8 (MedCalcSoftwarebvba, Ostend, Belgium; 2015) в среде Windows, также применен многофакторный статистический анализ.

Ключевые слова: рак легких; анкетный скрининг; факторы риска; группы риска; многофакторный статистический ROC анализ.

Введение

Рак легкого (РЛ.) — группа злокачественных заболеваний, происходящих из эпителиальной ткани бронхов различного калибра. По данным статистики является одним из наиболее частых злокачественных новообразований в мире.

Основной причиной развития рака являются канцерогенное воздействие химических веществ табачного дыма, различных химических производств, загрязненного атмосферного воздуха, ионизирующее излучение, вирусная инфекция. Риск развития онкопатологии легкого повышается при наличии 3-х и более эпизодов онколо-

гических заболеваний у близких родственников, злокачественной патологии иной локализации, в зависимости от возраста пациента и наличия других хронических заболеваний легких. Развитие рака легкого может иметь длительный скрытый период, не позволяющий локализовать злокачественный процесс. Исследования показали, что развитие онкологического процесса может протекать порядка 5–10 лет.

На ранних стадиях заболевания чаще всего пациента обычно ничего не беспокоит, и единственной возможностью выявления заболевания является регулярная диспансеризация с выполнением рентгенографии органов грудной клетки или, что предпочтительнее, низкодозо-

вой спиральной компьютерной томографии органов грудной клетки, а также выполнение в группах риска бронхоскопического исследования, цитологического исследования мокроты.

В России рак лёгкого занимает 1 место среди онкологических заболеваний — его доля в данной патологии составляет 12 %: у мужчин — 19,5 % и 3,8 % у женского населения. В структуре смертности населения Российской Федерации от злокачественных новообразований наибольший удельный вес составляют опухоли трахеи, бронхов, лёгкого — 17,7 %. Соотношение ежегодно умерших и заболевших пациентов составляет 87 % [8, с. 1].

Среди больных, наблюдавшихся 5 лет и более, удельный вес пациентов с опухолями трахеи, бронхов, лёгкого составляет 3,1 % [5, с. 5].

На фоне роста общего показателя морфологической верификации, удельный вес морфологически верифицированного диагноза рака трахеи, бронхов, лёгкого составляет — 82,7 %. Наиболее низкие показатели морфологической верификации злокачественных новообразований трахеи, бронхов и лёгкого отмечаются в Воронежской области (57,7 %), Ненецком автономном округе (59,3 %), Приморском крае (61,4 %), Ростовской области (62,2 %) [5, с. 8].

Показатели диагностики в IV стадии максимальны при злокачественных новообразованиях: трахеи, бронхов, лёгкого (среднероссийский показатель — 42,0 %) в Тульской области (61,9 %), Астраханской области (60,4 %), Республике Адыгея (56,1 %), Магаданской (55,1 %), Смоленской (55,0 %), Орловской (54,8 %) областях, Краснодарском крае (54,8 %) [5, с. 9].

По данным Международного агентства исследований рака (МАИР), количество первичных случаев рака в 184 странах мира возросло до 14,1 млн, количество смертей увеличилось до 8,2 млн. Первое место среди всех злокачественных новообразований принадлежит РЛ (13 % всех случаев). Наибольшее число умерших приходится на РЛ (1,6 млн, или 19,4 % от общего количества смертей от рака) [2, с. 15, 16], [4], [7].

В Ярославской области удельный вес пациентов с IV клинической стадией в 2022 году уменьшился по сравнению с 2020 годом (25,8 %) и 2021 годом (24,1 %) и составил 23,3 %. При этом доля запущенных случаев, наблюдавшаяся при злокачественных новообразованиях трахеи, бронхов и лёгкого в 2020 году, составила 46,1 %, в 2021 году — 49,9 %, в 2022 году — 51,3 %, соответственно [6, с. 1].

Среди причин смерти от онкологической патологии чаще других встречались новообразования органов

дыхания (17 %). Среди мужчин, умерших: в период 2020 года — 26,0 %, в период 2021 года — 26,7 %, в период 2022 года — 26,4 % страдали раковыми опухолями органов дыхания. В 2020 году и 2022 году женщины Ярославской области умирали от злокачественных новообразований органов дыхания в 6 раз реже, чем мужчины (11 и 69 умерших на 100 тысяч человек населения в 2020 году и 12 и 68 умерших на 100 тысяч человек населения в 2022 году, соответственно). В 2021 году женщины Ярославской области умирали от злокачественных новообразований органов дыхания в 5 раз реже, чем мужчины (13 и 67 умерших на 100 тысяч человек населения соответственно) [6, с. 2].

Доля морфологической верификации диагноза в Ярославской области составляет — 98,2 % [5, с. 9].

Высокий уровень смертности является следствием выявления заболевания лишь на поздних стадиях. Один из основных путей снижения смертности от рака легких — это ранняя его диагностика. Внедрение флюорографического скрининга позволяет снизить смертность от РЛ, в среднем на 30 %, за счет выявления заболевания на ранних стадиях. В тоже время его эффективность зависит от количества обследованных мужчин и женщин. Скрининг считается эффективным, если им охвачено 70 % мужского и женского населения. В идеале, осуществить такое количество флюорографических исследований в течение года, даже в крупных городах, при наличии ограниченного количества флюорографов и специалистов, мало реально. Поэтому, оптимальной системой скрининга является работа с группами повышенного риска на постоянной основе.

Массовые профилактические осмотры (диспансеризация), способствуя ранней и своевременной диагностике наиболее распространенных хронических заболеваний, а также рака, приводящих к инвалидизации и преждевременной смерти, являются наиболее конкретным методом внедрения профилактического направления в здравоохранении РФ [3].

Однако до последнего времени эффективность профилактических осмотров остается недостаточно высокой, что можно объяснить небольшим охватом трудоспособного населения и тем, что на прием пациента врачу отводится всего лишь 15 минут. В следствие этого не удается подробно собрать онкологический анамнез. Профилактические осмотры носят поверхностный характер. Они позволяют обнаружить только опухоли наружной и запущенные случаи опухолей внутренней локализации. На наш взгляд, главной задачей профосмотров должно стать формирование групп повышенного риска для их последующего ежегодного диспансерного наблюдения и лечения. Однако при массовых профилактических обследованиях, мало используются Скрининг

говые тесты. Высокая заболеваемость, низкий уровень ранней диагностики, недостаток времени для формирования групп риска и на приеме у врачей первичного звена диктуют необходимость совершенствовать систему профилактических осмотров населения. Анкетный популяционный скрининг активно использовался, начиная с 60 годов прошлого столетия. Для удобства проведения и увеличения его эффективности в 80 годы, отдельные авторы, с появлением компьютеров, пытались автоматизировать процесс заполнения анкет людьми и их обработку [1].

Результаты опроса, анкетирования или компьютерного тестирования, призваны выявить «сигналы тревоги», однако, автоматизированный анкетный скрининг по формированию групп риска, у нас в стране, из-за отсутствия организации его использования на больших популяциях мужского и женского населения и научного обоснования его эффективности, широкого применения до сих пор не нашел.

Во многом это связано с отсутствием компьютерных программ для анализа проведенного анкетирования. Для программного обеспечения и оптимизации анкетирования, медицинский, субъективный язык оценки значимости ответов на вопросы в анкетах, необходимо перевести в объективный язык цифр, понятный для программистов и из множества факторов риска выявить наиболее значимые. Наступившая эпоха интернета должна позволить увеличить количество анкетированных мужчин и женщин. Создание таких программ на базе личного кабинета сайта «Госуслуг», или через интернет сайты поликлиник поможет оптимизировать процесс заполнения анкет и формировать группы для диспансерного наблюдения и обследования без непосредственного участия врачей.

Оценка эффективности скрининга методологически сложна и при этом оцениваются два очень важных фактора:

1. эффективность по отношению к стоимости предлагаемого метода. Известно, что скрининг экономически эффективен, если, обследовав 20 % населения, удастся выявить до 80 % всех случаев рака;
2. его приемлемость, как для обследуемого населения, так и для занятого с ним медицинского персонала (трудоемкость, простота, воспроизводимость и др.).

На взгляд многих исследователей, учет этих факторов позволил выделить многоэтапный селективный скрининг, как наиболее рациональный, когда на первом этапе для всех обследуемых используется простой, не травматичный тест, позволяющий выделить «группу риска», а на втором — чувствительные и специфичные диагностические методы применительно только к выделенной

ограниченной группе. Преимущества такого скрининга очевидны: снижается стоимость обследования одного пациента, уменьшается потребность в техническом и лабораторном обеспечении. Его использование позволит повысить эффективность флюорографического скрининга, за счет статистически обоснованного уменьшения количества обследуемых мужчин и женщин. Концентрация усилий, на ограниченном контингенте обследуемых позволит лучше распределять силы и средства профилактической медицины. Учитывая необходимость разработки системы использования автоматизированного анкетного скрининга и повышения его эффективности, на первом этапе своей научной работы мы поставили перед собой цель.

Цель исследования — упрощение и повышение точности анкетного метода прогнозирования риска развития злокачественных новообразований легких путем определения значимых факторов риска, включающих персональные критерии пациентов и критерии состояния их здоровья, с последующей компьютерной обработкой данных, расчетом прогностического коэффициента как классификационного значения уравнения регрессии и автоматизированным формированием диспансерных групп риска, без участия врача.

Материалы и методы

Работа выполнена на основе статистической обработки данных с помощью создания многофакторной модели. В процессе разработки способа было проведено анкетирование 559 человек (304 человека (54,38 %) — положительная группа: 1 — есть злокачественные образования легких; 255 человек (45,62 %) — отрицательная группа: 0 — нет злокачественных образований легких), на основе которого была сформирована анкета из 75 вопросов. Данные вопросы составлены на основе генетических и модифицирующих — экзогенных и эндогенных факторов риска развития опухолевых и предопухолевых заболеваний легких, ранних клинических признаков и вопросов общего характера.

Помимо этого, в работе были использованы материалы из историй болезни анкетированных пациентов и данные гистологических исследований.

Данные были обработаны при помощи пакета статистических программ: программы STATISTICAStatSoft, Inc. (2014) (dataanalysissoftwaresystem), version 12.5, и MedCalcStatisticalSoftwareversion 15.8 (MedCalcSoftwarebvba, Ostend, Belgium; 2015) в среде Windows, также применен многофакторный статистический анализ. В отличие от одномерного (однофакторного) дисперсионного анализа, многомерный (многофакторный) рассматривает зависимость исследуемой величины сразу от многих признаков, а также позволяет выявить связь между ними.

Методикой элементарного статистического анализа проводилась проверка достоверности различий в приведенных группах мужчин и женщин. В дальнейшем использовался ROC-анализ, для определения качества прогноза исследуемого явления по предикторам Р.Л. Возможность развития Р.Л., по наиболее значимым предикторам, проверялась при помощи статистического моделирования.

В ходе статистического анализа были отобраны независимые признаки, имеющие значимую корреляционную связь с развитием злокачественных новообразований легких.

Нами была создана база данных пациентов с диагнозом рака легких, предраковыми заболеваниями и условно здоровых, отражающая статистику больных с определенными факторами риска по развитию злокачественного новообразования, проходивших лечение и профилактические осмотры в Государственном бюджетном учреждении здравоохранения Ярославской области «Областная клиническая онкологическая больница» на которую получено авторское свидетельство № 2022621322 (заявка № 2022621241 от 06.06 2022 года).

Из 559 обследованных мужчин и женщин в группу больных раком легких вошло 304 человека (54,38 %), в группу предрака и условно здоровых пациентов вошло 255 человек (45,62 %). На этапе корреляции из 75 предикторов выявлены 7 наиболее прогностически значимых факторов риска развития злокачественных новообразований легких: возраст старше 50 лет (ВСПЛ); наличие в анамнезе хронических заболеваний легких (ХЗЛ); наличие в анамнезе травмы и/или операции на грудной клетке (ТиОГК); кашель более 1 месяца (КБОМ); беспричинное повышение температуры тела (БПТТ); кровохарканье (КХ); выкуривание одной или больше пачки сигарет в сутки (ПСвС). Уровень значимости составил $P < 0,0001$, это говорит о высоком уровне статистической значимости, т.к. $P \leq 0,001$. Площадь под ROC-кривой составила 0,872, что говорит об очень хорошем качестве модели, т.к. данная площадь располагается в пределах от 0,8 до 0,9; среднеквадратическая (стандартная) ошибка — 0,0149, которая дает нам представления о приближительной величине ошибки прогнозирования; доверительный интервал 95 % — от 0,841 до 0,899 (диапазон значений, область, в которой с определенным уровнем надежности (или доверия) содержится истинное значение параметра (например, среднего)), z-статистика составила — 24,994. Связанным критерием ценности и координаты ROC-кривой являются все значения, выше $> 0,423$, с чувствительностью — 79,61 и специфичностью — 80,00. Эти показатели отражают шансы поставить правильный диагноз заболевания у больных и здоровых людей. Чувствительность определяется, как доля пациентов, действительно имеющих заболевание среди

тех, у кого тест был положительным. Специфичность — доля людей, не имеющих заболевания среди всех, у кого тест оказался отрицательным. Индекс Юдена составил 0,5961.

Логистическая регрессия и статистическая значимость указанных признаков с динамикой развития злокачественных новообразований легких представлены в таблице 1 «Результаты логистической регрессии» и рисунках «Способ прогнозирования риска развития злокачественных новообразований легких» 1 (Фигура 1: Площадь под ROC-кривой составила 0,872) и 2 (Фигура 2: Связанным критерием ценности и координаты ROC-кривой являются все значения, выше $> 0,423$, с чувствительностью — 79,61 и специфичностью — 80,00).

Таблица 1.

Результаты логистической регрессии

Переменная	Бета-коэффициент (β)	Стандартная ошибка бета-коэффициента	Уровень значимости P
Возраст старше 50 лет	0,144655	0,056658	0,010946
Наличие в анамнезе хронических заболеваний легких	0,018706	0,037915	0,621945
Наличие в анамнезе травмы и операции на грудной клетке	0,387527	0,036743	0,000000
Кашель более 1 месяца	0,003327	0,039827	0,933460
Беспричинное повышение температуры тела	0,219310	0,043757	0,000001
Кровохарканье	0,261440	0,038845	0,000000
Выкуривание одной или более пачки сигарет в сутки	0,213866	0,038341	0,000000
Константа	0,039463	0,053094	0,457633

Результаты и обсуждение

Уровень значимости составил: $P < 0,0001$. Прогностическая мощность, выраженная коэффициентом конкордации, составила 95 %.

Наличие каждого из признаков оценивается как 1 балл, а отсутствие — 0 баллов.

На основании математической обработки результатов исследования по методике Р. Фишера и определения факторов риска, включающих персональные критерии пациентов и критерии состояния здоровья их родственников, получены информативные признаки, создано и решено уравнение логистической регрессии и сформирован способ прогнозирования риска развития злокачественных новообразований легких, который заключается в определении прогностического коэффициента ПК по формуле:

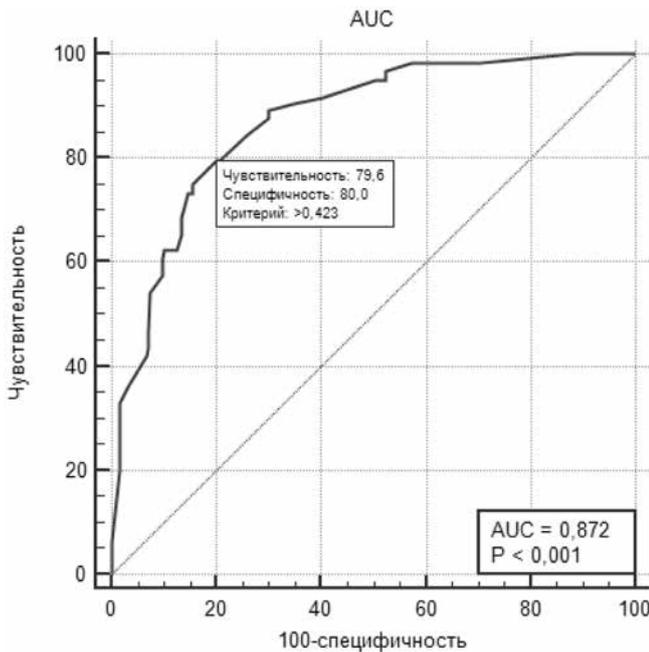


Рис. 1. Способ прогнозирования риска развития злокачественных новообразований легких (Фигура 1: Площадь под ROC-кривой составила 0,872)

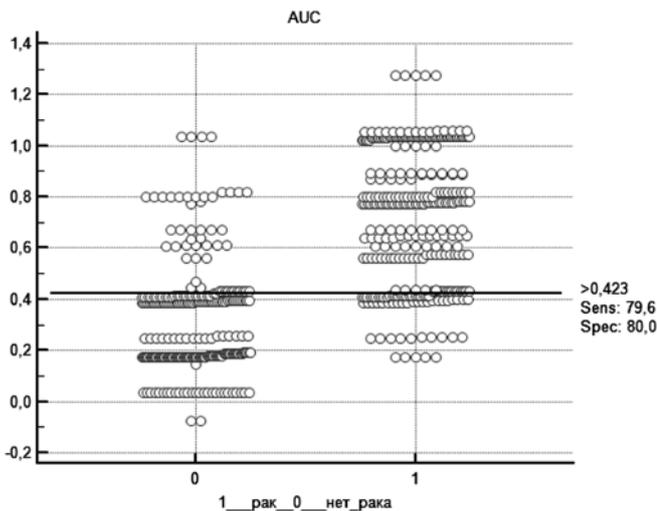


Рис. 2. Способ прогнозирования риска развития злокачественных новообразований легких (Фигура 2: Связанным критерием ценности и координаты ROC-кривой являются все значения, выше > 0,423, с чувствительностью — 79,61 и специфичностью — 80,00)

$$РЗНЛ = \text{Конст} + (ЗнП_1 \times \text{ВСПЛ}) + (ЗнП_2 \times \text{ХЗЛ}) + (ЗнП_3 \times \text{ТиОГК}) + (ЗнП_4 \times \text{КБОМ}) + (ЗнП_5 \times \text{БПТТ}) + (ЗнП_6 \times \text{КХ}) + (ЗнП_7 \times \text{ПСвС}),$$

где Конст — константа для данной совокупности = 0,039463;

ВСПЛ — возраст старше 50 лет: 0 — нет, 1 — да;

ХЗЛ — наличие в анамнезе хронических заболеваний легких: 0 — нет, 1 — да;

ТиОГК — наличие в анамнезе травмы и/или операции на грудной клетке: 0 — нет, 1 — да.

КБОМ — кашель более 1 месяца: 0 — нет; 1 — да;

БПТТ — беспричинное повышение температуры тела: 0 — нет; 1 — да;

КХ — кровохарканье: 0 — нет; 1 — да;

ПСвС — выкуривание одной или более пачки сигарет в сутки: 0 — нет, 1 — да;

ЗнП_{1...7} — наблюдаемое значение для соответствующей переменной:

ЗнП₁ = 0,144655; ЗнП₂ = 0,018706; ЗнП₃ = 0,387527; ЗнП₄ = 0,003327; ЗнП₅ = 0,219310; ЗнП₆ = 0,261440; ЗнП₇ = 0,21386.

И, если значение РЗНЛ меньше 0,423, то прогнозируют низкий риск, а если значение РЗНЛ больше или равно 0,423, то прогнозируют высокий риск развития злокачественных новообразований легких.

Используя полученное значение точки отсечения при решении представленного уравнения и анализируя полученный коэффициент, оценивают прогностический риск развития злокачественных новообразований легких следующим образом: если значение ПК меньше 0,423, то прогнозируют низкий риск, а при ПК от 0,423 и больше — высокий риск развития злокачественных новообразований легких.

Предлагаемый способ осуществляется следующим образом:

У каждого пациента определяют следующие показатели:

1. возраст старше 50 лет (ВСПЛ), при этом если возраст пациента меньше 50 лет присваивают значение — 0, а если больше 50 лет — 1;
2. наличие в анамнезе хронических заболеваний легких (ХЗЛ), и если в анамнезе не было хронических заболеваний легких, присваивают значение — 0, а если были — 1;
3. наличие в анамнезе травмы и/или операции на грудной клетке (ТиОГК), и если в анамнезе не было травмы и/или операции присваивают значение — 0, а если были — 1;
4. кашель более 1 месяца (КБОМ): при наличии кашля присваивают значение — 1, при отсутствии — 0;
5. беспричинное повышение температуры тела (БПТТ): при наличии данного признака присваивают значение — 1, при отсутствии — 0;
6. кровохарканье (КХ): при наличии данного признака присваивают значение — 1, при отсутствии — 0;
7. выкуривание одной или более пачки сигарет в сутки (ПСвС): при наличии данного признака присваивают значение — 1, при отсутствии — 0;

Затем рассчитывают прогностический коэффициент (РЗНЛ) как классификационное значение уравнения регрессии по формуле:

$$\text{РЗНЛ} = \text{Конст} + (\text{ЗнП}_1 \times \text{ВСПЛ}) + (\text{ЗнП}_2 \times \text{ХЗЛ}) + (\text{ЗнП}_3 \times \text{ТиОГК}) + (\text{ЗнП}_4 \times \text{КБОМ}) + (\text{ЗнП}_5 \times \text{БПТТ}) + (\text{ЗнП}_6 \times \text{КХ}) + (\text{ЗнП}_7 \times \text{ПСвС}),$$

где Конст — константа для данной совокупности = 0,039463;

ЗнП_{1..7} — наблюдаемое значение для соответствующей переменной:

ЗнП₁ = 0,144655; ЗнП₂ = 0,018706; ЗнП₃ = 0,387527; ЗнП₄ = 0,003327; ЗнП₅ = 0,219310; ЗнП₆ = 0,261440; ЗнП₇ = 0,213866.

Если значение прогностического коэффициента (РЗНЛ) меньше 0,423, то прогнозируют низкий риск, а если значение РЗНЛ больше или равно 0,423, то прогнозируют высокий риск развития злокачественных новообразований легких.

Нами оформлена заявка на патент «Способ прогнозирования риска развития злокачественных новообра-

зований легких». Она прошла формальную экспертизу в Патентном бюро и зарегистрирована 09.10.2023 года под №2023119523/14(042104).

Заключение

1. Многофакторный статистический ROC анализ позволил нам выявить на этапе корреляции из 75 вопросов и ответов анкетированных мужчин и женщин 7 наиболее прогностически значимых и статистически достоверных предикторов и факторов риска развития злокачественных новообразований легких и вывести формулу по подсчету Прогностического коэффициента с чувствительностью — 79,61 и специфичностью — 80,00.
2. Полученные результаты позволят нам создать компьютерную программу по формированию групп риска и разработать автоматизированную систему тестирования на сайтах больниц и поликлиник города Ярославля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вилянский М.П., Углев Н.Н. 1980 Скрининг в массовых профилактических осмотрах: автоматизированная система. — Москва: [б.и.], 1987. — 160 с.
2. Мерабишвили В.М., Арсеньев А.И., Тарков С.А., Барчук А.А., Щербаков А.М., Демин Е.В., Мерабишвили Э.Н. Заболеваемость и смертность населения от рака легкого, достоверность учета. Сибирский онкологический журнал. 2018; 17 (6): 15–26. — doi: 10.21294/1814-4861-2018-17-6-15-26.
3. Министерство здравоохранения российской федерации, федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научно-исследовательский центр профилактической медицины» Минздрава России «Организация проведения диспансеризации и профилактических медицинских осмотров взрослого населения» методические рекомендации. Москва 2013 3.
4. Parkin D.M., Muir C.S., Whelan S.L., Gao Y.T., Ferlay J., Powell J. Cancer incidence in five continents. Vol. VI. IARC Scientific Publication № 120. Lyon, 1992. 1340.
5. Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, А.О. Шахзадовой Состояние онкологической помощи населению России в 2019 году. — М.: МНИОИ им. П.А. Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2020. — илл. — 239 с. ISBN 978-5-85502-255-1.
6. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ярославской области (Ярославльстат) — О заболеваемости и смертности населения Ярославской области от злокачественных новообразований в 2020, 2021 и 2022 году*. — для сравнения использованы материалы трех документов за 2020, 2021 и 2022 год.
7. Forman D., Bray F., Brewster D.H., Gombemalawa C., Kohler B., Pineros M., Steliarova-Foucher E., Swaminathan R., Ferlay J. Cancer incidence in five continents. Vol. X. IARC Scientific Publication № 164. Lyon, 2014. 1365.
8. Universitetskaya_klinika/NIHirurgii_i_neotlozhnoy_medicini/Otdel_torakalnoy_khirurgii/rak_leghogo.pdf.

© Малашенко Виктор Николаевич (malashenko_1957@mail.ru); Воробьев Тихон Юрьевич (tikhonvorobyev@yandex.ru);

Гончарова Наталья Владиславовна (Nata0719@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАССМОТРЕНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ БОЛЕЗНИ ВИЛЬСОНА-КОНОВАЛОВА

CONSIDERATION OF A CLINICAL CASE OF WILSON-KONOVALOV DISEASE

**B. Pavlov
I. Voronin
I. Kuziev
D. Gubanov
K. Gubanova**

Summary. Wilson's disease (BV) (synonyms: Wilson-Konovalov disease, hepatolenticular degeneration, hepatocerebral dystrophy) is a genetically determined disease that leads to the accumulation of copper in organs and tissues, manifested by hepatic, neurological and mental disorders. This disease is one of the most difficult to diagnose due to its long-term latent course and extensive manifestations of clinical symptoms. BVK can be clinically manifested both in childhood and adolescence, and later in life. In the absence of appropriate therapy, this disease leads to a fatal outcome. The type of inheritance of hepatocerebral dystrophy is autosomal recessive.

With early diagnosis of the disease, the prognosis is quite favorable, but diagnosis is complicated by broad and nonspecific symptoms at the beginning of the disease, as well as low vigilance of doctors.

Keywords: Wilson-Konovalov disease, hepatolenticular degeneration, copper, ceruloplasmin, extrapyramidal disorders.

Павлов Богдан Владимирович

Ассистент, ФГБОУ ВО Тамбовский Государственный
Университет имени Г.Р. Державина
DewollS@yandex.ru

Воронин Игорь Михайлович

доктор медицинских наук, профессор, ФГБОУ ВО
Тамбовский Государственный
Университет имени Г.Р. Державина
voronin_tmb@mail.ru

Кузиев Иброхимджон Джахонбекович

ФГБОУ ВО Тамбовский Государственный
Университет имени Г.Р. Державина
kuzievibrohim@gmail.com

Губанов Дмитрий Сергеевич

Ассистент, ФГБОУ ВО Тамбовский Государственный
Университет имени Г.Р. Державина
dmitrij.gubanov@yandex.ru

Губанова Ксения Михайловна

Ассистент, ФГБОУ ВО Тамбовский Государственный
Университет имени Г.Р. Державина
kseniya1gubanova@gmail.com

Аннотация. Болезнь Вильсона-Коновалова (в последующем БВК) (синонимы: болезнь Вильсона, гепатолентикулярная дегенерация, гепатоцеребральная дистрофия) — генетически детерминированное заболевание, приводящее к накоплению меди в органах и тканях, проявляющееся печеночными, неврологическими и психическими расстройствами. Это заболевание является одним из наиболее трудных для диагностики из-за его длительного латентного течения и обширных проявлений клинических симптомов. Болезнь Вильсона-Коновалова может клинически проявляться как в детском и подростковом возрасте, так и в более позднем возрасте жизни. При отсутствии соответствующей терапии это заболевание приводит к летальному исходу. Тип наследования гепатоцеребральной дистрофии — аутосомно-рецессивный.

При ранней диагностике заболевания прогноз достаточно благоприятный, но диагностика осложняется широкими и неспецифическими симптомами в начале заболевания, а также низкой бдительностью врачей.

Ключевые слова: болезнь Вильсона-Коновалова, гепатолентикулярная дегенерация, медь, церулоплазмин, экстрапирамидные расстройства.

БВК является наиболее изученным наследственным заболеванием, связанным с появлением экстрапирамидных расстройств вследствие нарушения метаболизма белка церулоплазмينا, который синтезируется в печени и выводит медь. Наиболее типичными местами накопления меди являются головной мозг, печень, селезенка, радужная оболочка и хрусталик глаза [1].

Заболевание, вызвано мутацией гена АТР7В, который расположен на 13q14.3 и содержит 20 интронов и 21 эк-

зон при общей длине генома 80 т.п.н. Этот ген кодирует транспортирующий медь белок из группы АТФаз, который обеспечивает прохождение меди через мембраны органелл гепатоцитов, что способствует выведению меди с желчью [2–4]. Экспрессия генов наблюдается в печени, но также присутствует в плаценте, почках, головном мозге, молочных железах и легких. При отсутствии или дефиците белка, транспортирующего медь, она накапливается, главным образом, в печени. Когда ресурсы печени для накопления меди исчерпываются,

происходит ее дальнейшее накопление в головном мозге, радужной оболочке и других органах-мишенях.

Данная болезнь весьма актуальна, так как согласно анализу федерального регистра орфанных заболеваний, в России в 2014 и 2015 годах было зарегистрировано всего 572 и 602 пациента с диагнозом БВ, что составило 0,39 и 0,41 на 100 000 населения соответственно (из них 16,9 % — дети) [5]. Фактическая распространенность этого заболевания выше.

Различают следующие формы БВК

- Латентная форма (около 10% случаев): клинических проявлений нет, диагноз был установлен до появления симптомов.
- Брюшная или печеночная форма (около 40 % случаев): раннее начало обычно сопровождается острой печеночной недостаточностью или признаками хронической печеночной недостаточности.
- Неврологическая форма (около 40–50 % случаев): характерны экстрапирамидные расстройства — тремор конечностей и головы, дистония, мозжечковая атаксия, паркинсонизм, нарушения почерка, дизартрия, ригидность мышц, хорей, атетоз, а также психические расстройства (депрессия, раздражительность, расторможенное поведение, психотические эпизоды).
- Смешанная форма: сочетание неврологических и печеночных проявлений [6].

Медь необходима организму в качестве кофактора и/или структурного компонента для таких ферментов, как церулоплазмин, цитохром с-оксидаза, бета-гидроксилаза допамина, супероксиддисмутаза и тирозиназа, а также медь участвует в антиоксидантной защите и метаболизме железа. Суточная необходимость в меди для взрослых составляет 1,0 мг/сут, для детей, в зависимости от возрастной группы, от 0,5 до 1,0 мг/сут. [7]. Несмотря на потребность нашего организма в меди, ее переизбыток вреден для органов и систем.

Постановка диагноза основана на клинических проявлениях, лабораторных методов обследования и генетического тестирования. В настоящее время часто используется оценочная шкала, основанная на всех методах диагностики, так называемая «Лейпцигская шкала» (представлена ниже). Наиболее точным методом диагностики является биопсия печени на содержание меди в гепатоцитах. Биопсия является золотым стандартом в окончательной постановке диагноза. Накопление меди в ЦНС сопровождается симметричным размягчением ткани головного мозга в области базальных ядер (хвостатое ядро, бледный шар, скорлупа), часто с образованием кистозных полостей, иногда с поражением таламуса, мозжечка и коры головного мозга. Гистологически обнаруживаются: отложение меди в области базальных ганглиев, кистозная дегенерация головного мозга, глиоз, гибель нейронов. Исследование биохимических показате-

Таблица 1.

Клинические проявления
Болезни Вильсона-Коновалова [8]

Органы и системы	Симптомы
Нервная система	Дистония, тремор, дизартрия, дисфагия, акинетико-ригидный синдром, хорей.
Психика	Поведенческие изменения, депрессия, тревога, психоз, неуспеваемость в школе, сексуальные нарушения
Поражение печени	Гепатомегалия, желтуха, боль в правом подреберье, астения, повышение АЛТ, АСТ, признаки острой печеночной дисфункции. Цирроз печени (компенсированный и декомпенсированный), жировой гепатоз
Поражение глаз	Кольцо Кайзера-Флейшера, катаракта
Поражение системы крови	Гемолитическая анемия, коагулопатия, тромбопения
Поражение почек	Острая почечная недостаточность, мочекаменная болезнь, уремия
Поражение скелетно-мышечной системы	Заболевания суставов, мышечная слабость
Другие проявления	Заболевания со стороны сердечно-сосудистой системы, панкреатит, гипопаратиреоз

телей крови выявляют повышение уровня печеночных трансаминаз — АЛТ и АСТ. При ультразвуковом методе исследования печени ее изменения неспецифичны, поэтому данный метод исследования не информативен при постановке диагноза. Эластомерия печени или фиброэластомерия печени также могут быть использованы для оценки цирроза печени. Во время диагностики необходимо обследование у офтальмолога, чтобы оценить зрительный аппарат на предмет выявления катаракты или колец Кайзера-Флейшера. Эти кольца представлены отложением меди на внутренней поверхности роговицы [9]. Также важным диагностическим аспектом является общий анализ крови для выявления и контроля анемии. Также важно контролировать биохимические показатели крови с прогностической целью оценки печеночной недостаточности. Также необходимо контролировать параметры коагулограммы, чтобы контролировать синтетическую способность печени. При лабораторных методах исследования также оценивается уровень содержания церулоплазмينا, патогномоничный уровень составляет менее 20 мг/дл. Уровень меди в моче будет повышен более чем на 100 мкг/дл [10;11].

Суммарные баллы:

- 4 и более: диагноз установлен;
- 3: требуется дальнейшее обследование пациента для подтверждения диагноза;
- 2 и менее: диагноз сомнителен.

Таблица 2.
Диагностика — оценочная шкала Болезни Вильсона,
Лейпциг, 2001 [12]

Признак	Выраженность	Балл
Характерные клинические признаки		
Кольца Кайзера-Флейшера на роговице глаза	Есть	2
	Нет	0
Неврологические симптомы или характерные проявления при МРТ головного мозга	Тяжелые	2
	Средние	1
	Отсутствуют	0
Концентрация церулоплазмина сыворотки	Нормальная ($\geq 0,2$ г/л или ≥ 200 мг/л)	2
	0,1-0,2 г/л или 100–200 мг/л	1
	$\leq 0,1$ г/л или ≤ 100 мг/л	0
Гемолитическая анемия с отрицательной пробой Кумбса	Есть	1
	Нет	0
Другие методы исследования		
Содержание меди в печени (при отсутствии холестаза)	В 5 раз выше верхней границы нормы (≥ 4 мкмоль/г или ≥ 250 мкг/г)	2
	0,8–4 мкмоль/г или 50–250 мкг/г	1
	Нормальное ($\leq 0,8$ мкмоль/г или 50 мкг/г)	0
Экскреция меди с мочой (при отсутствии острого гепатита)	Нормальная ($\leq 0,9$ мкмоль/сут* $1,73\text{м}^2$ или ≤ 57 мкг/сут* $1,73\text{м}^2$)	0
	Выше верхней границы нормы в 2 раза и меньше	1
	Более чем в 2 раза выше верхней границы нормы	2
	Нормальная, но повышается более чем в 5 раз выше верхней границы нормы при приеме d-пенициллина	2
Молекулярно-генетическая диагностика	Мутация в 2 хромосомах	4
	Мутация в 1 хромосоме	1
	Дефектов или мутаций не выявлено	0

Родственники по прямой линии вновь выявленного больного с болезнью Вильсона должны проходить скрининг на наличие у них болезни Вильсона-Коновалова.

Лечение болезни Вильсона-Коновалова представлено немедикаментозными и лекарственными методами. Немедикаментозное представлено диетотерапией, суть которой заключается в ограничении употребления продуктов, содержащих медь. Диета также необходима при специфической терапии, устраняющей медь из организма.

Медикаментозная терапия представлена хелатной терапией медью с пенициламином и триентином [13]. Триентин наиболее предпочтителен из-за меньших побочных эффектов. Также можно использовать цинк, поскольку он конкурирует с медью в транспортировке ионов металлов. Пенициламин чаще всего дает осложнения примерно в 30 % случаев лечения. Может развиться аллергическая реакция по типу крапивницы и лихорадки. Также может произойти подострая токсическая реакция, проявляющаяся угнетением функций костного мозга, протеинурией и также вызывать преждевременное старение кожи. При использовании пенициламина также следует одновременно назначать пиридоксин в дозе 20–50 мг\сутки во избежание его дефицита.

Но, к сожалению, хроническая хелатотерапия может ухудшить симптомы заболевания, привести к циррозу печени и тогда лечение сводится к трансплантации печени. Поэтому при такой терапии все равно необходим контроль за состоянием пациента для своевременной коррекции терапии. Симптоматическая терапия также применяется при проявлении неврологических и других проявлений заболевания.

Недавнее исследование с использованием модели крысы LEC BVK предоставило пользователям дополнительные инструменты, такие как метанобактином, пептид, продуцируемый *Methylosinustrichosporium*, с редким повышенным содержанием в пище [14; 15]. Лечение этим пептидом показало высокую эффективность при внутриклеточном удалении меди. Следовательно, этот препарат может быть эффективен при острой форме заболевания.

Также можно рассмотреть медицинскую реабилитацию при признаках поражения нервной системы. Она включает в себя лечебную физкультуру с целью восстановления поза-статических функций, восстановление при дизартрии — проведение логопедических процедур. К сожалению, проведено мало исследований для оценки эффективности данного вида лечения, но такой метод поддержки не стоит исключать при наличии у пациента неврологических осложнений.

При своевременно начатом лечении пациент может прожить достаточно долго, но все равно необходимо контролировать уровень содержания меди и церулоплазмина, а также наблюдение у терапевта и невролога для своевременного выявления прогрессирования заболевания и коррекции терапии.

Цель данного исследования состоит в анализе доступных источников литературы по болезни Вильсона-Коновалова и изучении клинического случая пациентки с этим заболеванием. Основной целью является повышение осведомленности врачей о данном заболевании для ранней диагностики и терапии.

Материал и методы: в рамках исследования был проведен анализ амбулаторных карт, результатов опроса и физикального осмотра пациентки 17 лет. Данные были подвергнуты детальному анализу и использованы для подтверждения диагноза и изучения клинического случая болезни Вильсона-Коновалова.

Результаты: Пациентка возраста 17 лет, родилась 24 марта 2002 г. Госпитализирована 16.08.2019 в гастроэнтерологическое отделение в экстренном, порядке в связи с ухудшением состояния с подозрением на цирроз печени.

Жалобы пациентки. Резкие боли в правом подреберье. Желтушность, тошнота, рвота, снижение аппетита тремор в руках, ухудшение памяти, головные боли, раздражительность, неустойчивость в ходьбе, тремор головы, предплечья и конечностей, боязнь света, смены строения.

Анамнез жизни: Место рождения — Донецкая область. г. Донецк. Образование: среднее. Бытовые условия: Нормальные. Наследственный анамнез: родители пациента являются двоюродными братом и сестрой. У младшего брата и матери — рассеянный склероз. Вредные привычки: Отрицает. Сопутствующие заболевания: Сахарный диабет 1 типа, гипертоническая болезнь П ст., риск ССО 3. Эпидемиологический анамнез: Туберкулез, венерические заболевания, ВИЧ, сифилис, вирусные гепатиты, тиф — отрицает.

По результатам проведенной работы — опроса, анализа амбулаторных карт и физикального осмотра — удалось оценить динамическую картину заболевания. В ходе сбора анамнеза пациентки стало известно, что ее мать вступила в сексуальную связь с двоюродным братом, после которой родился ребенок. До 3 месяцев ребенок был здоров. На 3 месяце мать отметила чрезмерную плаксивость ребенка. При осмотре педиатр, опираясь на физикальное обследование, предположил проблемы с пищеварительной системой ребёнка, именно вздутие живота. Проведенное лечение улучшило состояние ребенка. До 5 месяцев развитие младенца соответствовало норме, никаких жалоб зафиксировано не было. На 5 месяце жизни ребенок вновь стал плаксивым, у него открылась рвота. Мать также обратила внимание на изменившийся взгляд ребенка. После тщательного осмотра, было установлено косоглазие. Характерных проявлений болезни Вильсона-Коновалова на данном этапе жизни пациента выявлено не было. Специфические изменения, характерные для болезни были выявлены на 6 году, когда у ребенка при осмотре офтальмологом были обнаружены кольца Кайзера-Флейшера. Осмотр других специалистов выявил характерную для болезни Вильсона-Коновалова симптоматику, такие как — тяжёлое поражение печени, проявляющееся гепатопатией; дистонические

атаки (внезапное приступообразное повышение мышечного тонуса на фоне общей мышечной слабости, провоцируемое звуком, ярким светом, попыткой активно выполнить какое-либо движение), двигательные нарушения (тремор, произвольные движения); псевдобульбарный синдром (произвольный смех). Дальнейшее лечение осуществлялось в стационаре. Далее в возрасте 13 лет под влиянием гормональной перестройки состояние девочки ухудшилось: выявлен ряд симптомов, которые указывали на прогрессирование заболевания: острый (фульминантный) гепатит; невротическое поведение характеризующиеся неадекватной, болезненной манерой действий с сохранной критикой к происходящему (в отличии от психоза), также характеризующаяся навязчивыми, повторяющимися поступками, возникающими для достижения неудовлетворенных потребностей; гемолитическая анемия, дерматологические проявления «голубые ногтевые лунки», патология скелета: ранний остеопороз, артрит (воспаление суставов). Наиболее значительные отклонения были выявлены в возрасте 16 лет. Патология со стороны почек: аминокацидурия (выделение аминокислот с мочой), мочекаменная болезнь с болевым синдромом; со стороны желудочно-кишечного тракта: панкреатит с присоединением сахарного диабета 1 типа, цирроз печени характерный с отложением меди в гепатоцитах; поражение глаз: появление колец Кайзера-Флейшера с характерным изменением цвета периферии роговицы на оттенки зелёного цвета; со стороны нервной системы и психики: изменения личности (перепады настроения с последующим обеднением эмоций, остановка в обучении и утрата имеющихся навыков и способностей, целей, интересов и мотивации, несостоятельность в удовлетворении своих потребностей с последующей утратой интереса к ним), мигреноподобные головные боли, была нарушена речь, замедленная реакция, заторможенная реакция на вопросы.

Анамнез заболевания: считает себя больной официально с 6-ти лет. Находилась под наблюдением участкового невролога, эндокринолога, гастроэнтеролога и окулиста. После осмотра окулиста, было выявлено кольца Кайзера-Флейшера, в возрасте 6 лет, после чего диагноз был подтвержден в течение недели. Ухудшение началось с 13 лет с октября 2015 года в период пубертатного созревания: усилился тремор рук, появился тремор в ногах и голове, нестабильность АД, ухудшение памяти.

Постоянная терапия: Проноран 100 мг в качестве терапии болезни Паркинсона (без эффекта), леркамен 10 мг, бисопролол 5 мг, сермион 5 мг.

Результаты гистологического исследования пациентки, проведённые посмертно, представили собой картину острой печеночной недостаточности. Визуализируются: некроз гепатоцитов, застой желчи, признаки фиброза печени.

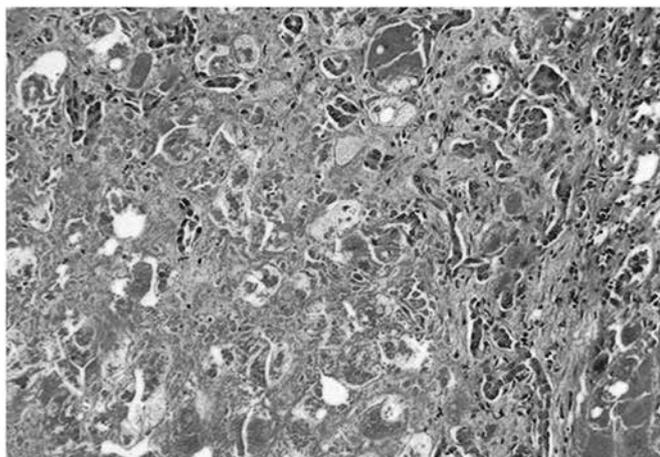


Рис. 1. Гистологическая картина печени: некроз гепатоцитов, застой желчи, признаки фиброза печени. Окраска гематоксилин-эозин, увеличение x40

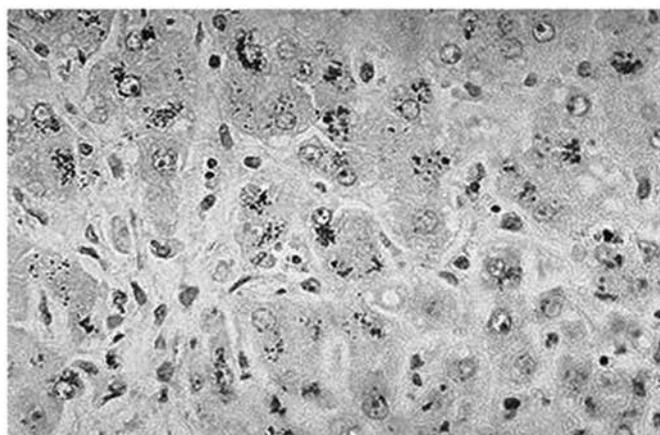


Рис. 2. Гистологическая картина спинного мозга. Окраска по методу Ниссля, увеличение x40

Обследование в стационаре: общего анализа крови: наблюдается понижение нейтрофилов (42,6 %) и повышение лимфоцитов (49,3 %). Биохимический анализ крови: наблюдается повышение общего уровня АЛТ (67,0 Ед/л), АСТ (84,0 Ед/л), общего билирубина (35,6 мкмоль/л), прямого билирубина (7,55 мкмоль/л), глюкозы (15,49 моль/л), ГГТП (99 Е/л) и меди в сыворотке (1891,0 мкг/л), а также снижение церулоплазмينا (15,42 мг/дл).

При исследовании суточной мочи наблюдается повышение меди (508 мкг/сут).

Далее рассмотрена серия исследований головного мозга пациентки. МРТ головного мозга от 5.12.2018 г. — МРТ — картина представлена симметричным повышением сигнала от задней ножки внутренней капсулы, среднего мозга, моста, от средних мозжечковых ножек и от спиноталамических трактов, наиболее вероятно, соответствует синдрому осмотической демиелинизации. МР-признаки воспалительных изменений придаточных пазух носа.

При МРТ исследовании 12.11.2019 г. сразу наблюдалось уменьшение объема головного мозга. Специфичным, но более редко встречающимся симптомом при данном заболевании на МРТ снимке является картина, напоминающая «лицо большой панды\ гигантской панды».

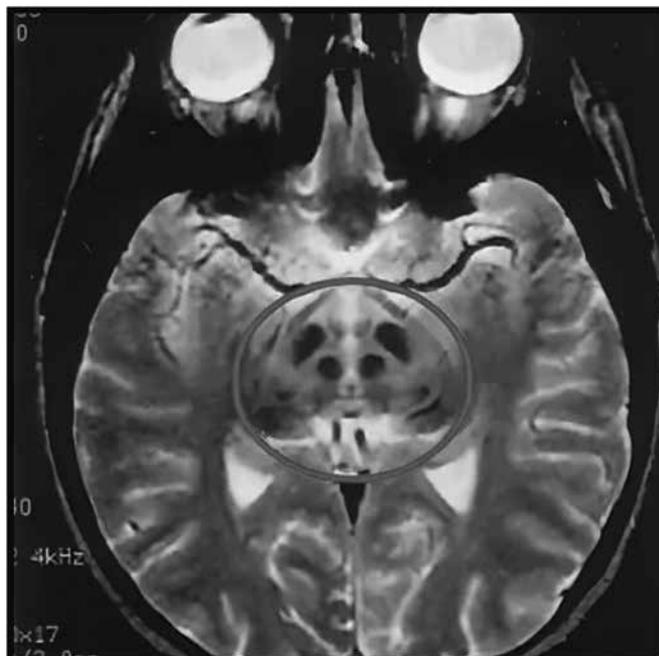


Рис. 3. При КТ от 10.02.2020 года в головном мозге наблюдалось увеличение желудочков, атрофия коры и ствола мозга

Обсуждение: В данном клиническом случае мы видим прогрессирование заболевания без этиотропной терапии. Пациентка получала лечение от экстрапирамидных нарушений, которого не давало положительного эффекта, и лечение сопутствующей патологии. Несмотря на выявление заболевания в возрасте 6 лет, в 17 лет пациентка была госпитализирована с печеночными, неврологическими и психическими нарушениями. По мимо указанных нарушений у пациентки имелась гипертоническая болезнь и сахарный диабет 1 типа. Также у пациентки имеется не благоприятный генетический фон, отец и мать пациентки, которые являются двоюродными братом и сестрой, что также увеличило вероятность наследования данной патологии. При оценке исследований головного мозга в динамике мы видим ухудшение состояния головного мозга. К сожалению, пациентка скончалась без специфического лечения.

Вывод: на данном примере мы видим, насколько важно вовремя начинать специфическую терапию. А также повышать осведомленность врачей о данном заболевании для наиболее ранней диагностики и начале своевременной терапии, так как такие больные в первую очередь попадают в поле зрения врачей терапевтов и врачей общей практики, а также врачей педиатров.

Также при выявлении заболевания в юношеском или подростковом возрасте необходимо повышать приверженность пациентов к лечению и как можно более

широкому объяснению родителям ребенка что при должном лечении и наблюдении их ребенок проживет долгую жизнь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Знания о редких заболеваниях и орфанных препаратах / [Электронный ресурс] // Orphanet website: [сайт]. — URL: https://www.orpha.net/consor/cgibin/Disease_Search.php?lng=EN&data_id=134
2. Гернер Е.А., Назаров В.Д., Федорова Т.Ф. и др. Клинико-лабораторная и молекулярно-генетическая диагностика болезни Вильсона-Коновалова. Российский неврологический журнал. 2019;24(3):10–18. doi: 10.30629/2658–7947–2019–24–3–10–18.
3. Chang I.J., Hahn S.H. The genetics of Wilson disease // *Handb. Clin. Neurol.* 2017. № 142. P. 19–34.
4. Баязутдинова Г.М., Щагина О.А., Поляков А.В. с.3207С>А Мутация гена АТР7В — наиболее частая причина гепатолентикулярной дегенерации в России: частота и причина распространения // *Мед. генетика.* 2018. № 4. С. 25–30.
5. Красильникова, Е. Ю., Соколов, А.А. Анализ ситуации в сфере оказания медицинской помощи и лекарственного обеспечения пациентов, страдающих редкими заболеваниями, в период 2013–2015 годов. [Текст] / Е.Ю. Красильникова, А.А. Соколов // *Проблемы стандартизации в здравоохранение.* — 2016. — № . — С. 3–4.
6. Ткаченко М.К., Миронова Е.В., Козлов Ю.А. и др. Клинические рекомендации по диагностике и лечению гепатоцеребральной дистрофии (болезни Вильсона). Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии и колопроктологии, 2021, т. 31, № 2, с. 77–84.
7. Баранов А.А., Самсонов М.А. Организация питания и потребности в энергии и пищевых веществах. МР 2.3.1.0253–21.: Медицина, 2012.
8. Lucena-Valera A., Perez-Palacios D., Muñoz-Hernandez R., Romero-Gómez M., Ampuero J. Wilson's disease: Revisiting an old friend // *World journal of hepatology.* 2021. V. 13. №6. P. 634
9. Багиров М.М., Чернобровкин А.Л., Сарвела Г.И. и др. Клинические рекомендации по диагностике и лечению болезни Вильсона. Клиническая медицина, 2019, № 1, с. 21–26.
10. Болезнь Вильсона у детей: диагностика, течение и прогноз: диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук: код специальности 14.01.08 — педиатрия / Четкина Татьяна Сергеевна. — 2011 г. Шифр: Д2011-1738
11. Болезнь Вильсона у детей / под ред. А.Н. Суркова [и др.]. — М.: НМИЦ Б79 здоровья детей, 2019. — 84 с. — (Информационные материалы / Федеральное гос. авт. учреждение «Нац. мед. исслед. центр здоровья детей» М-ва здравоохранения Российской Федерации). ISBN 978-5-6043946-4-9
12. Союз педиатров России. Федеральные клинические рекомендации по оказанию медицинской помощи детям с болезнью Вильсона у детей
13. Оказание медицинской помощи и лекарственное обеспечения пациентов, страдающих жизнеугрожающими и хроническими прогрессирующими редкими заболеваниями. болезнь Вильсона (гепатолентикулярная дегенерация); научная статья, Номер: 5–6, 2015 год Страницы: 30–35
14. Jaber F.L., Sharma Y., Gupta S. Demonstrating potential of cell therapy for Wilson's disease with the Long-Evans cinnamon rat model // *Hepatocyte Transplantation: Methods and Protocols.* 2017. P. 161–178.
15. Павлов Б.В., Соколова А.И., Свиридова Д.И. Рассмотрение клинического случая болезни Вильсона-Коновалова [Текст] / Павлов Б.В., Соколова АИ., Свиридова Д.И. // *Алмазовский-молодежный-медицинский-форум.* — 2021. — № . — С. 407.

© Павлов Богдан Владимирович (DewollS@yandex.ru); Воронин Игорь Михайлович (voronin_tmb@mail.ru); Кузиев Иброхимджон Джахонбекович (kuzievibrohim@gmail.com); Губанов Дмитрий Сергеевич (dmitrij.gubanov@yandex.ru); Губанова Ксения Михайловна (kseniya1gubanova@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СИНДРОМ МАЙЕРА-РОКИТАНСКОГО-КЮСТНЕРА-ХАУЗЕРА: ПУТИ ПРЕОДОЛЕНИЯ БЕСПЛОДИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ РЕПРОДУКТИВНОЙ ФУНКЦИИ (КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ)

MAYER-ROKITANSKY-KUSTNER-HAUSER SYNDROME: WAYS TO OVERCOMING INFERTILITY AND IMPLEMENTING REPRODUCTIVE FUNCTION (CLINICAL CASE)

**D. Rossolko
Chi Hee Won
A. Korolevskaya
A. Makolkin**

Summary. It has been determined that Mayer-Rokitansky-Küster-Hauser syndrome (MRKHS) is a disorder of the intrauterine development of the Müllerian ducts, leading to aplasia of the vagina and uterus. It is noted that the syndrome is diagnosed in 2 patients out of 10000 and accounts for 5–10 % of all developmental defects. The types of MRKH are described. It was revealed that MRKH syndrome has a direct effect on the reproductive function of the female body, which is associated with absolute infertility due to the uterine factor.

It is noted that the only option for motherhood for patients with MRKH is surrogacy. A rare clinical case of overcoming infertility in MRKH syndrome with the help of modern high reproductive technologies is described. Taking into account the optimal chosen tactics for managing the patient, a favorable outcome for the woman was obtained. It was concluded that laparoscopic puncture of ovarian follicles shows excellent results in overcoming infertility and realizing reproductive function.

Keywords: Mayer-Rokitansky-Küster-Hauser syndrome, uterine aplasia, uterine developmental abnormalities, infertility, assisted reproductive technologies (ART).

Россолько Дмитрий Сергеевич

кандидат медицинских наук, доцент,
Санкт-Петербургский Государственный
Педиатрический Медицинский Университет
drossolko@mail.ru

Чи Хи Вон

Санкт-Петербургский Государственный
Педиатрический Медицинский Университет
impossiblina@mail.ru

Королевская Ангелина Вадимовна

Санкт-Петербургский Государственный
Педиатрический Медицинский Университет
korolevskaya.angelinaa@gmail.com

Маколкин Александр Александрович

врач акушер-гинеколог высшей категории,
репродуктолог, ведущий специалист,
клиника «Дельта Фертилити», г. Санкт-Петербург
mail@makolkin.com

Аннотация. Определено, что синдром Майера-Рокитанского-Кюстера-Хаузера (СМРКХ) представляет собой нарушение внутриутробного развития мюллеровых протоков, приводящее к аплазии влагалища и матки. Отмечено, что синдром диагностируется у 2 пациенток из 10000 и составляет 5–10 % всех пороков развития. Описаны типы МРКХ. Выявлено, что синдром МРКХ оказывает непосредственное влияние на репродуктивную функцию женского организма, что связано с абсолютным бесплодием по маточному фактору.

Отмечено, что единственной возможностью материнства для пациенток с МРКХ является суррогатное материнство. Описан редкий клинический случай преодоления бесплодия при синдроме МРКХ с помощью современных высоких репродуктивных технологий. Учитывая оптимальную выбранную тактику ведения пациентки, был получен благоприятный исход для женщины. Сделан вывод о том, что лапароскопическая пункция фолликулов яичников показывает отличные результаты по преодолению бесплодия и реализации репродуктивной функции.

Ключевые слова: синдром Майера-Рокитанского-Кюстнера-Хаузера, аплазия матки, аномалии развития матки, бесплодие, вспомогательные репродуктивные технологии (ВРТ).

Синдром Майера-Рокитанского-Кюстнера-Хаузера характеризуется аплазией матки и, минимум, верхних 2/3 влагалища с сохраненной овариальной функцией и нормальным генотипом 46XX. Данный синдром диагностируется у 2 пациенток из 10000 и составляет 5–10 % всех пороков развития, при этом этиология его возникновения изучена недостаточно. Патология развития матки и влагалища на сегодняшний день является одной из самых актуальных в гинекологии. Син-

дром Майера-Рокитанского-Кюстнера-Хаузера является аномалией внутриутробного развития мюллеровых протоков, характеризующийся полной аплазией влагалища и матки. Он классифицируется как тип I (изолированная маточно-влагалищная аплазия) или тип II (связанный с экстрагенитальными проявлениями) и непосредственно влияет на репродуктивную возможность женского организма. Синдром МРКХ, который также встречается под названием агенезия Мюллера, проявляется врож-

денной атрезией матки, шейки матки и верхней трети влагалища у женщин с нормальным кариотипом. Он проявляется первичной аменореей в пубертатном периоде. Данный синдром разделяется на два типа: первый тип проявляется отсутствием верхней трети влагалища, шейки матки и тела матки, второй тип отягощен пороками почек и скелета. Также различают MURCS (мюллеровский почечно-цервикальный сомит), характеризующийся шейно-грудными дефектами.

Синдром MRKH чаще проявляется единично, у одного представителя семьи, но были описаны семейные случаи, указывающие на то, что MRKH может быть наследственным заболеванием. Можно предположить, что данный синдром имеет аутосомно-доминантный тип наследования с неполным появлением патологии в следующем поколении. Этиология синдрома MRKH до сих пор точно неизвестна, вероятно. Было исследовано несколько генов предположительно, вызывающих синдром, но на сегодняшний день только WNT4 был связан с MRKH.

В большинстве случаев данный синдром впервые диагностируется у девушек в раннем репродуктивном возрасте. Клиника его проявляется в отсутствии менструаций, реже болевым синдромом внизу живота, циклического характера, и/или проблемах, связанных с половой жизнью.

Пациенты с синдромом MRKH имеют телосложение женского типа, нормально развитые вторичные половые признаки и наружные половые органы. Наблюдается либо полное отсутствие влагалища, либо его укорочение со слепым концом. Пороки органов малого таза могут проявляться наличием рудиментарной матки или двух рогов с нарушением формирования фаллопиевых труб, а также эти структуры могут полностью отсутствовать. Женщины с данным синдромом имеют нормальный кариотип 46XX и сохраненную овариальную функцию.

Основной жалобой пациенток с синдромом MRKH является отсутствие менструации в пубертатном периоде. При пороке развития матки и влагалища также отмечаются: боли внизу живота, связанные с распиранием маточных рогов во время овуляции при их наличии; а также патологическим скоплением крови в маточной полости, связанное с блокированием и нарушением путей оттока; поликистоз; затруднение, невозможность совершения полового акта или болезненность при нем на фоне сохранённого либидо; бесплодие. Среди женщин, имеющих синдром MRKH, гиперандрогения встречается у 52 %, а гиперпролактинемия — у 14 %. Причиной переизбытка уровня андрогенов у женщин с данным синдромом является генетические трансформации. Наследственную теорию связывают с дефектом гена WNT4. Синдром Майера-Рокитанского-Кустер-Хаузера в соче-

тании с гиперпролактинемией встречается очень редко. Эндокринный статус пациенток с данным синдромом также характеризуется более низкими значениями АМГ, что является важным показателем овариального резерва. Из этого следует, что у пациенток с синдромом MRKH наблюдается высокий риск развития различных нарушений эндокринной системы, а значит, им требуется проведение более тщательного обследования и преемственности ведения для определения сроков и методов реализации репродуктивной функции.

При осмотре пациенток у гинеколога определяется нормальное развитие наружных половых органов, соответствующие возрастной норме. В 85 % случаев влагалище представляет собой слепо заканчивающуюся ямку глубиной 1–1,5 см. При этом можно пропальпировать тяж в области анатомического расположения матки при проведении ректальноабдоминального исследования. Для каждой 2-й пациентки характерно значительно высокое расположение яичников, которые могут иметь вытянутую форму и фолликулярную структуру мелкого калибра. Проведение трансабдоминального ультразвукового исследования (УЗИ) или магнитно-резонансной томографии (МРТ) органов малого таза подтверждает наличие синдрома MRKH. Около 85 % пациенток имеют матку в виде тяжа, у остальных 15 % — матка имеет вид 2 мышечных валиков, либо отсутствует. При проведении УЗИ почек женщинам со вторым типом синдрома часто можно диагностировать различные пороки мочевыводящей системы, проявляющиеся в виде подковообразной почки, аплазии почки. Также на сегодняшний день зарегистрировано 23 случая синдрома Майера-Рокитански-Кюстера-Хаузера с дуплексной почкой и 1 зарегистрированный случай синдрома MRKH с одиночной двойной почкой. [7]

Формирование искусственного влагалища (кольпопоз) имеет существенное значение в лечении пациенток с вагинальной агенезией. Такая операция ориентирована на появление у пациенток способности к половому акту. Выделяют два метода лечения: бескровный (консервативный) кольпопоз и оперативный. Чаще всего используют методику лапароскопического брюшинного кольпопоза, которая предполагает создание влагалища из тазовой брюшины.

Поскольку овариальная функция сохранена, люди с этим синдромом могут иметь детей с помощью ЭКО и суррогатного материнства. В мировой практике также описываются случаи успешной трансплантации матки с рождением здорового ребенка.

В октябре 2014 года 36-летняя шведка стала первым человеком, которому провели трансплантацию матки. Женщина с аплазией матки имела функционирующие яичники и соответствующий овариальный резерв. По-

сле пункции фолликулов и культивирования было получено 11 эмбрионов, которые затем были заморожены. В одном из университетов Швеции врачи произвели успешную трансплантацию матки с последующим переносом эмбриона в полость пересаженной матки через год. Вследствие развившейся преэклампсии у матери наступили преждевременные роды на 31 неделе, младенец родился живым.

Клинический случай: Пациентка 31 года с кариотипом 46XX и диагностированным синдромом Майера Рокитанского Кюстнера Хаузера обратилась в клинику с желанием проведения ЭКО. В 2015 году пациентке был проведен кольпопоз. По результатам осмотра и обследования было обнаружено отсутствие матки, маточных труб и влагалища. Яичники располагались у *lin. terminalis*. Ей был назначен протокол с анГнРГ и дальнейшая лапароскопическая пункция фолликулов.

Протокол с антагонистами ГнРГ относится к коротким и считается протоколом резерва для женщин с предсказуемым «бедным» ответом на стимуляцию. Назначаемые препараты при данном виде протокола разными путями предупреждают преждевременный пик ЛГ. Внедрение антагонистов ГнРГ во вспомогательные репродуктивные технологии (ВРТ) для предотвращения всплеска ЛГ открыло новый путь в развитии и проведении ЭКО. В отличие от непрямого подавления гипофиза, вызванного ГнРГ-агонистами, введение ГнРГ-антагонистов вызывает немедленное и зависящее от дозы ингибирование высвобождения гонадотропинов путем конкурентного захвата рецепторов ГнРГ в гипофизе. Как итог происходит подавление преждевременной овуляции и появляется возможность провести более короткую и экономичную стимуляцию яичников по сравнению с протоколом с длительными агонистами.

Существуют несколько разновидностей протокола с антагонистами ГнРГ. Наиболее распространенный вариант, называемый фиксированным протоколом, заключается в введении ГнРГ-антагонистов через 5 дней после стимуляции гонадотропинами. Однако, чтобы сократить количество инъекций антагониста и продолжительность стимуляции, был введен гибкий протокол. Он заключается во введении антагониста ГнРГ, когда фолликулы достигают размера >14 мм.

Преимуществами короткого протокола ЭКО являются: меньшие лекарственные затраты; риск гиперстимуляции яичников значительно ниже, чем при использовании длинного протокола; быстро восстанавливается функция гипофиза.

Таким образом, на 2 день цикла пациентке было назначено индукция суперовуляции в течение 9 дней. По-

сле чего по результатам УЗИ было обнаружено 18 фолликулов, >17 мм. Триггер овуляции — трипторелин 0,2 мг. Далее через 36 часов была проведена пункция фолликулов. Так как получение фолликулов путем трансвагинальной пункции яичников у пациентов с синдромом Майера-Рокитанского-Кюстнера-Хаузера невозможно из-за высокого расположения яичников у стенок малого таза, необходимо использовать более редко применяемую методику — лапароскопическую пункцию фолликулов яичников. В ходе операции устанавливаются правый и левый троакары, через которые проводится игла для аспирации яйцеклетки, для пункции правого и левого яичников соответственно. Для облегчения обнажения фолликулов яичники мобилизуются и удерживаются лапароскопическими щипцами.

У пациентки в результате лапароскопической пункции фолликулов было получено 10 ооцитов. Фолликулярную жидкость собирали в те же стерильные пробирки объемом 10 мл, которые используются при трансвагинальном извлечении яйцеклеток, и переносили в согревающий блок (37°C) в лабораторию вспомогательной репродукции, где проводили дальнейшие этапы ЭКО. В ходе оплодотворения яйцеклеток было получено 7 эмбрионов. Так как синдром MRKH представляет собой непреодолимую патологию матки, являющийся причиной бесплодия, то был осуществлен перенос эмбриона суррогатной матери.

В ходе успешного переноса и имплантации эмбриона, наступила беременность. Беременность протекала без патологии, наблюдался токсикоз в первом триместре. На сроке 37 недель был рожден мальчик массой 3400 г, рост 50 см, по шкале Апгар 7–8 баллов.

Таким образом, синдром MRKH оказывает непосредственное влияние на репродуктивную функцию женского организма, что связано с абсолютным бесплодием по маточному фактору.

Однако, женщины с этим синдромом могут достичь биологического материнства при помощи ЭКО и суррогатного материнства, что безусловно, открывает перспективы для улучшения клинической помощи данным пациенткам. Вследствие высокого расположения яичников у стенок малого таза, а также из-за отсутствия эластичности стенок влагалища после хирургической реконструкции (кольпопоза), необходимо использовать более редко применяемую методику — лапароскопическую пункцию фолликулов яичников. Данный метод показывает отличные результаты по преодолению бесплодия и реализации репродуктивной функции. Последние клинические испытания трансплантации матки подтвердили еще один вариант преодоления бесплодия при синдроме MRKH.

ЛИТЕРАТУРА

1. Herlin M. K., Le V.Q., Hojland A.T., Ernst A., Okkels H., Petersen A.C. et al Whole-exome sequencing identifies a GREB1L variant in a three-generation family with Mullerian and renal agenesis: a novel candidate gene in Mayer-Rokitansky-Kuster-Hauser (MRKH) syndrome. *A casereport//Hum Reprod.* 2019. Vol.34. P.1838–1846.
2. Ющенко М.А., Робул А.В., Елгина С.И., Мозес В.Г., Рудаева Е.В., Железная А.А., Мраморнова П.Н., Мозес К.Б. Синдром Майера-Рокитанского-Кюстнера-Хайзера (клинический случай) //Мать и Дитя в Кузбассе. 2022. №2(89).
3. Herlin MK, Petersen MB, Brännström M. Mayer-Rokitansky-Küster-Hauser (MRKH) syndrome: a comprehensive update. *Orphanet J Rare Dis.* 2020 PMID: 32819397; PMCID: PMC7439721.
4. Fontana L, Gentilin B, Fedele L, Gervasini C, Miozzo M. Genetics of Mayer-Rokitansky-Küster-Hauser (MRKH) syndrome. *Clin Genet.* 2017 Feb;91(2):233–246. doi: 10.1111/cge.12883. Epub 2016 Nov 16. PMID: 27716927.
5. Henes M, Jurow L, Peter A, Schoenfish B, Taran FA, Huebner M, Seeger H, Brucker SY, Rall KK. Hyperandrogenemia and ovarian reserve in patients with Mayer-Rokitansky-Küster-Hauser syndrome type 1 and 2: potential influences on ovarian stimulation. *Arch Gynecol Obstet.* 2018 Feb;297(2):513–520. doi: 10.1007/s00404-017-4596-1. Epub 2017 Nov 24. PMID: 29177592.
6. Dorosiev E, Muzikadzhieva G, Mladenov B, Stoev I, Velev D. Renal abnormalities associated with Mayer-Rokitansky-Küster-Hauser syndrome. *Folia Med (Plovdiv).* 2021 Oct 31;63(5):815–818. doi: 10.3897/folmed.63.e63325. PMID: 35851218.
7. Bi Y, Zhang KN, Li ML. Mayer-Rokitansky-Küster-Hauser Syndrome with a Solitary Duplex Kidney and Anal Stenosis: Report of a Rare Case. *J Pediatr Adolesc Gynecol.* 2021 Feb;34(1):77–79. doi: 10.1016/j.jpag.2020.05.008. Epub 2020 Jun 17. PMID: 32561448/
8. Depalo R., Jayakrishan, K., Garruti, G. et al. GnRH agonist versus GnRH antagonist in in vitro fertilization and embryo transfer (IVF/ET). *Reprod Biol Endocrinol* 10, 26 (2012). <https://doi.org/10.1186/1477-7827-10-26>
9. Vanni VS, Alteri A, De Santis L, Cermisoni GC, Rabellotti E, Delprato D, Parma M, Papaleo E, Fedele L, Candiani M. Laparoscopic Oocyte Retrieval and Cryopreservation during Vaginoplasty for Treatment of Mayer-Rokitansky-Kuster-Hauser Syndrome. *J Vis Exp.* 2022 May 10;(183). doi: 10.3791/63634. PMID: 35635474.

© Россолюко Дмитрий Сергеевич (drossolko@mail.ru); Чи Хи Вон (impossiblina@mail.ru);
Королевская Ангелина Вадимовна (korolewskaaya.angelinaa@gmail.com); Маколкин Александр Александрович (mail@makolkin.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

БЕРЕМЕННОСТЬ И ВПЧ: КЛИНИЧЕСКИЕ СЛУЧАИ

PREGNANCY AND HPV: CLINICAL CASES

D. Rossolko
K. Fuzailova
A. Fedulova
M. Kamalova
Kh. Khusainova

Summary. Human papillomavirus (HPV) is the causative agent of long-term persistent infection among groups of sexually transmitted infections. HPV is detected in almost 90 % of cases in patients with verified cervical cancer, which is the fourth most deadly type of cancer in women and is currently the most common pathogen causing cancer in women. Moreover, HPV infection is associated with many other diseases, including skin and anogenital warts, as well as genital and upper gastrointestinal cancers. Oncogenic types of HPV (16,18) often act as a trigger in the initiation of malignant transformation of pathological processes. Given the continued high burden of HPV-associated cancers, understanding the carcinogenicity of HPV remains important to better understand, prevent, and treat cancers associated with the infection. Pregnant women are particularly susceptible to infections during pregnancy, and most of them are self-limiting, which can be cleared by their autoimmunity, while persistent infections are associated with precancerous lesions and cancer of the anogenital mucosa in women. In addition, HPV infection can also affect reproductive health and fertility.

Keywords: gestational complications, HPV, pregnancy, HPV, DNA virus.

Россолько Дмитрий Сергеевич
 кандидат медицинских наук, доцент,
 Санкт-Петербургский Государственный
 Педиатрический Медицинский Университет

Фузайлова Камила Фаруховна
 Санкт-Петербургский Государственный
 Педиатрический Медицинский Университет
 kamila.fuzaylova2002@gmail.com

Федулова Анастасия Сергеевна
 Санкт-Петербургский Государственный
 Педиатрический Медицинский Университет
 fedulovaanas@rambler.ru

Камалова Мехринисо Турабой кизи
 Санкт-Петербургский Государственный
 Педиатрический Медицинский Университет
 mexri18@mail.ru

Хусаинова Хилола Анваровна
 ведущий специалист, акушер-гинеколог
 многопрофильная медицинская клиника «Узмед»
 hilola.husainova76@mail.ru

Аннотация. Вирус папилломы человека (ВПЧ) является возбудителем длительно персистирующей инфекции, среди групп инфекций, передающихся половым путем. ВПЧ выявляется практически в 90 % случаев у пациенток с верифицированным раком шейки матки, который является четвертым по смертности видом рака у женщин и в настоящее время является наиболее распространенным патогеном, вызывающим рак у женщин. Более того, ВПЧ-инфекция связана со многими другими заболеваниями, включая кожные и аногенитальные бородавки, а также рак половых органов и верхних отделов пищеварительного тракта. Онкогенные типы ВПЧ (16,18) часто выступают в качестве триггера в инициации злокачественной трансформации патологических процессов. Учитывая сохраняющееся высокое бремя рака, ассоциированного с ВПЧ, понимание канцерогенности ВПЧ остается важным для лучшего понимания, профилактики и лечения раковых заболеваний, связанных с инфекцией. Беременные женщины особенно восприимчивы к инфекциям во время беременности, и большинство из них являются самоограничивающимися, которые могут быть устранены их аутоиммунитетом, в то время как персистирующие инфекции связаны с предраковыми поражениями и раком слизистой оболочки аногенитальных органов у женщин. Кроме того, ВПЧ-инфекция также может влиять на репродуктивное здоровье и фертильность.

Ключевые слова: осложнения гестации, ВПЧ, беременность, ВПЧ, ДНК-вирус.

ВПЧ, относящийся к семейству *Papillomaviridae*, представляет собой небольшой двухцепочечный ДНК-вирус, классифицируемый на две категории: ВПЧ низкого риска (LR-ВПЧ), ответственный за аногенитальные и кожные бородавки, и ВПЧ высокого риска (HR-ВПЧ), ответственный за рак ротоглотки (полости рта, миндалин и горла) и аногенитальный рак, включая рак шейки мат-

ки, анальный рак, рак вульвы, рак влагалища и полового члена [1].

Наибольшая активность вируса регистрируется у женщин молодого возраста и связана чаще всего с началом половой жизни. Оценка показателей заболеваемости ВПЧ показывает, что в возрасте 17–24 года данный показатель равен 25,6–29,5 случаев на 1000 женщин,

в когорте пациенток старше 30 лет показатель равен 5,3–13,5 случаев. Пиковый возраст инфицирования у женщин составляет около 20 лет. По оценкам, 80 % сексуально активных женщин будут инфицированы в какой-то момент к 50 годам. Более 90 % случаев ВПЧ-инфекций являются преходящими и устраняются с помощью не до конца изученного иммунного ответа в течение 6–18 месяцев [3]. Однако нельзя говорить о высокой достоверности данных исследований, так как они фрагментарны.

Наиболее часто выявляемыми типами ВПЧ при диагностике являются 18, 16, 56, 45, а также типы со средней онкогенностью (30, 31, 33, 35), при этом типы с низким риском к озлокачествлению выявляются крайне редко.

Согласно данным множества исследований в когорте беременных пациенток наиболее часто выявляются следующие типы ВПЧ: 52, 51, 45, 35, 31, 18, 16, которые имеют высокий риск к развитию онкологической трансформации [7].

Несмотря на то, что имеется множество данных, подтверждающих влияние ВПЧ на течение и исходы беременности, в частности развитие таких осложнений как невынашивание беременности, ПЭ, выкидыш, сам механизм по-прежнему не ясен [10]. Кроме того, нет единого мнения относительно терапии беременных пациенток с высокими титрами ВПЧ, а также методов профилактики.

Целью исследования является проанализировать современные данные относительно влияния ВПЧ на течение беременности, а также ее исходы, а также определить участие ВПЧ принимает в развитии осложнений гестации, в частности, является ли беременность фактором, повышающим восприимчивость организма к вирусу и возможен ли вертикальный путь передачи вируса плоду.

В ходе работы была проанализирована патогенетическая роль ВПЧ в развитии осложнений гестации.

Беременность является физиологическим иммуносупрессивным состоянием, в связи с чем возможности организма противостоять инфекциям резко снижаются.

При наличии осложненного анамнеза риск инфицирования ВПЧ значительно возрастает и ведет к развитию заболеваний, ассоциированных с ним, а с прогрессированием инфекции переходит в рак шейки матки [1].

В некоторых исследованиях же отмечается регрессия вирусной нагрузки в период гестации и даже полная эрадикация вируса, даже в группе женщин, получающих иммуносупрессорные препараты [2].

Важно помнить о том, что вирус может долгое время себя не проявлять, находясь в латентном состоянии, что значительно затрудняет диагностику. Кроме того, может локализоваться в нетипичных для него зонах. В подобной ситуации клинические проявления заболевания могут долго не проявляться, однако отмечается вирусная персистенция, когда вирус выявляется с помощью методов лабораторной диагностики, вторым вариантом является эрадикация вируса и отсутствие выявления возбудителя [3]. При этом важно отметить, что инфекция часто носит рецидивирующий характер. В диагностике важно проведение нескольких анализов, для выявления или исключения инфицированности, так как часто результаты ложноотрицательны в период эрадикации и при латентном течении [1].

ВПЧ способен поражать эпителиальные клетки шейки матки находящиеся в стадии созревания [5].

После взаимодействия с рецептором клеток вирус интернализуется, и его оболочка демонтируется, чтобы обеспечить доступ инкапсидированного генома к точному механизму транскрипции и репликации. Проникновение инфекционных частиц ВПЧ, по-видимому, происходит специфически в базальных клетках эпителия слизистой оболочки после связывания вирионов с базальной мембраной разрушенного эпителия. Зона трансформации является наиболее уязвимой и тропной к возбудителю [4].

Согласно ряду работ вирус папилломы человека был выявлен в пуповинной крови, околоплодных водах, при том, что ВПЧ на шейке матки выявлен не был [5].

Множество исследований подтверждают гипотезу относительно неблагоприятного воздействия вируса на развитие осложнений гестации [1].

Установлено, что трофобласт часто является местом репликации вируса, что ведет к разрушению эмбриональных клеток [2]. Рядом специалистов высказано предположение, что поражение трофобласта может быть причиной повышенной восприимчивости к бактериальной инфекции, что в конечном итоге также ведет к развитию многих осложнений гестации [2].

Мета-анализы, проведенные за последние 10 лет, отражают информацию о том, что беременность не является состоянием, повышающим диагностики инфицированности ВПЧ, и частота выявления возбудителей сопоставима с женщинами, не находящимися в состоянии беременности [4].

Исходя из этих данных некоторые авторы не выделяют беременных пациентов в отдельную группу с высоким риском поражений шейки матки, ассоциированных с ВПЧ [2].

В данном исследовании приняло участие 3 беременных пациентки. У данной группы пациенток была проведена диагностика на выявление ВПЧ в первом триместре.

Одна беременная имела клинические проявления инфекции и ее отнесли к отдельной группе. Под клиническими признаками мы выделили два самых явных: сильнейший зуд и остроконечные кондиломы промежности (размер самой большой кондиломы достиг 2 см на момент первого осмотра пациентки).

Вторую группу беременных без клинических признаков составили вторая и третья пациентки.

Исследования, проведенные всем женщинам, включали в себя: бактериологическое исследование микрофлоры цервикального канала и влагалища, кольпоскопию, УЗИ, жидкостная цитология BD SurePath с окрашиванием по Папаниколу. Результаты выдавались согласно терминологии Бетесда (табл. 1) [2, 7].

Оценка клинико-anamnestических данных показала, что возраст пациентов был равен 27 годам, отличий в характере менструальных циклов, а также наличие экстрагенитальных заболеваний не отмечалось.

У пациентки с клиническими признаками ВПЧ встречался один высокоонкогенный тип ВПЧ (HPV18). У остальных пациенток анализ показал сочетание двух типов ВПЧ (HPV6/HPV11/ HPV44).

Проведение расширенной кольпоскопии у пациентки с клинической активной инфекцией позволило диагностировать наличие эрозии и рубцовой деформации шейки матки, а анамнезе пациентка имела беременность, завершившуюся антенатальной гибелью плода в сроке 31 недель.

Расширенная кольпоскопия у остальных (2) пациенток патологии не выявила.

Лабораторная диагностика позволила выявить наличие секрета иммуноглобулинов (Ig) G, M и A в вагинально-цервикальном канале.

Пациентка, которая имела клинически выраженную картину заболевания имела уровень иммуноглобулинов класса A ($33,2 \pm 1,4$ мкг/мл) более низкий, относительно второй группы пациенток, без признаков клинической манифестации ($54,3 \pm 4,5$ мкг/мл, $p < 0,05$), в то время показатели IgM ($13,4 \pm 1,1$ мкг/мл и $7,1 \pm 1,4$ мкг/мл, $p < 0,05$) и IgG ($1159,3 \pm 1,5$ мкг/мл и $713,4 \pm 11,4$ мкг/мл, $p < 0,05$) соответственно выше.

Исходя из этих данных можно прийти к выводу, что местный иммунитет нарушен у пациентки с признаками клинической манифестации вирусной инфекции.

Таблица 1.

Терминологическая система Бетесда

Адекватность образца	— Удовлетворительный (наличие или отсутствие компонента эндоцервикса/ЗТ) — Неудовлетворительный (причина)
Интерпретация/результат исследования	
— получен отрицательный результат (исключается злокачественность процесса)	
— цитограмма в пределах нормальных значений	— были выявлены следующие бактерии: <i>Trichomonas vaginalis</i> ; <i>Candida spp.</i> ; также верифицирован бактериальный вагиноз; бактерии, морфологически соответствующие <i>Actinomyces sp.</i> ; — признаки доброкачественных поражений (ВМС-ассоциированные, наличие железистых клеток после гистерэктомии, явления гиперкератоза, атрофии и паракератоза)
— наличие признаков атипии в клеточном составе многослойного плоского эпителия	— Атипичные клетки неясного значения (ASC-US), наличие клеток не позволяющих опровергнуть наличие HSIL (ASC-H) — Низкая степень плоскоклеточного интраэпителиального поражения (LSIL): ВПЧ-эффект, легкая дисплазия/CIN I — Высокая степень плоскоклеточного интраэпителиального поражения (HSIL): умеренная дисплазия, тяжелая дисплазия, CIS/CIN II, CIN III — Плоскоклеточный рак
— признаки атипии клеток цилиндрического эпителия	— Атипичные железистые клетки (AGC): эндоцервикальные, эндометриальные или неопределенные (NOS) — Атипичные железистые клетки, схожие с неопластическими: эндоцервикальные, эндометриальные или неопределенные (NOS) — Эндоцервикальная аденокарцинома in situ (AIS) — Аденокарцинома
— Другое	— наличие клеток морфологические схожих с эндометриальными у пациенток старше 40 лет

Полученные результаты цитологического исследования отразили наличие клеток плоского эпителия с атипичным строением, что соответствовало 2 типу мазка по Папаниколу (рис. 1).

ASC-US описывает ряд характерных изменений, вследствие воспалительного процесса внутриклеточно, трудно дифференцируемого с диспластическими процессами и иными трансформациями клеток эпителиального слоя.

У пациентки, которая имела клинические проявления инфекции были также обнаружены клетки с круп-

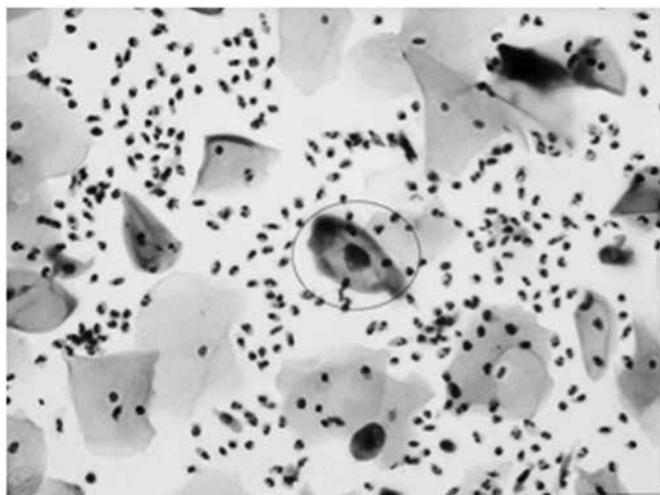


Рис. 1. Цитологическая картина эпителия шейки матки, соответствующая ASC-US

ными гиперхромными ядрами и дискариозом. Данной пациентке была дана рекомендация повторного исследования спустя 6–12 месяцев после родоразрешения.

Пациентке, имеющей клинические проявления также было произведено взятие третьего мазка по Папаниколау. Результаты данного исследования отразили наличие клеток с изменениями в цитоплазме и ядре, кроме того, отмечено наличие дискариоза и вакуолизации цитоплазмы.

Описанные признаки говорят о злокачественной трансформации (рис. 2).

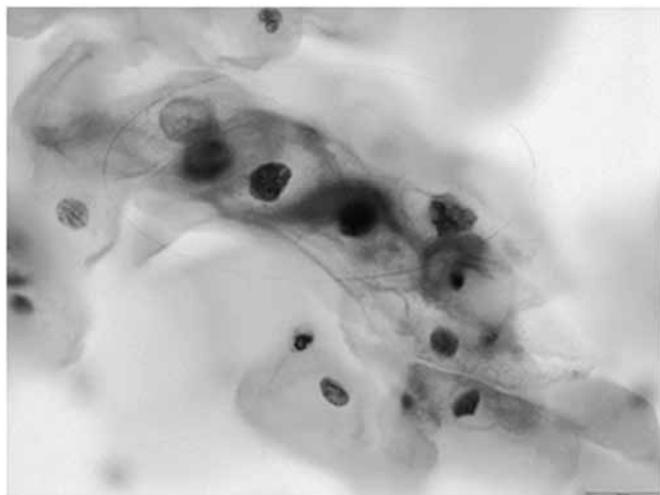


Рис. 2. Цитологическая картина эпителия шейки матки, соответствующая LSIL

Пациентка из первой группы согласно результатам диагностики имела 4 тип мазка по Папаниколау, что позволяет говорить о CIN III или тяжелая степень дисплазии.

Данный тип мазка определяется наличием значительного числа клеток с атипичным строением. Отмечается

наличие крупных ядер, имеющих неровные контуры, выраженную зернистую структуру, кроме того, отмечалось наличие клеток с несколькими ядрами (рис. 3).

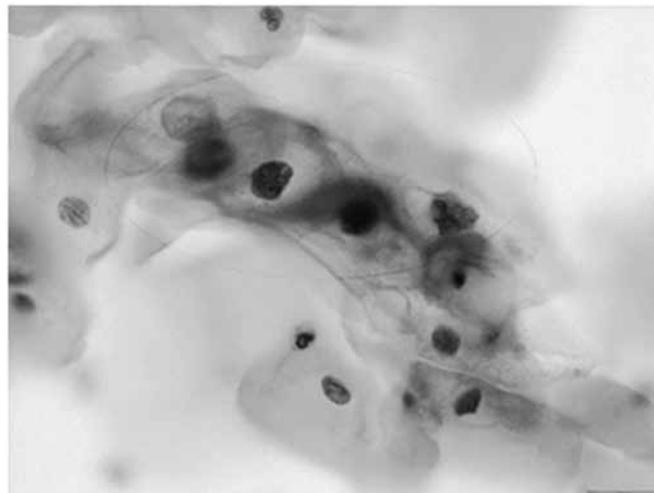


Рис. 3. Цитологическая картина эпителия шейки матки, соответствующая HSIL

Признаки гиперпаракератоза были выявлены у первой пациентки с активной клинической картиной в первом триместре беременности, подобные признаки у остальных пациенток диагностировали во второй половине гестации.

Обе группы пациенток характеризовались наличием различных осложнений беременности. У пациентки с клиническими проявлениями ВПЧ при беременности в первом триместре отмечался ранний токсикоз и угроза выкидыша. При ультразвуковом наблюдении у данной пациентки выявлены признаки нарушения фетоплацентарной системы (фетоплацентарной недостаточности: поражение маточно-плацентарных сосудов с васкулопатией базальной пластинки).

У пациенток без клинических признаков ВПЧ обнаружено нарушение продукции околоплодных вод и диффузное утолщение плаценты.

У пациентки с клиническими признаками ВПЧ в третьем триместре беременности также сохранялась угроза преждевременных родов.

У пациентки с клиническими признаками ВПЧ высокая частота осложнений гестации обусловила высокую частоту неблагоприятного исхода беременности. У пациентки произошли преждевременные роды на сроке 34 недели.

Исходя из результатов исследования было установлено, что наличие ВПЧ у женщин репродуктивного возраста оказывает негативное влияние на репродуктивную функцию, а также осложняет течение беременности.

Кроме того, не исключается вероятность инфицирования плода, что может стать причиной развития респираторного папилломатоза, заболевания значительно ухудшающего развитие плода. Важно тщательно подхо-

дить к вопросам прегравидарной подготовки, с целью снижения риска неблагоприятных воздействий ВПЧ как на мать, так и на плод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бодяжина, В.И. Учебник гинекологии / В.И. Бодяжина, К.Н. Жмакин. М.: Государственное издательство медицинской литературы, 2021. 368 с.
2. Голота, В.Я. Гинекология / В.Я. Голота. М.: МЕДпресс-информ, 2020. 379 с
3. Лихачев, В.К. Практическая гинекология / В.К. Лихачев. — М.: Медицинское информационное агентство, 2020. 672 с.
4. Овсянникова Т.В. Практическое руководство по клинической гинекологии / Под редакцией И.С. Сидоровой, Т.В. Овсянниковой. М.: МЕДпресс-информ, 2021. 448 с
5. Петров Ю.А., Алехина А.Г., Блесманович А.Е. Беременность, роды, состояние плода и новорожденного у матерей с папилломавирусной инфекцией // Современные проблемы науки и образования. 2019. № 2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27469> (дата обращения: 17.01.2024).
6. Прилепская В.Н, Роговская С.И, Кондриков Н.И, Сухих Г.Т. Папилломавирусная инфекция: диагностика, лечение и профилактика. Пособие для врачей. М.: «МЕДпресс-информ», 2020. 32 с.
7. Роговская С.И. Папилломавирусная инфекция у женщин и патология шейки матки. М.: Издательская группа «ГЭОТАР-Медицина». 2022. 188 с.

© Россолько Дмитрий Сергеевич; Фузайлова Камила Фаруховна (kamila.fuzaylova2002@gmail.com);
Федулова Анастасия Сергеевна (fedulovaanas@rambler.ru); Камалова Мехринисо Турабой кизи (mexri18@mail.ru);
Хусаинова Хилола Анваровна (hilola.husainova76@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ МИОМЕТРИЯ НИЖНЕГО МАТОЧНОГО СЕКТОРА У РОЖЕНИЦ С РУБЦОМ НА МАТКЕ

THE FUNCTIONAL STATE OF THE MYOMETRIUM OF THE LOWER UTERINE SEGMENT IN WOMEN IN LABOR WITH A SCAR ON THE UTERUS

**L. Savina
A. Yashchuk
A. Maslennikov
E. Egorova**

Summary. The safety of spontaneous childbirth in pregnant women with a uterine scar depends on the healing processes of the myometrium after cesarean section. The course of reparative processes, in turn, is determined by a large number of factors.

There is a need to study the microcirculation of scar tissue in order to determine the factors affecting the healing of the myometrium after cesarean section. The method of laser Doppler flowmetry allows for the noninvasive examination of microcirculation parameters, which is especially important for the diagnosis of apillary blood flow. The purpose of this study is to assess the state of microcirculation of scar tissue in the uterus after cesarean section by laser Doppler flowmetry.

Keywords: caesarean section; scar on the uterus; laser Doppler flowmetry (LDF); microcirculation of scar tissue.

Савина Лиана Венеровна

Аспирант, Башкирский государственный
медицинский университет
savinaliana091286@mail.ru

Ящук Альфия Галимовна

Доктор медицинских наук, профессор, Башкирский
государственный медицинский университет
alfiya_galimovna@mail.ru

Масленников Антон Васильевич

Кандидат медицинских наук, Башкирский
государственный медицинский университет
mas-anton@yandex.ru

Егорова Екатерина Владимировна

Башкирский государственный
медицинский университет
katyaegorova2001@mail.ru

Аннотация. Безопасность самопроизвольных родов у беременных с рубцом на матке зависит от процессов заживления мышечной ткани после кесарева сечения. Течение репаративных процессов определяется большим числом факторов. Возникает необходимость изучения микроциркуляции рубцовой ткани с целью определения факторов, влияющих на заживление миометрия после оперативных родов. Метод лазерной доплеровской позволяет проводить неинвазивное исследование параметров микроциркуляции, что важно для оценки капиллярного кровотока. Целью данного исследования является оценка состояния микроциркуляции рубцовой ткани на матке после операции кесарева сечения методом лазерной доплеровской флоуметрии.

Ключевые слова: кесарево сечение; рубец на матке; лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ); микроциркуляция рубцовой ткани.

Введение

В нашей стране подавляющее большинство беременных с рубцом на матке родоразрешают абдоминальным путём в плановом порядке, что повышает риски развития интра- и послеоперационных осложнений в 5 раз [1]. Учитывая данную ситуацию, кажется целесообразной дальнейшая научная разработка новых методов прогнозирования течения беременности и родов у этих женщин. Одним из важнейших аргументов в пользу родов через естественные родовые пути является положительная оценка состоятельности рубца на матке.

Некоторые исследователи предполагают обследование рубцовой ткани в нижнем маточном сегменте с помощью двухмерной или трехмерной трансвагинальной сонографии, а также магнитно-резонансной томографии и гистероскопии с контрастированием или без него [2,3].

Так, Hoffmann J et al. провели исследование органов малого таза во время беременности методом магнитно-резонансной томографии и ретроспективное исследование у 164 пациенток. Толщина нижнего маточного сегмента до 1 мм было диагностировано у значительного числа беременных женщин, но данный параметр не явился критерием несостоятельного рубца на матке, что подтвердилось интраоперационными результатами [4].

Безопасность самопроизвольных родов у беременных с рубцом на матке зависит от процессов заживления миометрия. Течение репаративных процессов определяется большим числом факторов, таких как, ожирение, инфекции, курение, сахарный диабет [5]. Vkhareva Osset et al. предположили, что проведение кесарева сечения во 2 периоде родов или в конце первого периода родов приводит к нарушению процесса заживления миометрия и, соответственно, к несостоятельности рубца

на матке при последующей беременности. Pomorski et al. также провели измерение толщины нижнего маточного сегмента у 409 женщин с рубцом на матке, где средняя величина толщины рубцовой ткани была достоверно меньше у пациентов, которым кесарево сечение было проведено во 2 периоде родов, по сравнению с пациентами, которые были прооперированы без раскрытия шейки матки и в первом периоде родов [6]. В 2016 году в Корее у 404 женщин было проведено исследование «случай-контроль» для выявления факторов, приводящих к несостоятельности рубца после кесарева сечения. В заключении этого исследования следует, что развитие несостоятельности рубца на матке чаще выявляется у тех женщин, которым первый раз было проведено кесарево сечение в условиях преждевременного излития околоплодных вод, применения утеротоников, открытия шейки матки более 5 см и короткого времени проведения кесарева сечения. Возраст матери, индекс массы тела, паритет беременности и родов, преждевременные роды не были связаны с развитием несостоятельного рубца на матке [7]. В некоторых исследованиях также сообщается, что нахождение головки плода при первом кесаревом сечении в полости малого таза, продолжительность родов более 5 часов, раскрытие шейки матки более 5 см являются факторами развития несостоятельного рубца на матке [8], в то время как другие ученые сообщают, что раскрытие шейки матки более, чем на 8 см не увеличило риск истмоцеле [9]. Подобные факторы, влияющие на репарацию миометрия в нижнем маточном сегменте, диктуют необходимость проведения изучения микроциркуляции ткани для изучения возможных факторов, влияющих на ее заживление после кесарева сечения. В настоящее время существует множество методов оценки состояния микроциркуляции, такие как, биомикроскопия (капиллярная микроскопия или капилляроскопия, интравитальная (прижизненная) капилляроскопия), плетизмография, ультразвуковая доплерография и другие. Метод ЛДФ широко используется для оценки состояния и функционирования микроциркуляторного русла в норме и при различных патологиях.

Цель исследования — оценить состояние микроциркуляции рубцовой ткани на матке после операции кесарева сечения методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ).

Материалы и методы

Данное исследование утверждено локальным этическим комитетом Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации» (заседание №3 от 16.12.2020 г.). Все беременные женщины дали письменное добровольное согласие на участие в исследовании. На базе

Городского клинического перинатального центра г. Уфа в период 2020–2021 гг. было обследовано 200 женщин в доношенном сроке беременности, которые были родоразрешены абдоминальным способом по показаниям в соответствии с клиническими рекомендациями «Роды одноплодные, родоразрешение путем кесарева сечения». Среди них 150 женщин, имеющих в анамнезе одно кесарево сечение в нижнем маточном сегменте (1 группа). Средний возраст пациентов составил $32,28 \pm 4,6$ года. Группа контроля — 50 женщин без рубца на матке. Средний возраст пациентов составил $29,56 \pm 5,90$ лет.

Оценка микроциркуляции нижнего маточного сегмента проводилась с помощью лазерного анализатора микроциркуляции крови ЛАКК-01 (НПП «Лазма», Россия). Данная методика заключается в определении перфузии рубцовой ткани кровью путем измерения доплеровского сдвига частот, возникающего при зондировании ткани лучом лазера с последующей регистрацией излучения, которая отражается от компонентов ткани. Исследование выполняли интраоперационно: по линии рубцовой ткани у пациенток, имеющих в анамнезе кесарево сечение, по линии, предполагаемого разреза у женщин, которые впервые родоразрешались абдоминальным путем (группа контроля). Исследуемые параметры обрабатывали с помощью программного обеспечения LAKK2_20 с оценкой следующих параметров — показатель микроциркуляции (ПМ, перфузионная единица), среднеквадратичное отклонение (СКО, перфузионная единица), коэффициент вариации (K_v , %). Статистическая обработка результатов проводилась в операционной среде Windows с использованием статистических программ Statistica 10. Качественные показатели описывали в процентах (%). Для описания центральной тенденции данных применялась медиана (Me), с указанием 25-го и 75-го перцентилей. Оценка различий между двумя группами пациенток проводилась с использованием U-критерия Манна-Уитни. Статистически значимыми считались различия, при которых вероятность ошибки (p) составляла 0,05 или ниже.

Результаты

Были проанализированы следующие критерии: возраст, паритет беременностей и родов, акушерско-гинекологический анамнез (интервал между беременностями, применение вспомогательных репродуктивных технологий, течение и исход предыдущих беременностей и родов, в том числе послеоперационный период, тип вскармливания ребенка), наличие или отсутствие экстрагенитальной патологии, течение и особенности данных родов с рубцом на матке. Такие факторы, как кровопотеря при предыдущих родах, послеродовые и послеоперационные осложнения, показания к проведению предыдущего кесарева сечения, условия для проведения первого абдоминального родоразрешения, были особенно выделены во время сбора информации.

В 1 исследуемой группе (пациенты с рубцом на матке, в анамнезе — одно кесарево сечение в нижнем сегменте матки) вторые роды зарегистрированы в 84,7 % (n=127), третьи роды в 11,3 % (n=17), более 3 родов в 4,0 % (n=6). В контрольной группе (пациенты без рубца на матке) в 78 % (n=39) — первородящие женщины, в 16 % (n=8) и 6 % (n=3) у пациентов отмечены 2 и 3 роды соответственно. В табл. 1 перечислены осложнения, возникшие в период данной гестации, в табл. 2 основные экстрагенитальные патологии, имеющиеся в данных группах пациентов.

Таблица 1.

Осложнения, возникшие у женщин в исследуемой группе и группе контроля во время данной беременности

Характер патологии	1 группа, значение (%)	Группа контроля, значение (%)
1 триместр		
Угроза прерывания беременности	44,3	46,9
Токсикоз различной степени тяжести	53,0	52,9
Истмико-цервикальная недостаточность	2,7	0,2
2 триместр		
Плацентарные нарушения с различными степенями нарушения в системе мать–плацента–плод	8,0	1,8
Умеренная преэклампсия	0,5	1,8
Недостаточный рост плода, требующий предоставления медицинской помощи матери	5,9	2,1
Угрожающие преждевременные роды	80,7	90,1
Многоводие	0,5	1,8
Маловодие	3,4	1,8
Гестационный сахарный диабет	1,7	0,6
3 триместр		
Плацентарные нарушения с различными степенями нарушения в системе мать–плацента–плод	38,7	31,4
Умеренная преэклампсия	15,8	19,2
Недостаточный рост плода, требующий предоставления медицинской помощи матери	6,0	4,2
Угрожающие преждевременные роды	30,1	25,5
Многоводие	3,5	10,8
Маловодие	5,9	8,9

В исследуемой 1 группе показаниями для проведения первого кесарева сечения явились: слабость родовой деятельности, не поддающаяся медикаментозной

Таблица 2.

Экстрагенитальная патология, диагностированная у женщин в исследуемой группе и группе контроля во время данной беременности

Характер патологии	1 группа, значение (%)	2 группа, значение (%)
Заболевания почек (пиелонефрит, цистит, мочекаменная болезнь)	17,2	22,2
Сахарный диабет 1 типа	4,2	7,4
Заболевания щитовидной железы	8,3	5,6
Заболевания желудочно-кишечного тракта (гастрит, панкреатит, холецистит)	6,4	6,5
Заболевания крови (анемии различной степени тяжести)	36,2	37,0
Расстройство вегетативной нервной системы	19,1	19,0
Варикозная болезнь нижних конечностей	8,0	2
Заболевания сердечно-сосудистой системы (гипертоническая болезнь)	0,6	0,3

терапии (12 %), переносимость и отсутствие эффекта от преиндукции (7,4 %), клинический узкий таз (6 %), дистресс плода (10 %), тазовое предлежание (8 %), преэклампсия тяжелой степени (33,3 %), миопия средней степени с изменениями на глазном дне (7,3 %), миопия высокой степени (16 %).

Для анализа параметров микроциркуляции рубцовой ткани было проведено исследование нижнего маточного сегмента у женщин без рубца на матке, которые были родоразрешены путем кесарева сечения при данной беременности (группа контроля). Получены следующие показатели: ПМ 6,0 (2,3;7,0), СКО 3,46 (2,8;3,71), Kv 16,0 (12,5;16,5). Параметры микроциркуляции у женщин у исследуемой группы пациентов в зависимости от показания к первому кесареву сечению представлены в табл. 3 и 4.

Обсуждение

Определенную роль для оценки заживления миометрия после кесарева сечения играет исходное ее состояние к моменту операции, именно поэтому важно, при каких условиях было проведено абдоминальное родоразрешение. В качестве значимых для полноценной регенерации тканей факторов, отмечают исходное состояние беременной, экстрагенитальные заболевания, характер микрофлоры генитального тракта, развитие преэклампсии, склонность тканей организма к избыточному образованию соединительной ткани [10]. Согласно данным E.S. Howarth (2017 год), более неблагоприятное заживление в области рассечения на матке обусловлено исходным морфоструктурным состоянием миометрия

Таблица 3.

Показатели ЛДФ, полученные с нижнего маточного сегмента (рубцовой ткани) пациенток 1 группы

Показатель	Тазовое предлежание	Дистресс плода	Слабость родовой деятельности, не поддающаяся медикаментозной терапии	Переносимость, отсутствие эффекта от преиндукции	Клинический узкий таз
ПМ, пф.ед	6,8 (6,2;7,2)	6,2 (3,6;7,06)	6,2 (5,4;7,06)	6,4 (5,02;7,06)	6,4 (1,8;7,20)
p	0,777	0,005	0,020	0,020	0,005
СКО, пф.ед.	3,54 (3,09;3,84)	3,12 (2,12;3,6)	3,46 (3,0;3,8)	3,28 (2,37;3,72)	3,26 (2,36;3,60)
p	0,064	0,034	0,099	0,746	0,043
Кв, пф.ед.	16,01 (13,6;16,6)	16 (13,5;16,6)	16 (13,4;16,5)	16,2 (14;16,6)	16,2 (14,6;16,8)
p	0,085	0,000	0,000	0,101	0,126

Примечание: p — уровень значимости по сравнению с группой контроля.

Таблица 4.

Показатели ЛДФ, полученные с нижнего маточного сегмента (рубцовой ткани) пациенток 1 группы

Показатель	Преэклампсия тяжелая	Миопия высокой степени	Миопия средней степени
ПМ, пф.ед	2,8 (2,26;3,58)	1,945 (1,245;7,0)	3,66 (3,56;3,8)
p	0,000	0,011	0,000
СКО, пф.ед.	3,01 (1,6;6,6)	3,52 (2,945;3,68)	4,23 (4,1;5,2)
p	0,000	0,180	0,917
Кв, пф.ед.	13,8 (12,0;16,2)	16,2 (15,3;16,95)	14,5 (14,0;16,0)
p	0,001	0,000	0,005

Примечание: p — уровень значимости по сравнению с группой контроля.

вследствие предшествующей травмы (медицинского аборта). Согласно некоторым исследованиям, полноценная регенерация матки после кесарева сечения обусловлена продолжительностью оперативного вмешательства, степенью кровопотери и адекватностью ее восполнению, особенностями течения послеоперационного периода [11]. Некоторые авторы указывают на разнонаправленный характер репаративных процессов с преимущественным образованием мышечной или рубцовой ткани и при отсутствии предрасполагающих факторов [12].

Анализ данных показал, что у пациентов, которым первое кесарево сечение проведено по таким показаниям, как клинический узкий таз, тяжелая преэклампсия, миопия высокой степени, наблюдалось значимое снижение показателей микроциркуляции рубцовой ткани в нижнем сегменте матки в сравнении с группой контроля ($p < 0,05$ во всех случаях). Согласно данным литературы, вероятной причиной нарушения микроциркуляции у беременных с преэклампсией является компенсаторная реакция сосудов на повышение артериального дав-

ления и изменение механизмов регуляции сосудистого тонуса для поддержания адекватной перфузии тканей [13, 14]. Одним из значимых моментов для репарации называют характер перфузии раневой зоны, подчеркивая, что неадекватность таковой создает зону критической тканевой гипоксии с нарушением жизнедеятельности клеток миометрия [15], что объясняет низкие значения микроциркуляции рубцовой ткани у пациентов, которым первое кесарево сечение проведено в связи с развившимся в родах клиническим узким тазом. У женщин, родоразрешенных в анамнезе путем кесарева сечения по поводу развившегося дистресса плода также отмечается снижение кровотока, однако, эти показатели достоверно выше, чем значения ЛДФ у женщин, оперированных по поводу клинического узкого таза, миопии высокой степени и преэклампсии тяжелой степени тяжести. В группе женщин, оперированных по поводу тазового предлежания плода, слабости родовой деятельности, не поддающейся медикаментозной терапии, переносимости и отсутствии эффекта от преиндукции достоверных различий с контрольной группой не выявлено.

Заключение

У пациентов, оперированных в 1-й раз по поводу клинического узкого таза и тяжелой преэклампсии, миопии высокой степени отмечается достоверное снижение кровотока по сравнению с группой контроля. По нашему мнению, возможно, в родах необходимо своевременно принимать решение о завершении родов оперативным путем, включение в программу послеродовой реабилитации, направленной на улучшение микроциркуляции нижнего маточного сегмента, а также проведения мер, направленных на профилактику развития тяжелой преэклампсии. У данной категории пациентов также следует тщательно проводить диагностику состояния миометрия в нижнем маточном сегменте перед наступлением беременности и в период гестации.

Проведенные исследования показали, что пациенты, родоразрешенные в первый раз путем кесарева сечения по поводу тазового предлежания, дистресса плода, слабости родовой деятельности, переносимости с отсутствием эффекта от преиндукции не имеют значимого снижения кровотока по сравнению с контрольной группой.

В настоящее время комплексный подход для отбора женщин с рубцом на матке на роды через естественные родовые пути возможен и требует разработки критери-

ев. Одним из аргументов в пользу родов через естественные родовые пути является оптимальная регенерация ткани после кесарева сечения и положительная оценка состоятельности рубца в последующем. Исследования показывают, что вероятность успешных вагинальных родов составляет 74 %, поэтому это должен быть выбор первой линии при отсутствии дополнительных противопоказаний [16]. Однако решение должно приниматься в каждом конкретном случае в зависимости от акушерского анамнеза, текущего состояния, результатов обследования и оценки риска, а также согласия пациентки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стрижаков А.Н., Игнатко И.В., Чурганова А.А., Асланов А.Г. Инновационный подход к изучению состояния рубца на матке после операции кесарево сечение на основании сравнительного исследования. Вестник РАМН. 2021;76 (5): 429–435.
2. Van der Voet L.L.F., Limperg T., Veersema S. et al. Niches after cesarean section in a population seeking hysteroscopic sterilization. Eur. J. Obstet. Gynecol. Reprod. Biol. 2017; 214: 104–108. DOI: 10.1016/j.ejogrb.2017.05.004.
3. Van der Voet L.F., Bij de Vaate A.M., Veersema S. et al. Long-term complications of caesarean section. The niche in the scar: a prospective cohort study on niche prevalence and its relation to abnormal uterine bleeding. BJOG. 2014; 121: 236–244. DOI: 10.1111/1471-0528.12542.
4. Hoffmann J., Exner M., Bremicker K. et al. Comparison of the lower uterine segment in pregnant women with and without previous cesarean section in 3T MRI. BMC Pregnancy Childbirth. 2019; 19 (1): 160. doi: 10.1186/s12884-019-2314-7.
5. Al Naimi A., Jennewein L., Mouzakiti N. et al. The effect of the onset of labor on the characteristics of the cesarean scar. Int. J. Gynecol. Obstet. 2022; 157: 322–326. DOI: 10.1002/ijgo.13775.
6. Stupak A., Kondracka A., Fronczek A., Kwaśniewska A. Scar tissue after a cesarean section—the management of different complications in pregnant women. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2021; 18 (22): 11998. DOI: 10.3390/ijerph182211998
7. Park I.Y., Kim M.R., Lee H.N. et al. Risk factors for Korean women to develop an isthmocele after a cesarean section. BMC Pregnancy Childbirth. 2018; 18 (1): 162. DOI: 10.1186/s12884-018-1821-2.
8. Vikhareva O., Valentin L. Risk factors for incomplete healing of the uterine incision after caesarean section. BJOG. 2010; 117: 1119–26. DOI: 10.1111/j.1471-0528.2010.02631.x.
9. Pomorski M., Fuchs T., Rosner-Tenerowicz A., Zimmer M. Morphology of the cesarean section scar in the non-pregnant uterus after one elective cesarean section. Ginekol. Pol. 2017; 88: 174–9. DOI: 10.5603/GPa.2017.0034.
10. Wing D.A., Paul R.H. Vaginal Birth After Cesarean Section: Selection and Management // Clinical Obstetrics and Gynecology. — 2017. — V.42 — N.4.—P.836.
11. Miller D.A., Paul R.H., Diar F. Vaginal birth after cesarean delivery: a ten year experience // Obstet. Gynecol. — 1994. — N.85. — P.255–258.
12. Энкин М., Кейрс М., Рефью М., Нейлсон Д. Руководство по эффективной помощи при беременности и родах. — СПб.: Нордмед — издат, — 2017. — 544с.
13. Кораблина Н.А. Клинико-диагностическое значение параметров кровотока методом лазерной доплеровской флоуметрии у беременных с гестозом легкой и средней степени тяжести // Contraception, 2013. Т. 87(4) С. 480–5
14. Бархатов И.В. Оценка системы микроциркуляции крови методом лазерной доплеровской флоуметрии // Клиническая медицина, 2013. Т. 91(11). С. 21–27
15. Краснопольский В.И., Логутова Л.С. // Акуш. и гин. — 2017. —№ 5. — С.12–17.
16. Sys D., Kajdy A., Niżniowska M. et al. The experience of women giving birth after cesarean section—a longitudinal observational study. Healthcare (Basel). 2023; 11 (12): 1806. DOI: 10.3390/healthcare11121806.

© Савина Лиана Венеровна (savinaliana091286@mail.ru); Яцук Альфия Галимовна (alfiya_galimovna@mail.ru); Масленников Антон Васильевич (mas-anton@yandex.ru); Егорова Екатерина Владимировна (katyaegorova2001@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РОЛЬ ПРОВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЦИТОКИНОВ В ДИАГНОСТИКЕ ХРОНИЧЕСКОЙ ТАЗОВОЙ БОЛИ У ГИНЕКОЛОГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ

THE ROLE OF PROINFLAMMATORY CYTOKINES IN THE DIAGNOSIS OF CHRONIC PELVIC PAIN IN GYNECOLOGICAL PATIENTS

**L. Tselkovich
R. Balter
L. Borisova
A. Ibragimova
T. Ivanova**

Summary. The dynamics of the content of proinflammatory interleukins depending on the pathogenetic therapy of chronic pelvic pain is considered. 183 patients with HTB syndrome were examined, the main group included women with «small forms» of external endometriosis, the comparison group — with chronic inflammatory diseases of the uterus and appendages outside the exacerbation stage. By processing statistical data, it was established that after the treatment, the level of interleukins entered the laboratory norm. The interrelation of immune and hormonal components in the development of HTB has been confirmed.

Keywords: chronic pelvic pain, external endometriosis, chronic inflammation, interleukins.

Целкович Людмила Савельевна

Д. м. н., профессор, Самарский государственный медицинский университет
l.s.tselkovich@samsmu.ru

Балтер Регина Борисовна

Д. м. н., профессор, Самарский государственный медицинский университет
r.b.balter@samsmu.ru

Борисова Лилия Исмаиловна

Соискатель, Самарский государственный медицинский университет
lilyavirt@yandex.ru

Ибрагимова Алина Ришатовна

К. м. н., доцент, Самарский государственный медицинский университет
a.r.ibragimova@samsmu.ru

Иванова Татьяна Владимировна

К. м. н., доцент, Самарский государственный медицинский университет
t.v.ivanova@samsmu.ru

Аннотация. Рассмотрена динамика содержания провоспалительных интерлейкинов в зависимости от патогенетической терапии хронической тазовой боли. Обследовано 183 пациентки с синдромом ХТБ, в основную группу вошли женщины с «малыми формами» наружного эндометриоза, в группу сравнения — с перенесенными хроническими воспалительными заболеваниями матки и придатков вне стадии обострения. Путем обработки статистических данных установлено, что после проведенного лечения уровень интерлейкинов вошел в лабораторную норму. Подтверждена взаимосвязь иммунного и гормонального компонентов в развитии ХТБ.

Ключевые слова: хроническая тазовая боль, наружный эндометриоз хроническое воспаление, интерлейкины.

Болевой синдром является клиническим проявлением большинства заболеваний репродуктивной системы, которые связаны с воспалительным процессом или нарушением анатомических структур гениталий [1, 2]. Иммунная система играет существенную роль, как в формировании эндометриозных гетеротопий, так и ассоциированного с ними синдрома хронической тазовой боли (ХТБ) [3].

В последние годы особое внимание уделяется иммунологическим механизмам сохранения болевого синдрома [4, 5]. Имеются сведения, что изначально бактериальная контаминация, меняя параметры врожденного и адаптационного иммунитета, инициирует имплантацию и развитие эндометриозных гетеротопий

[6–8]. В патогенезе эндометриоза подтверждено участие как первичных медиаторов воспаления — бактериальных липополисахаридов, так и вторичных — цитокинов и факторов роста [9–11].

Механизм формирования ХТБ представлен следующим образом: цитокины (провоспалительные IL-4, IL-6, IL-1 β и др.), факторы роста, макрофаги и эстрогены (посредством циклооксигеназы) участвуют в активации синтеза простагландинов, которые, в свою очередь, активируют ноцицептивную систему [12]. Кроме того, эстрогеновые рецепторы α и β присутствуют в нейронах ганглиев дорсального рога поясничного отдела спинного мозга и, в зависимости от уровня эстрогенов, через эти нейроны модулируется висцеро-висцеральная пе-

рекрестная сенситизация, которая обеспечивает формирование хронического болевого синдрома в области тазовых органов [13].

Выделение первичных медиаторов в патогенезе ХТБ весьма ограничено. Однако в целях улучшения дифференциальной диагностики причин ХТБ и, соответственно, выбора патогенетической терапии, возможно исследование вторичных медиаторов воспаления, в том числе интерлейкинов 1 β (IL-1 β) и 6 (IL-6).

Целью данной работы стало изучение процессов изменения содержания провоспалительных интерлейкинов у гинекологических больных в зависимости от патогенетической терапии хронической тазовой боли.

Проведено обследование, а также лечение 183 женщин с синдромом хронической тазовой боли (ХТБ). Все они были распределены в группы сравнения. Основную группу составили 95 женщин с «малыми формами» наружного эндометриоза [14–16]. При этом была использована классификация rAS, 1996 (1–2 стадия). В группу сравнения вошло 88 женщин с перенесенными хроническими воспалительными заболеваниями матки и придатков, у которых в ближайший год не было обострения воспалительных процессов. Все исследования проводились с письменного добровольного информированного согласия пациенток.

Критерии включения пациенток в группы:

- наличие синдрома хронической тазовой боли;
- репродуктивный возраст;
- отсутствие соматической патологии, с которой может быть связана хроническая тазовая боль;
- получение информированного согласия на проведение исследования.

Критерии исключения пациенток из группы:

- возраст моложе 18 лет;
- возраст старше 45 лет;
- наличие родовой травмы в анамнезе;
- наличие хирургического вмешательства на органах малого таза.

Определение интерлейкинов проводилось иммунохимическим методом с электро-хемилюминесцентной детекцией (единицы измерения пг/мл).

Пациенткам давалась четкая инструкция с перечнем требований, обязательных к соблюдению перед началом исследования:

- забор крови строго натощак с 8 до 10 часов утра на 3–5 дни менструального цикла;
- за день — исключить из рациона питания алкоголь, кофе, жирную и жареную пищу;
- за три дня — исключить тяжелые физические нагрузки и эмоциональное перенапряжение;

- за 10–14 дней — прекратить, насколько это возможно, прием лекарственных средств, в том числе НПВС.

Отмечено, что продукция интерлейкинов, отвечающих за воспалительный ответ иммунной системы, начинается в течение 4–5 часов от начала взаимодействия с провоцирующим агентом и продолжается в течение ближайших двух суток. После этого их уровень существенно снижается, в это время включаются другие механизмы иммунного ответа [17]. Данным фактом был обоснован период забора крови на анализ.

Все собранные первичные данные вносились в электронные таблицы-файлы, обработка которых проводилась при помощи программ «Statistica 10» (StatSoft Inc., США) и MedCalc (версия 15.2). Сравнительный анализ проводился с использованием t-критерия Стьюдента. Полученные результаты оказались статистически значимыми при уровне $p < 0,05$.

Содержание интерлейкинов на 3–5 день менструального цикла, выявленное в результате исследования, представлено в табл. 1.

Таблица 1.

Среднее содержание интерлейкинов у женщин сравниваемых групп (M \pm m, пг/мл)

Название интерлейкина	Основная группа (НЭ) n=95	Группа сравнения (ВЗ) n=88	P ₁₋₂
ИЛ-1 β (0–4,99 пг/мл)	15,99 \pm 0,58	4,80 \pm 0,12	<0,001
ИЛ-6 (0–6,99 пг/мл)	13,11 \pm 0,38	5,75 \pm 0,07	<0,001

Анализируя полученные на 3–5 день показатели провоспалительных интерлейкинов, отмечено, что у пациенток основной группы показатели обоих биомаркеров оказались в 3–4,5 раза выше, чем в группе сравнения. В основной группе среднее содержание ИЛ-1 β составило 15,99 \pm 0,58 пг/мл, в то время, как в группе сравнения — 4,80 \pm 0,12 пг/мл ($p < 0,001$).

Те же тенденции прослеживались и в отношении ИЛ-6, так как в основной группе его среднее значение составило 13,11 \pm 0,38 пг/мл, в группе сравнения оно оказалось статистически значимо ниже — 5,75 \pm 0,07 пг/мл ($p < 0,001$).

Учитывая различия в патогенезе развития ХТБ у женщин сравниваемых групп, мы использовали две схемы терапии. Общим в них стало применение нестероидных противовоспалительных препаратов (НПВС) и ферментов. Лечение подбиралось индивидуально (с учетом переносимости предлагаемых препаратов), по общим принципам для каждой группы [18].

Применение НПВС основывалось на их патогенетическом действии, обусловленном блокадой фермента

циклооксигеназы (ЦОГ-2), которая в свою очередь, влияет на синтез IL-1 β в очаге воспаления и регулирует образование простагландина E2 (ПГЕ2) из арахидоновой кислоты [17].

Выбор ферментов (использовался бовгиалуронидаза азоксимер в разовой дозировке 3000МЕ) был обусловлен их способностью снижать синтез медиаторов воспаления (интерлейкина-1 и ФНО α).

Бовгиалуронидаза азоксимер применялся в виде ректальных суппозиторий в дозе 3000 МЕ в сутки с интервалом 24 ч общим курсом десять введений, затем через 1 месяц перерыва курс повторялся. Всего было предложено два курса введения суппозиторий.

Что касается различий в схемах лечения у женщин сравниваемых групп, то у пациенток основной группы патогенетическим средством консервативного лечения являлись препараты диеногеста (производное 19-нортестостерона), которые назначались в непрерывном режиме в дозировке 2 мг в сутки на шесть месяцев. Затем проводилось повторное обследование женщин [19–21].

Отмечено, что диеногест в дозе 2 мг/сут снижает экспрессию провоспалительных цитокинов (IL-1 β , IL-6 и IL-8) и ингибирует экспрессии Toll-подобных рецепторов IV типа [22, 23]. Кроме того, диеногест ингибирует синтез и активность простагландина E2 [24, 25].

В группе сравнения лечение было основано на стадийности применения многокомпонентных препаратов интравагинального использования. Применялись антисептики (в частности хлоргексидин), местно использовались антибиотики (включающие метронидазол и антимикотики), а также пробиотики (подбирались индивидуально).

Помимо лекарственного воздействия в обеих группах женщинам рекомендовалось отрегулировать пи-

Таблица 2.

Среднее содержание интерлейкинов у женщин сравниваемых групп после лечения (M \pm m, пг/мл)

Название интерлейкина	Основная группа (НЭ) n=95	Группа сравнения (ВЗ) n=88	P ₁₋₂
ИЛ-1 β (0-4,99 пг/мл)	4,68 \pm 0,06	4,66 \pm 0,04	0,7514
ИЛ-6 (0-6,99 пг/мл)	6,5 \pm 0,17	5,1659 \pm 0,21	<0,001

тание, режим сна и физических нагрузок, давались гигиенические рекомендации (барьерная контрацепция, запрет на использование ежедневных прокладок и тампонов в период менструального кровотечения).

После лечения уровни интерлейкинов изменились, что еще раз доказывает взаимодействие иммунной и гормональной составляющих в патогенезе ХТБ.

После лечения уровень интерлейкинов в обеих группах вошел в лабораторную норму. Вместе с тем, в основной группе показатели IL-6 были статистически значимо выше, чем в группе сравнения (табл. 2).

Среднее содержание IL-1 в основной группе после лечения составило 4,68 \pm 0,06 пг/мл, в группе сравнения — 4,66 \pm 0,04 пг/мл, (p=0,7514), IL-6 6,5 \pm 0,17 пг/мл и 5,1659 \pm 0,21 пг/мл, соответственно (p<0,001). Полученная разница в содержании IL-6 может указывать на аутоиммунную природу эндометриоза, хотя проведенное лечение было достаточно эффективным.

Таким образом, полученные результаты динамики содержания интерлейкинов дополняют представления о патогенезе ХТБ, подтверждают более ранние исследования о взаимосвязи иммунного и гормонального компонентов в развитии ХТБ. Определение интерлейкинов может быть использовано в качестве дополнительных вторичных маркеров в дифференциальной диагностике причин ХТБ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воспалительные заболевания женских тазовых органов. Клинические рекомендации / Министерство здравоохранения Российской Федерации. — М, 2021. — 46 с.
2. Пестрикова, Т.Ю. Воспалительные заболевания органов малого таза: современные тренды диагностики и терапии (обзор литературы) / Т.Ю. Пестрикова, И.В. Юрасов, Е.А. Юрасова // Гинекология. — 2018. — Т. 20, № 6. — С. 35–41.
3. Оразов М.Р. Раздражая болевые точки. Эндометриоз и болевой синдром / М.Р. Оразов, С.А. Дьяконов // Информационный бюллетень. StatusPreasens. — 2020. — 20 с.
4. Оразов М.Р. Бактериальная контаминация: новое слово в патогенезе эндометриоза / М.Р. Оразов, Л.Р. Токтал // Акушерство и гинекология: новости, мнения, обучение. — 2018. — Т. 6. — № 3. — С. 29–37.
5. Бесплодие, ассоциированное с эндометриозом яичников: современный взгляд на проблему / М.Р. Оразов и др. // Гинекология. — 2020. — Т. 22. № 5. — С. 44–49.
6. Чернуха Г.Е. Микробиота кишечника и репродуктивного тракта при эндометриозе / Г.Е. Чернуха, В.А. Пронина, Т.В. Припутневич // Акушерство и гинекология. — 2022. — № 8. С. 22–29.

7. A more diverse cervical microbiome associates with better clinical outcomes in patients with endometriosis: a pilot study / C.Y. Chang, ets. // *Biomedicines*. — 2022. — Vol. 10. — № 1. — P. 174.
8. The vaginal microbiome as a tool to predict rASRM stage of disease in endometriosis: A pilot study / A.R. Perrotta, ets. // *Reprod. Sci.* — 2020. — Vol. 27. — № 4. — P. 1064–73.
9. The Endobiota Study: Comparison of vaginal, cervical and gut microbiota between women with stage 3/4 endometriosis and healthy controls / B. Ata, ets. // *Sci. Rep.* — 2019. — Vol. 9. — № 1. — P. 2204.
10. Gut microbiota exceeds cervical microbiota for early diagnosis of endometriosis / Huang L., ets. // *Front. Cell. Infect. Microbiol.* — 2021. — № 11: 788836.
11. Xu H. Ovarian endometrioma infiltrating neutrophils orchestrate immunosuppressive microenvironment / H. Xu, J. Zhao, J. Lu, X. Sun // *J. Ovarian Res.* — 2020. — Vol. 13. — № 1. — P. 44.
12. Tokushige N. Nerve fibres in peritoneal endometriosis / N. Tokushige, R. Markham, P. Russell, I.S. Fraser // *Human Reproduction*. — 2006. — Vol. 21. — № 11. — P. 3001–7.
13. Estrogen receptor-alpha and beta-immunoreactivity and mRNA in neurons of sensory and autonomic ganglia and spinal cord / R.E. Papkaa, ets. // *Cellular tissue*. — 2001. — Vol. 304. — № 2. — P. 193–214. DOI: 10.1007/s004410100363
14. Блажнова Е.М. Современные возможности диагностики начальных форм наружного эндометриоза / Е.М. Блажнова, А.Т. Оганесян, А.Р. Ибрагимова, Р.Б. Балтер, Т.В. Иванова // *Вестник рентгенологии и радиологии*. — 2023. — № 104(2). — С. 106–104. Режим доступа: <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2023-104-2-6-14>
15. Перспективы применения 3D конструирования и биомаркеров в дифференциальной диагностике эндометриозных кист яичников / Е.М. Блажнова, Р.Б. Балтер, Т.В. Иванова, Т.А. Пугачева, А.Р. Ибрагимова, Л.С. Целкович, А.Т. Оганесян // *Вестник рентгенологии и радиологии*. — 2023. — № 104(2). — С. 27–36. Режим доступа: <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2023-105-2-3-17>
16. Анализ биомаркеров у женщин с «малыми формами» наружного эндометриоза / Л.С. Целкович, Р.Б. Балтер, А.Р. Ибрагимова, Т.В. Иванова, Е.М. Блажнова, А.Т. Оганесян // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия Естественные и технические науки*. — 2023. — № 1. — С. 246–250. DOI: 10.37882/2223–2966.2023.01.37
17. Шатунова Е.П. Имунный профиль и оптимизация лечения больных с хроническими сальпингоофоритами / Е.П. Шатунова, О.И. Линева, М.А. Каганова // *Российский вестник акушера-гинеколога*. — 2016. — Т. 16. — № 6. — С. 83–88.
18. Кузнецова И.В. Нестероидные противовоспалительные средства в терапии женской тазовой боли / И.В. Кузнецова, Л.В. Евсюкова // *Медицинский Совет*. — 2019. — Т. 7. — С. 27–33.
19. Довлетханова Э.Р. Лечебные аспекты воспалительных заболеваний органов малого таза / Э.Р. Довлетханова, П.Р. Абакарова, А.Н. Мгерян // *Медицинский совет*. — 2018. — № 7. — С. 40–44.
20. Дубровина С.О. Гестагены в терапии эндометриоза / С.О. Дубровина, Ю.Д. Берлим // *Акушерство и гинекология*. — 2018. — № 5. — С. 150–155.
21. Дубровина С.О. Медикаментозное лечение боли, связанной с эндометриозом / С.О. Дубровина, Ю.Д. Берлим // *Акушерство и гинекология*. — 2019. — № 2. — С. 34–40.
22. Российское общество акушеров-гинекологов (РОАГ). Клинические рекомендации — Эндометриоз. — 2020.
23. Miyashit M. Dienogest reduces proliferation, aromatase expression and angiogenesis, and increases apoptosis in human endometriosis / M. Miyashit, K. Koga, M. Takamura // *Gynecol Endocrinol*. — 2014. — Vol. 30. — № 9. — P. 644–8.
24. De Paula A.M. Dienogest in the treatment of endometriosis: systematic review / A.M. de Paula, L.A. Lopes, E.C. Baracat, S. Podgaec // *Arch. Gynecol. Obstet*. — 2015. — Vol. 292. — № 3. — P. 523–529.
25. Dienogest, a synthetic progestin, inhibits prostaglandin E2 production and aromatase expression by human endometrial epithelial cells in a spheroid culture system / Shimizu Y., ets. // *Steroids*. — 2011. — Vol. 76. — № 1–2. — P. 60–7.

© Целкович Людмила Савельевна (l.s.tselkovich@samsmu.ru); Балтер Регина Борисовна (r.b.balter@samsmu.ru);
Борисова Лилия Исмаиловна (lilyavirt@yandex.ru); Ибрагимова Алина Ришатовна (a.r.ibragimova@samsmu.ru);
Иванова Татьяна Владимировна (t.v.ivanova@samsmu.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВЛИЯНИЕ ГОРМОНОВ ГИПОФИЗА И ГИПОТАЛАМУСА НА ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ ЖЕЛУДКА

THE EFFECT OF PITUITARY AND HYPOTHALAMUS HORMONES ON THE FUNCTIONAL ACTIVITY OF THE STOMACH

**Yu. Chasovskikh
K. Volkov
M. Dubrovskaya
M. Polidanov
A. Kravchenya
D. Kravchenya**

Summary. In the conditions of the modern world, where emergencies are becoming more and more common, the organization of hospital work in such conditions is an urgent problem. Emergencies can be caused by various factors such as natural disasters, terrorist attacks or pandemics. In such cases, hospitals must be prepared to function in an efficient and organized manner to provide the necessary care to the victims. This article discusses the organizational and clinical aspects of hospital operations in emergency situations. Recommendations for improving the efficiency and preparedness of medical organizations are offered, and the plans of action of medical personnel during civil defense and emergency situations are described in detail.

Keywords: pituitary hormones, hypothalamic hormones, gastric functional activity, biliary dysfunction, APUD system, hypothalamic-pituitary system, thyroid gland, adrenal cortex.

Чесовских Юлия Сергеевна

к.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный
медицинский университет им. В.И. Разумовского»
Минздрава России

Волков Кирилл Андреевич

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России
KvoLee@yandex.ru

Дубровская Марина Андреевна

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский
университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России

Полиданов Максим Андреевич

врач-ординатор-акушер-гинеколог,
ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский
центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России,
г. Санкт-Петербург;

лаборант, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный
медицинский университет им. В.И. Разумовского»

Минздрава России;

лаборант, аспирант, Филиал частного учреждения
образовательной организации высшего образования
«Медицинский университет «Реавиз» в городе Саратов
(Саратовский медицинский университет «Реавиз»)

maksim.polidanoff@yandex.ru

Кравченя Алия Римовна

к.м.н., доцент, доцент, ФГБОУ ВО Саратовский
государственный медицинский университет
имени В.И. Разумовского Минздрава России
врач — детский эндокринолог, ГУЗ «Саратовская
областная детская клиническая больница»

Кравченя Данила Сергеевич

ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского
Минздрава России

Аннотация. В современном мире изучение механизмов влияния гормонов на функциональную активность организма является одним из наиболее приоритетных направлений. К сожалению, вопросы влияния эндокринной системы на работу организма изучены мало. В связи с этим в данной статье более подробно рассматриваются вопросы влияния гормонов гипофиза и гипоталамуса на функциональную активность желудка для поиска новых способов лечения и профилактики билиарной дисфункции. Так, в гипоталамусе располагается один из уровней пищеварительного центра, который влияет на активность APUD-системы: диффузные клетки эндокринной системы, которые располагаются в собственной пластинке слизистой оболочки желудка. В свою очередь, тропные гормоны гипофиза влияют на работу желудка опосредованно: через тиреоидные гормоны щитовидной железы и гормоны коры надпочечников — глюкокортикоиды.

Ключевые слова: гормоны гипофиза, гормоны гипоталамуса, функциональная активность желудка, билиарная дисфункция, APUD-система, гипоталамо-гипофизарная система, щитовидная железа, кора надпочечников.

Введение

Исследование механизмов, контролирующих деятельность желудка при взаимодействии различных факторов, необходимо прежде всего для поиска и внедрения в практику гастроэнтерологии новых методов профилактики и лечения расстройств желудочно-кишечного тракта. Так, достоверно известно, что влияние на организм патогенных факторов окружающей среды приводит к серии скоординированных реакций, направленных на предотвращение аверсивного эффекта и поддержание или восстановление гомеостаза организма [1]. В ответ на неблагоприятные факторы из паравентрикулярного ядра высвобождается кортикотропин-рилизинг фактор (КРФ), основной медиатор стрессовых реакций, что приводит к активации гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальной оси и координации эндокринной, вегетативной, поведенческой и иммунной реакций на стресс [2, 3]. В регуляции стрессового ответа участвуют и другие нейропептиды, высвобождающиеся скоординированным образом [4].

Однако, помимо развития адаптивных физиологических, полезных реакций, могут развиваться и патологические, нежелательные соматические и психические реакции, в том числе: повреждение слизистой оболочки желудка, эрозии и язвы [5]. Механизм стрессового повреждения слизистой желудка до конца не изучен, однако, в ответ на стресс активируются как повреждающие, так и защитные механизмы слизистой [6–8]. Снижение циркуляции слизистой оболочки вследствие перераспределения кровотока от висцеральной области к жизненно важным органам, по-видимому, является основным механизмом повреждения слизистой оболочки желудка. Гипоперфузия слизистой может привести к ишемии слизистой, образованию свободных радикалов и гипомоторике желудка. С другой стороны, некоторые нейропептиды, связанные со стрессом, такие как CRF, SP, N/OFQ, опиоиды, окситоцин и пролактин, как сообщается, подавляют вызванное стрессом и другими ультракороткими стимулами поражение слизистой оболочки независимо от их влияния на другие механизмы, связанные со стрессом [9–11]. Следовательно, нейропептиды, высвобождающиеся во время стресса, помимо своих многочисленных физиологических и патофизиологических функций, могут запускать адаптивные механизмы, а также противодействовать стресс-индуцированному повреждению слизистой оболочки желудка [12].

Однако, к сожалению, на сегодняшний день наблюдается резкое увеличение распространенности гастродуоденальной дисфункции, а также расширение ее возрастных границ.

В настоящее время проблема гастродуоденальной дисфункции широко обсуждается в мировой литерату-

ре, и, по нашему мнению, исследование механизмов её возникновения, будет далеко не полным, если оставить без должного внимания влияние гормонов центральных желез внутренней секреции: гипофиза и гипоталамуса.

В связи с этим, целью настоящего обзора стало изучение влияния гормонов гипофиза и гипоталамуса на функциональную активность желудка.

Материалы и методы

Проанализированы научные исследования, посвященные вопросам влияния гормонов центральных желез внутренней секреции гипофиза и гипоталамуса на функциональную активность желудка. Анализ проведен на основе различных баз данных, среди которых можно выделить Scopus, Web of Science, MedLine, Science Direct, PubMed и научная электронная библиотека eLIBRARY.ru, использовав следующие ключевые слова: «гормоны гипофиза», «гормоны гипоталамуса», «функциональная активность желудка», «билиарная дисфункция», «APUD-система», «гипоталамо-гипофизарная система», «щитовидная железа», «кора надпочечников». В результате было отобрано 227 статей на английском, испанском и русском языках, причем, примечательно, что за последние 5 лет было найдено всего 16 публикаций посвященные влиянию гормонов гипофиза и гипоталамуса на работу желудочно-кишечного тракта, а первая работа, посвящённая данной проблеме, датируется 1973 годом. Методы исследования — аналитический метод и метод обобщения.

Результаты

Известно, что гипоталамус и гипофиз занимают исключительное положение в эндокринной системе. Гипофиз расположен в гипофизарной ямке турецкого седла в основании черепа. Является сложным органом по строению. В нем различают: аденогипофиз — передняя и средняя доли и нейрогипофиз — задняя доля. В аденогипофизе продуцируются гормоны, которые контролируют работу остальных желез эндокринной системы. Однако в причинах гастродуоденальной дисфункции наибольшую роль играют: тиреотропный гормон (тиреотропин) и адренкортикотропный гормон (кортикотропин). Тиреотропный гормон стимулирует работу протеолитических ферментов, которые влияют на расщепление тиреоглобулина и высвобождение из него тироксина (Т4) и трийодтиронина (Т3).

В свою очередь влияние гормонов щитовидной железы на работу желудка трудно переоценить. В ходе различных исследований [13,14] было обнаружено, что функциональная активность данной железы внутренней секреции имеет непосредственное влияние на питание и поддержание нормальной анатомической и гистоло-

гической структуры слизистой оболочки желудка. Так, при гипотиреозе происходит нарушение в работе сфинктеров желудка: кардиального и пилорического. Кроме того, при тиреотоксикозе больных в 30 % случаев наблюдается снижение секреторной активности желудка. Более того, в 60 % случаев встречается гипохлоргидрия, а в 43 % — ахлоргидрия.

Адренокортикотропный гормон контролирует активность сетчатой зоны коры надпочечников, которые вырабатывают гормоны глюкокортикоиды. Они, в свою очередь, напрямую влияют на функциональную активность желудка. Так, при расстройствах гипофизарно-надпочечниковой системы происходят функционально-морфологические изменения слизистой оболочки желудка с нарушением его секреторной деятельности. К тому же, глюкокортикоиды оказывая трофическое воздействие на секреторную клетку, также влияют на метаболизм и синтез продуктов секреторного эпителия желудка.

Взаимоотношения между гипоталамусом и гипофизом (называемые гипоталамо-гипофизарной системой) представляют собой систему с обратной связью. Гипоталамус — область головного мозга, ограниченная зрительным перекрестом, зрительным трактом и внутренним краем ножек головного мозга, а также задним продырявленным пространством. В нем расположено 32 пары ядер, гуморальным путем через портальную систему связан с аденогипофизом. В гипоталамусе вырабатывается 2 типа гормонов: нейропептиды и гонадолиберины. Нейропептиды подразделяются на либерины, которые оказывают активирующий эффект, и статины, оказывающие ингибирующий эффект. Гонадолиберины, действуя через фосфатидилинозитольный комплекс, через посредников активируют экзоцитоз и, следовательно, секрецию гормонов. Кроме того, в гипоталамусе находится один из уровней пищеварительного центра, который образован группами ядер. При активации латеральных ядер наблюдается гиперфагия — усиленное потребление пищи, в то время как разрушение данных ядер влечет к афагии — отказу от пищи. В вентромедиальных ядрах гипоталамуса располагается центр насыщения, который стимулирует ограничение употребления пищи или полному отказу от нее, за счёт провоцирования потребления пищи по механизму внутриклеточной

глюкопении, в следствие снижения активности нейронов на уровне центра насыщения [15]. Кроме того, сенсорные влияния регулируются вкусовыми качествами пищи, поскольку положительная гедонистическая оценка пищи и потребность в энергии указывает на среднее количество пищевой энергии, необходимое для баланса энергетических затрат [16].

Однако не стоит забывать, что в слизистой оболочке желудка имеются эндокринные клетки, которые вырабатывают гастроинтестинальные гормоны (регуляторные пептиды, энтерины): соматостатин, вазоактивный интестинальный пептид (ВИП), гастрин, гастрон, бульбогастрон, серотонин, гистамин [17]. Данные клетки относятся к диффузной эндокринной системе, которая контролируется деятельностью гипоталамуса. Таким образом при раздражении рецепторов, которые сигнализируют о поступлении пищи, происходит активация гипоталамического уровня пищеварительного центра. Он в свою очередь оказывает совместно с продуцируемыми гормонами активизирующий эффект на апудоциты (клетки диффузно-нейроэндокринной системы (APUD-системы)), приводя к стимуляции функциональной активности желудка, посредством синтеза, накопления и секретирования биогенных амины и/или пептидных гормонов [18].

Заключение

Изучив влияние гормонов гипофиза и гипоталамуса на функциональную активность желудка, мы выяснили, что наиболее важное значение оказывают тиреотропин и кортикотропин, вырабатываемые аденогипофизом, а также гормоны, вырабатываемые гипоталамусом, оказывающие влияние на клетки диффузной эндокринной системы, воздействуя на анатомо-гистологическое строение слизистой оболочки желудка и его секреторную функцию. Таким образом, влияние гормонов центральных желез внутренней секреции является важной составляющей нормальной функциональной деятельности желудка.

Кроме того, голодание может активировать гипоталамическую АМРК-аутофагию и подавлять экспрессию РОМС через гормоны желудочно-кишечного тракта для смягчения гиперкатаболизма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брыксина З.Г., Сапин М.Р., Чава С.В. Анатомия человека. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2012; 424 с.
2. Гайворонский И.В., Ничипорук Г.И. Анатомия центральной нервной системы. СПб.: ЭЛБИ-СПб. 2010; 104 с.
3. Ерофеев Н.П., Парийская Е.Н. Физиология эндокринной системы. М.: СпецЛит. 2013; 80 с.
4. Ерофеев Н.П. Физиология центральной нервной системы. 2-е изд., доп. и перераб. Санкт-Петербург: СпецЛит. 2017; 176 с.
5. Киричук В.Ф., Иванов А.Н. Регуляция функций организма. Часть 2. Гуморальная регуляция. Изд-во Саратовского гос.мед. ун-та. 2012; 111 с.
6. Парийская Е. Н. Физиология эндокринной системы: Санкт-Петербург: СпецЛит. 2013; 80 с.

7. Кравченя А.Р., Трушина О.В., Полиданов М.А., Кравченя Д.С. Псевдогипопаратиреоз как итог дифференциальной диагностики (клинический случай). Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2023; 2-2: 182–184.
8. Кравченя А.Р., Полиданов М.А., Кондрашкин И.Е., Тяпкина Д.А., Кравченя Д.С. Клиническая картина псевдогипопаратиреоза и связанных с ним расстройств. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022; 12: 177–180.8.
9. Мирошниченко И.В. Физиология диффузной эндокринной системы (АПУД-системы). Оренбург: ОргМУ. 2023; 174 с.
10. Алипов В.В., Тахмезов А.Э., Полиданов М.А., Мусаелян А.Г., Кондрашкин И.Е., Волков К.А., Алипов А.И. Улучшение результатов лечения и диагностики послеоперационных осложнений в абдоминальной хирургии с применением многофункционального устройства. Медицинская наука и образование Урала. 2023; 24 (1 (113)): 67–71.
11. Gyires K, Feher A. Stress, Neuropeptides and Gastric Mucosa. *Curr Pharm Des.* 2017; 23(27): 3928–3940.
12. Malachias, M.V.B.; Gomes, M.A.M.; Nobre, F.; Alessi, A.; Feitosa, A.D.; Coelho, E.B. 7th Brazilian Guideline of Arterial Hypertension: Chapter 2 — Diagnosis and Classification. *Arq. Bras. Cardiol.* 2016; 107(3): 7–13.
13. Prieto, M.C.; Gonzalez, A.A.; Visniauskas, B.; Navar, L.G. The evolving complexity of the collecting duct renin–angiotensin system in hypertension. *Nat. Rev. Nephrol.* 2021; 17(7): 481–492.
14. Arendse, L.B.; Jan Danser, A.H.; Poglitsch, M. Novel therapeutic approaches targeting the renin–angiotensin system and associated peptides in hypertension and heart failure. *Pharmacol. Rev.* 2019; 71(4): 539–570.
15. Singh, K.D. Karnik, SS Angiotensin Type 1 Receptor Blockers in Heart Failure. *Curr. Drug Targets.* 2019; 21(2): 125–131.
16. Malachias, M.V.B.; Paulo César Veiga Jardim, P.C.V.; Almeida, F.A.; Lima Júnior, E.; Feitosa, G.S. Pharmacological treatment. *Arq. Bras. Cardiol.* 2016; 107(3): 35–43.
17. Sparks, M.A.; Crowley, S.D.; Gurley, S.B.; Mirotsoy, M.; Coffman, T.M. Classical renin–angiotensin system in kidney physiology. *Compr. Physiol.* 2014; 4(3): 1201–1228.
18. Lau, J.; Rousseau, J.; Kwon, D.; Bénard, F.; Lin, K.S. A systematic review of molecular imaging agents targeting bradykinin B1 and B2. *Compr. Physiol.* 2019; 5 (3): 1201–1214.

© Чесовских Юлия Сергеевна; Волков Кирилл Андреевич (KvoLee@yandex.ru); Дубровская Марина Андреевна; Полиданов Максим Андреевич (maksim.polidanoff@yandex.ru); Кравченя Алия Римовна; Кравченя Данила Сергеевич
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

Наши авторы

Abrahamyan A. — Candidate of Medical Sciences, senior researcher at the Department of Vascular Surgery; Petrovsky National Research Center of Surgery, Moscow

Anosov V. — Candidate of Medical Sciences, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Avzaletdinov A. — MD, Professor, GBOU VPO Bashkir State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Azbukina L. — Doctor of Medical Sciences, Professor, T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University, Tiraspol, Moldova

Balter R. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Samara State Medical University

Basarbolieva Zh. — Candidate of Medical Sciences, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov» of the Ministry of Health of the Russian Federation.

Bitvutsky S. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Russian University of Cooperation, Mytishchi, Russia

Bogdanov R. — Technical Institute (branch) of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov», Neryungri

Bordey R. — Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer, Surgut State University; Leading Researcher, Scientific Center for Ecology of Natural Complexes, Surgut

Borisova L. — Applicant, Samara State Medical University

Chasovskikh Yu. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky, Ministry of Health of the Russian Federation

Cherepenin V. — Graduate student, M.I. Platov South Russian State Polytechnic University (NPI) (Novocherkassk)

Cherevatova T. — Candidate of Economic Sciences, Associate Professor Federal State Educational Institution of Higher Education «Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of Russia named after Lieutenant General D.I. Mikhaylik»

Our authors

Chernyakov A. — Candidate of Medical Sciences, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Chernykh Yu. — Moscow State Technical University names Bauman

Chi Hee Won — St. Petersburg State Pediatric Medical University

Danilko K. — Candidate of biological sciences, associate professor, Bashkir State Medical University (Ufa)

Dubrovskaya M. — Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky, Ministry of Health of the Russian Federation

Efremova T. — Docent, candidate of technical sciences, Balakovo Institute of Engineering and Technology of the National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Balakovo, Russia

Egorova E. — Bashkir State Medical University

Emelianov A. — graduate, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the «Technological University named after twice Hero of the Soviet Union, pilot-cosmonaut A.A. Leonov», Korolev, Moscow region

Eneeva A. — Assistant, Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov

Ermilov M. — senior lecturer, Russian University of Cooperation, Mytishchi, Russia

Fedulova A. — St. Petersburg State Pediatric Medical University

Fuzailova K. — St. Petersburg State Pediatric Medical University

Gashev S. — Doctor of Biological Sciences, Professor, Tyumen State University

Gavrilenko A. — Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Vascular Surgery, Petrovsky National Research Center of Surgery, Moscow

Gibadullin R. — Thoracic surgeon, Clinic of Bashkir State Medical University

Glamazdin I. — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Russian Biotechnological University

Goncharova N. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Yaroslavl State Medical University» of the Ministry of Health of Russia

Gorlova K. — Graduate student, assistant, MIREA — Russian Technological University

Goryachkin B. — candidate of technical Sciences, associate Professor, Moscow State Technical University names Bauman

Gromova E. — National Research Mordovian State University, Saransk, Russia

Gubanov D. — Assistant, Tambov State University named after G.R. Derzhavin

Gubanova K. — Assistant, Tambov State University named after G.R. Derzhavin

Guley Yu. — Graduate student, Ulyanovsk State University

Gulyaev I. — Volgograd State Technical University

Ibragimova A. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Samara State Medical University

Ivankov V. — Graduate student, Russian State University of National Economy named after V.I. Vernadsky

Ivanov A. — Postgraduate student, Tyumen State University

Ivanova M. — Candidate of Biological Sciences, Docent, Tyumen State University

Ivanova T. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Samara State Medical University

Kamalova M. — St. Petersburg State Pediatric Medical University

Kamyshova E. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov

Kaygorodtseva N. — Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Omsk State Technical University

Kazantseva S. — Graduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Bashkir State Medical University (Ufa)

Keshyan E. — Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Khusainova Kh. — leading specialist, obstetrician-gynecologist, multidisciplinary medical clinic «Uzmed»

Kirdyashkina O. — FGBOUVO Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evsyev, Saransk

Klimshin I. — Postgraduate student, Tyumen State University

Komusova O. — FGBOU VO Mordovian State Pedagogical University named after M.E. Evsyev, Saransk

Korenkova T. — Moscow State Technical University names Bauman

Korolevskaya A. — St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry

Kozhevnikov I. — Product Manager/Head of Analytics, Application Integration Center LLC

Kravchenya A. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, V.I. Razumovsky Saratov State Medical University of the Ministry of Health of Russia; pediatric endocrinologist, Saratov Regional Children's Clinical Hospital

Kravchenya D. — V.I. Razumovsky State Medical University of Saratov

Kudryavtseva L. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Russian University of Cooperation, Mytishchi, Russia

Kuziev I. — Tambov State University named after G.R. Derzhavin

Latypov F. — Thoracic surgeon, Clinic of Bashkir State Medical University

Leonova O. — Candidate of Technical Science, Associate Professor, associate professor, Saint-Petersburg State University Architecture and Civil Engineering

Lisitsky D. — Doctor of Medical Sciences, cardiovascular surgeon, City Clinical Hospital № 29 named after N.E. Bauman, Moscow

Lozhkina-Gametskaya N. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Surgut State Pedagogical University

Makolkin A. — obstetrician-gynecologist of the highest category, reproductive specialist, leading specialist at the Delta Fertility clinic, St. Petersburg

Malashenko V. — doc. honey. Sciences, prof., Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Yaroslavl State Medical University» of the Ministry of Health of Russia

Malievsky V. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Bashkir State Medical University (Ufa)

Maslennikov A. — Candidate of Medical Sciences, Bashkir State Medical University

Moiseeva E. — Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer, Surgut State Pedagogical University

Motkov A. — Senior Lecturer, Balakovo Institute of Engineering and Technology of the National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Balakovo, Russia

Nazarova L. — Bashkir State Medical University (Ufa)

Nguyen Vuong Anh — State Fire Service Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia

Nochnoy M. — Resident doctor of the Department of Hospital Surgery, N.V. Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), Moscow

Olkhovaya A. — Post-graduate student, Moscow City University

Ovchinnikov S. — State budgetary healthcare institution of the city of Moscow «City Clinical Hospital No. 15 named after O.M. Filatov» of the Moscow Department of Health

Pavlov B. — Assistant, Tambov State University named after G.R. Derzhavin

Pavlov V. — Rector, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Bashkir State Medical University

Perfileev M. — Researcher, East-Siberian branch of All-Russian Research Institute for Physico-Technical and Radiotechnical Measurements, Russia, Irkutsk

Pokazaneva P. — Postgraduate student, Tyumen State University

Polidanov M. — resident obstetrician-gynecologist, V.A. Almazov National Medical Research Center, Russian Ministry of Health, St. Petersburg; Laboratory Technician, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky of the Ministry of Health of the Russian Federation; lab technician, postgraduate student, «Medical

University «Reaviz» in the city of Saratov (Saratov Medical University «Reaviz»), Saratov, Russian Federation

Potekhin S. — Postgraduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation», Moscow

Rossolko D. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University

Safullin I. — St. Petersburg Mining University of Empress Catherine II

Samokhina V. — Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Technical Institute (branch) of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov», Neryungri

Savina L. — Postgraduate student, Bashkir State Medical University

Serkezyuk V. — Graduate student, M.I. Platov South Russian State Polytechnic University (NPI) (Novocherkassk)

Severtsev A. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Shabanova I. — Volgograd State Technical University

Shabatukova M. — Assistant, Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov

Shchegolev S. — Docent, candidate of technical sciences, Balakovo Institute of Engineering and Technology of the National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Balakovo, Russia

Shurupov A. — Ph. D., Associate Professor, Russian University of Cooperation, Mytishchi, Russia

Shvetsova V. — Candidate of Technical Science, associate professor, Saint-Petersburg State University Architecture and Civil Engineering

Sidorova Yu. — Graduate student, Ulyanovsk State University

Simakina A. — Irkutsk Medical State University

Sirazhitdinov A. — Chief Executive Officer, CleanEngin LLC- Go Digital.

Smirnov D. — Cadet, Federal State Educational Institution of Higher Education «Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of Russia named after Lieutenant General D.I. Mikhaylik»

Sukhoverkhov V. — Volgograd State Technical University

Surkova L. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, National Research Moscow State Construction University, Moscow

Toichkin N. — candidate of technical sciences, associate professor, Murmansk Arctic university, Apatity, Russia

Tselkovich L. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Samara State Medical University, Russia

Vaganov A. — Candidate of Medical Sciences, surgeon, City Clinical Hospital № 29 named after N.E. Bauman, Moscow

Vardanyan D. — Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Vinogradov N. — Murmansk Arctic university, Apatity, Russia

Volkov K. — Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky, Ministry of Health of the Russian Federation

Vorobiev T. — resident doctor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Yaroslavl State Medical University» of the Ministry of Health of Russia

Vorobyov S. — Docent, M.I. Platov South Russian State Polytechnic University (NPI) (Novocherkassk)

Voronin I. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Tambov State University named after G.R. Derzhavin,

Werkner A. — Graduate student, assistant, MIREA - Russian Technological University

Wildanov T. — Thoracic surgeon, Clinic of Bashkir State Medical University

Yakovlev P. — D. Sc, Professor, St. Petersburg Mining University of Empress Catherine II

Yashchuk A. — MD, PhD, DSc, professor, Bashkir State Medical University

Zhang Nan — Postgraduate, Federal State Budgetary Educational Institution higher education Russian Biotechnological University

Zheltova A. — Undergraduate, Moscow State Technical University names Bauman

Zhetishev R. — Doctor of Medical Sciences, professor, Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov

Zhetisheva I. — Candidate of Medical Sciences, Associate professor, Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov

Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе «Антиплагиат».

За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Редакционная коллегия оста вляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно-практический журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением “.doc”, или “.rtf”, шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускается.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Литература составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные — 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» (e-mail: redaktor@nauteh.ru).