

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 2 2024 (ФЕВРАЛЬ)

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>

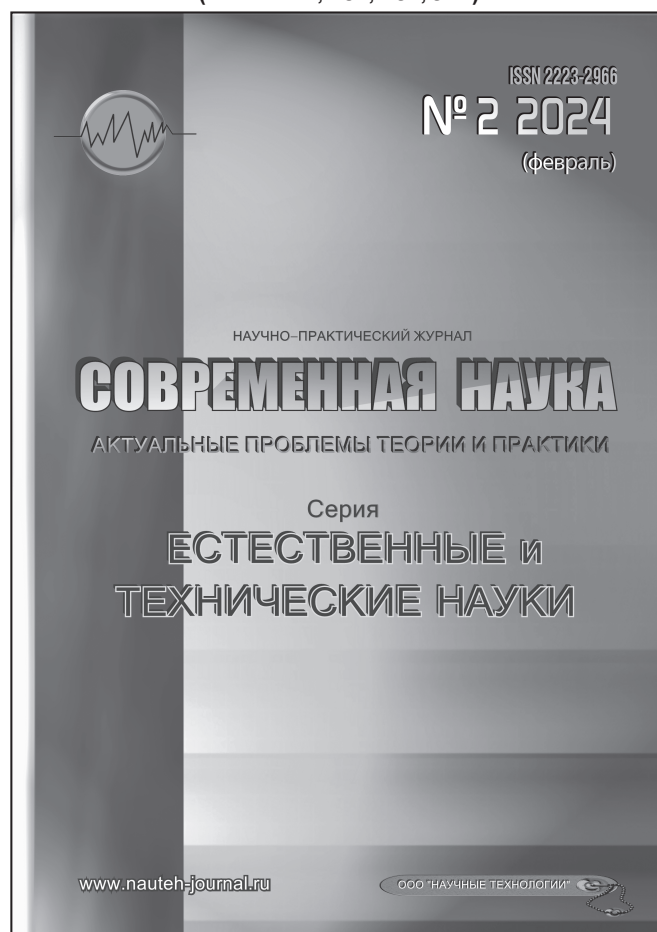
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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 25.02.2024 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

Бахшалиева К.Ф., Томуева Г.А., Ширинова Г.Ф., Арабова Г.К., Агаева З.Т. — Фитотоксическая активность эндогенных и экзогенных метаболитов грибов, выделенных из различных биотопов Азербайджана

Bakhshaliyeva K., Tomuyeva G., Shirinova G., Arabova G., Agayeva Z. — Phytotoxic activity of endogenous and exogenous metabolites of fungus isolated from various biotopes of Azerbaijan7

Бебякова Н.А., Левицкий С.Н., Жиборт Е.Л., Кубасова Е.Д., Сумарокова А.В. — Состояние пигментного комплекса одуванчика лекарственного (*taraxacum officinale* L.) как биоиндикатора антропогенной нагрузки территории на примере города Архангельска

Bebyakova N., Levitsky S., Zhibort E., Kubasova E., Sumarokova A. — State of the pigment complex of *taraxacum officinale* L. as a bioindicator of the anthropogenic load of the territory on the example of the city of Arkhangelsk11

Чуенко Н.Ф. — Комнатные растения и их роль в улучшении воздушной среды в помещении

Chuenko N. — Indoor plants and their role in improving the indoor air environment15

Информатика, вычислительная техника и управление

Батанов А.О., Русяков А.А., Полетаев В.А. — Современные подходы к управлению информационными системами: семиотика, трекинг и нейронные сети

Batanov A., Ruslyakov A., Poletaev V. — Modern approaches to information systems management: semiotics, tracking and neural networks in synergy 19

Бикбулатов Р.И., Сафин М.А. — Прототипирование программного продукта для автоматизации расчета параметров греющего провода при зимнем бетонировании

Bikbulatov R., Safin M. — Prototyping of a software product for automation of calculation of parameters of the heating wire during winter concreting26

Бикбулатов Р.И., Сафин М.А. — Автоматизация задач обнаружения и устранения пожаров с использованием беспилотных летательных аппаратов

Bikbulatov R., Safin M. — Automation of fire detection and elimination tasks using unmanned aircraft33

Бирюков М.А., Панферова В.С., Мурашев И.Д. — Разработка имитационной модели дорожного перекрестка города Москвы и проведение оптимизационного эксперимента в AnyLogic

Biryukov M., Panferova V., Murashev I. — Development of simulation model of a Moscow road intersection and conducting an optimization experiment in AnyLogic37

Блощинский В.Д., Шалобанов С.В. — Влияние устойчивости изоморфных динамических моделей на различимость параметрических дефектов в непрерывных САУ

Bloshchinskiy V., Shalobanov S. — The effect of isomorphic dynamic models' stability on the distinguishability of parametric defects in continuous ACS43

Верезубова Н.А., Чекулаев А.А., Верезубова И.Н. — Нейросеть Stable Diffusion: особенности архитектуры

Verezubova N., Chekulaev A., Verezubova I. — Stable Diffusion neural network: architecture features51

Данилюк С.С., Марков А.Д., Дончук А.И. — Обеспечение защиты информации в операционной системе AstraLinux

Danilyuk S., Markov A., Donchuk A. — Ensuring information protection in the Astra Linux operating system57

Кабиров А.Н., Вольф А.А., Забоева М.И., Аль-Хамзах Абдулнасер Файсал — Численное моделирование процесса образования АСПО в скважине

Kabirov A., Wolf A., Zaboieva M., Al-Hamzah Abdunaser Faisal — Numerical modeling of the formation of asphalt, resin and paraffin deposits in a well62

- Краснов А.Е., Сапогов А.А.** — Развитие методов декомпозиции и нелинейного агрегирования
Krasnov A., Sapogov A. — Development of decomposition and nonlinear aggregation methods66
- Лебедев К.А., Шаталова А.Ю.** — Системы автоматического управления ростом кристаллов методом Чохральского под управлением непрерывного ПИД регулятора
Lebedev K., Shatalova A. — Systems for automatic control of crystal growth by the Chochral'ski method under the control of a continuous PID regulator ...71
- Лозовой С.В.** — Интеллектуальная модель защиты информации на нефтяных и газовых месторождениях
Lozovoy S. — An intelligent information security model for oil and gas fields78
- Моисеенко В.О.** — Перспективы создания единой информационно-аналитической базы с использованием защищенных облачных технологий для проведения разведывательных операций
Moiseenko V. — Prospects for creating a unified information and analytical base using secured cloud technologies for intelligence operations.....84
- Мусин Н.М., Леонов П.Ю.** — Архитектурные преимущества использования системы 1С:ERP в рамках процесса импортозамещения
Musin N., Leonov P. — The architecture advantages of 1С:ERP use in frame of the import substitution process88
- Мусина А.В., Леонов П.Ю.** — Оценка практического опыта работы сотрудников с BI-системами для выявления тенденция развития BI-продуктов
Musina A., Leonov P. — Practical experience assessment of working with BI-systems employees for identification of BI-products development trend ...96
- Сулимов Д.А.** — Прогнозирование голов в футболе на основе искусственного интеллекта
Sulimov D. — Ai-driven prediction for goal scoring in football 106
- Худасова О.Г.** — Разработка симуляционного медицинского комплекса как технологического средства обучения
Hudasova O. — Development of a simulation medical complex as a technological training tool . 109
- Черепенин В.А., Серкезюк В.Р., Воробьев С.П.** — Роль математических моделей в современном сельском хозяйстве
Cherepenin V., Serkezyuk V., Vorobyov S. — The role of mathematical models in modern agriculture 114
- Чернышова Т.В., Чернышова Е.А., Титков А.А.** — Оптимальный подход к обучению нейронных сетей для целей промышленного производства и автоматизации
Chernyshova T., Chernyshova E., Titkov A. — The optimal approach to training neural networks for industrial production and automation purposes.. 118
- Клиническая медицина
- Азизова Д.А., Хаирутдинова А.Р.** — Эффективность применения ботулинического нейротропина при комплексном лечении рецессии десны в стоматологии
Azizova D., Khairutdinova A. — The effectiveness of botulinum neuroprotein in the complex treatment of gum recession in dentistry 122
- Алрхаия И., Красноглазова К.А., Радаева О.А., Искандярова М.С., Гурбанов А.В., Негоднова Е.В., Еремеев В.В.** — Цитокины в патогенезе воспалительных заболеваний кишечника
Alrhaya I., Krasnoglazova K., Radaeva O., Iskandiyarova M., Gurbanov A., Negodnova E., Ereemeev V. — Cytokines in the pathogenesis of inflammatory bowel diseases 125
- Ахмедова С.Р., Омаров Н.С.-М., Хашаева Т.Х., Дудуева М.В.** — Патогенез и стратегии лечения эндометриоза
Ahmedova S., Omarov N., Hashaeva T., Dudueva M. — Pathogenesis and treatment strategies for endometriosis..... 129
- Аширов О.В., Сторожева В.М., Гаркуша Н.О., Горохова А.В., Ивахненко П.И., Калиберденко В.Б.** — Эпигенетическая регуляция и мутации DNMT3A: влияние на развитие и прогноз гематологических злокачественных новообразований
Ashirov O., Storojeva V., Garkusha N., Gorokhova A., Ivakhnenko P., Kaliberdenko V. — Epigenetic regulation and DNMT3A mutations: impact on the development and prognosis of hematological malignants 133

- Бакушев А.П.** — Диагностика повреждений стенок глазниц
Bakushev A. — Diagnostics of damage to the walls of the orbits 139
- Вокулова Ю.А., Жулев Е.Н., Янова Н.А., Жданова М.Л., Плишкина А.А., Вельмакина И.В., Гукасян Т.Н.** — Результаты изучения реакции пародонта опорных зубов при применении несъемных конструкций протезов, изготовленных цифровым и традиционным методами
Vokulova J., Zhulev E., Yanova N., Zhdanova M., Plishkina A., Velmakina I., Ghukasyan T. — The results of studying the periodontal reaction of the supporting teeth when using non-removable prosthesis structures made by digital and traditional methods 143
- Джанибекова Ш.С., Матевосян И.Э., Прохорович Т.И., Коновалова М.В., Васильев В.В.** — Протезирование клапанов сердца у женщин фертильного возраста: современные решения для улучшения перипартального и кардиоваскулярного прогноза
Dzhanibekova Sh., Matevosyan I., Prokhorovich T., Konovalova M., Vasiliev V. — Heart valve replacement in women of fertile age: modern solutions to improve peripartal and cardiovascular prognosis 147
- Жулев Е.Н., Вокулова Ю.А., Янова Н.А., Жданова М.Л., Плишкина А.А., Жданов С.Е., Гукасян Т.Н., Быкова К.В., Венералова А.Е.** — Персоналифицированная методика определения топографии нейтральной зоны протезного ложа беззубой челюсти
Zhulev E., Vokulova J., Yanova N., Zhdanova M., Plishkina A., Zhdanov S., Gukasyan T., Bykova K., Veneralova A. — Personalized methodology for determining the topography of the neutral zone of the denture bed of the toothless jaw 152
- Комиссарова Д.Д., Юрьева С.В., Попова Н.В., Юрьева А.И.** — Практика назначения гиполипидемической терапии пациентам очень высокого сердечно-сосудистого риска
Komissarova D., Iureva S., Popova N., Iureva A. — The practice of prescribing lipid-lowering therapy to patients with very high cardiovascular risk 158
- Матевосян И.Э., Прохорович Т.И., Коновалова М.В., Джанибекова Ш.С., Васильев В.В.** — ТЭЛА у беременных женщин. Современный взгляд на проблему
Matevosyan I., Prokhorovich T., Konovalova M., Dzhanibekova Sh., Vasiliev V. — TELA in pregnant women. A modern view at the problem 163
- Мякушин С.С., Теричев А.Е.** — Обзор современных методов онкопластики после мастэктомии
Myakushin S., Terichev A. — Review of modern methods of oncoplasty after mastectomy 168
- Парамонова Д.С., Тюрин Н.А., Плешкова К.И., Давыдова Е.А.** — Структура осложнений медикаментозного и искусственного абортов у женщин в республике Мордовия
Paramonova D., Tyurina N., Pleshkova K., Davydova E. — The structure of complications of medical and artificial abortions in women in the republic of Mordovia 174
- Попов В.В., Рябая И.Н., Калайда М.К.** — Точка зрения на проблему фибрилляция предсердий у пациентов с ожирением
Popov V., Ryabaya I., Kalaida M. — Point of view at the problem of atrial fibrillation in obese patients 179
- Россолько Д.С., Рухляда Н.Н., Прохорович Т.И., Джанибекова Ш.С., Матевосян И.Э., Либова Т.А., Воробцова И.Н., Коновалова М.В.** — Острое расслоение аорты у беременных: литературный обзор
Rossolko D., Rukhlyada N., Prokhorovich T., Dzhanibekova Sh., Matevosyan I., Libova T., Vorobtsova I., Konovalova M. — Acute aortic distribution in pregnant women: literature review 184
- Россолько Д.С., Рухляда Н.Н., Прохорович Т.И., Джанибекова Ш.С., Матевосян И.Э., Либова Т.А., Витько Ю.А., Вертунова С.Ю.** — Селективная эндоваскулярная эмболизация при лечении миомы матки
Rossolko D., Rukhlyada N., Prokhorovich T., Dzhanibekova Sh., Matevosyan I., Libova T., Vitko Yu., Vertunova S. — Selective endovascular embolization in the treatment of uterine fibroids 189
- Теувов А.А., Базиев А.М., Теуникова И.С., Бавокова Д.А., Саидов М.З.** — Лапароскопическое лечение перфоративных язв желудка и двенадцатиперстной кишки
Teuvov A., Baziev A., Teunikova I., Bavokova D., Saidov M. — Laparoscopic treatment of perforative ulcers of the stomach and duodenal 194

Трусов Ю.А., Березовская К.И., Даутов А.С., Хисматуллин Р.Р., Суфиянова А.Ф., Салатов Я.С., Кахрамонов А.Б.У., Муминов Д.Д. — Роль мультикиназных ингибиторов в терапии рака щитовидной железы <i>Trusov Yu., Berezovskaya K., Dautov A., Khismatullin R., Sufiyanova A., Salatov Ya, Kahramanov A., Muminov D.</i> — The role of multikinase inhibitors in thyroid cancer therapy 198	<i>Shutov Yu., Atamanov K., Veryatin Ya., Shumkov O.</i> — New technologies in the treatment of patients with varicose disease at the stage of trophic disorders 205
Шутов Ю.М., Атаманов К.В., Верятин Я.А., Шумков О.А. — Новые технологии в лечении больных с варикозной болезнью в стадии трофических расстройств	Шутов Ю.М., Верятин Я.А., Атаманов К.В., Луканин А.Д., Шумков О.А. — Роль обогащенной тромбоцитами аутоплазмы и коррекции лимфооттока в восстановлении и регенерации тканей у больных венозной трофической язвой <i>Shutov Yu., Veryatin Ya., Atamanov K., Lukanin A., Shumkov O.</i> — Role of platelet-enriched autoplasm and correction of lymphoutflow in tissue restoration and regeneration in patients with venous trophic ulcers 211
	Наши авторы 217

ФИТОТОКСИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЭНДОГЕННЫХ И ЭКЗОГЕННЫХ МЕТАБОЛИТОВ ГРИБОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ БИОТОПОВ АЗЕРБАЙДЖАНА¹

PHYTOTOXIC ACTIVITY OF ENDOGENOUS AND EXOGENOUS METABOLITES OF FUNGUS ISOLATED FROM VARIOUS BIOTOPES OF AZERBAIJAN

K. Bakhshalieva
G. Tomueva
G. Shirinova
G. Arabova
Z. Agayeva

Summary. The conducted studies examined the phytotoxic activity of 110 strains of 40 species of fungi from various biotopes of Azerbaijan. It was revealed that among the registered fungi there are species whose metabolites exhibit both phytotoxic activity and a stimulating effect. Thus, exposure to fungi of the genus *Fusarium*, as well as *Alternaria* and *Verticillium*, reduces the germination of plant seeds by 34–60 %, while exposure to fungi belonging to the genus *Trichoderma* increases it by up to 15 %. Both the reducing and increasing effects of exogenous metabolites of all mushrooms have a higher quantitative index compared to endogenous metabolites.

Keywords: fungi, endogenous and exogenous metabolites, phytotoxic activity, stimulation.

Бахшалиева Конул Фаррух кызы

Доктор биологических наук, профессор,
Институт Микробиологии МНО АР, г. Баку
konul.baxsh@mail.ru

Томуева Гюнель Анар кызы

Институт Биоресурсов МНО АР, г. Гянджа
azmbi@mail.ru

Ширинова Гюльнар Фаган кызы

Научный сотрудник,
Институт Микробиологии МНО АР, г. Баку
shirinligulnar@gmail.com

Арабова Гюльтекин Кара кызы

Докторант, Институт Микробиологии МНО АР, г. Баку
gulu.arabova@mail.ru

Агаева Зарханым Тофик кызы

Докторант, Институт Микробиологии МНО АР, г. Баку
zarxanim.agayeva@gmail.com

Аннотация. В проведенных исследованиях изучена фитотоксическая активность 110 штаммов 40 видов грибов из различных биотопов Азербайджана. Выявлено, что среди зарегистрированных грибов есть виды, метаболиты которых проявляют как фитотоксическую активность, так и стимулирующее действие. Так, воздействие грибов рода *Fusarium*, а также *Alternaria* и *Verticillium*, снижает всхожесть семян растений на 34–60 %, в то время как воздействие грибов, принадлежащих к роду *Trichoderma*, повышает её до 15 %. Как снижающее, так и повышающее действие экзогенных метаболитов всех грибов имеет более высокий количественный показатель по сравнению с эндогенными метаболитами.

Ключевые слова: грибы, эндогенные и экзогенные метаболиты, фитотоксическая активность, стимуляция.

Введение

Грибы, являясь одной из групп организмов на Земле, представленной многочисленными видами, и распространяясь в различных условиях активно участвуют в таких процессах, как продукция и деструкция, тем самым играют важную роль в обеспечении периодичности круговорота веществ в природе [14,16]. С другой стороны, грибы, вызывая заболевания у различных организмов, активно участвуют в регуляции биологического разнообразия [17]. Таким образом, можно сказать, что грибы являются единственными организмами, активно участвующими во всех протекающих в природе экологических процессах и эти особенности лежат в основе

растущего к ним практического интереса [12]. В целом можно отметить, что на сегодняшний день получаемые из грибов продукты различного (пищевые, кормовые, медицинские и технические) назначения охватывают практически все сферы нашей жизни, и этот процесс сопровождается увеличением как количества, так и ассортимента производимой продукции. Так, использование грибов как источника того или иного продукта является безопасным с экологической точки зрения, выгодным с экономической точки зрения и несложным с технологической точки зрения.

На территории Азербайджана, имеющей богатую и красочную природу, грибы получили широкое рас-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда Науки Азербайджана — Гранта № AEF-MCG-2023-1(43)-13/10/3-M-10.

пространение и сюда относятся виды, принадлежащие ко всем таксономическим группам. С конца XX века они стали предметом определенных исследований, проводимых в различных, прежде всего систематических [15], физиолого-биохимических [6, 10] и биотехнологических [5] аспектах, с точки зрения поставленной цели разрешён ряд вопросов, выявлены открывающие перспективы активные продуценты — макромицеты [1–2]. Тем не менее, изученные в широком, особенно биотехнологическом, аспекте виды охватывают крайне малую часть типичной для Азербайджана микобиоты, в частности микромицетов, что может считаться недостаточным для раскрытия потенциала местной микобиоты, особенно как продуцентов биологически активных веществ (БАВ).

Поэтому целью представленной работы явилась оценка микромицетов, распространенных в различных биотопах на территории Азербайджанской Республики, как продуцентов биологически активных веществ различного действия.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования были отобраны грибы, обнаруженные в пробах почвы и растений, причем пробы, в основном, отобраны из Апшерон-Хызинского, Губа-Хачмазского и Гянджа-Товузского экономических районов согласно известным методам. Всего было отобрано 50 почвенных (относительно чистых, орошаемых, нефтезагрязненных), 70 растительных (из плодово-ягодных растений) проб [4, 7], из которых после микологического анализа получены чистые культуры грибов. Для определения чистоты культур использовали световой микроскоп с увеличением до 2500 раз. Для выделения культур и поддержания выделенных рабочих культур использовали стандартные питательные среды (агаризованное сусло, агар Сабуру, картофельный агар и др.).

При определении видового состава выделенных в чистую культуру грибов использовали классический подход, а видовая принадлежность устанавливалась согласно определителям [8, 13] на основании культурально-морфологических и физиологических признаков грибов.

При оценке выделенных культур как продуцентов БАВ использовали биомассу и культуральную жидкость (КЖ), полученные при выращивании грибов на среде Чапека в течение 5 дней в условиях глубинного культивирования. Первая, т.е. биомасса, использовалась как источник эндогенных, а КЖ — как источник экзогенных метаболитов. В качестве источника эндогенных метаболитов (ЭМ) использовали раствор, полученный [3] после промывки биомассы фосфатным буфером, измельчения её в тканевом измельчителе (3 раза в течении 3 минут) и центрифугирования (5000 об/мин, 10 мин).

Оценку фитотоксической активности проводили по влиянию на всхожесть семян растений, при этом использовали методический подход, использованный в нашей предыдущей работе [9], и активность выражали в % по количеству непроросших семян.

В ходе исследования все эксперименты проводились не менее чем в 4-х повторностях и полученные результаты статистически обрабатывались [3].

Полученные результаты

Из 150 проб почвы и растений выделено 110 чистых культур. При определении видового состава штаммов грибов выявлено, что они относятся к настоящим грибам (*Mycota* или *Fungi*) родов *Alternaria* (*A. alternata* — 3 штамма, *A. calendulae* — 3, *A. mali* — 2, *A. solani* — 2), *Aspergillus* (*A. awamori* — 3, *A. flavus* — 3, *A. niger* — 5, *A. ochraceus* — 3, *A. ustus* — 2), *Aureobasidium* (*A. pullulans* — 2), *Cephalosporium* (*C. terricola* — 4), *Chaetomium* (*Ch. cellulolyticum* — 5), *Fusarium* (*F. dimerum* — 3, *F. moniloforme* — 3, *F. oxysporium* — 3, *F. solani* — 3), *Gliocladium* (*G. roseum* — 3), *Mucor* (*M. hiemalis* — 3, *M. mucedo* — 3, *M. rasemosus* — 2, *M. ramosus* — 2), *Penicillium* (*P. brevicompactum* — 2, *P. chrysogenum* — 3, *P. cyclopium* — 2, *P. expansum* — 2, *P. lanosum* — 2, *P. rubrum* — 2, *P. terrestre* — 2), *Rhizopus* (*Rh. stolonifera* — 5), *Sordaria* (*S. alpine* — 3, *S. lappae* — 2), *Trichoderma* (*T. artroviride* — 2, *T. asperellum* — 3, *T. hamatum* — 3, *T. harzianum* — 2, *T. koningii* — 3, *T. longibrachiatum* — 3, *T. viridem* — 2), *Verticillium* (*V. dahile* — 3, *V. lateritum* — 2) Число видов грибов, принадлежащих к этим родам, равно 40.

В ходе исследований у выделенных грибов была изучена их фитотоксическая активность и полученные результаты показали, что экзогенные метаболиты изучаемых грибов, то есть КЖ, в той или иной степени обладают как фитотоксическим, так и стимулирующим действием (табл. 1). Как видно, различия наблюдаются не только в показателе фитотоксической активности экзогенных метаболитов, но и даже между штаммами, принадлежащими к одному виду, причем среди проверенных грибов есть виды, обладающие как токсической, так и стимулирующей активностью. Первые относились преимущественно к роду *Fusarium*, а также *Alternaria* и *Verticillium*, а вторые — к роду *Trichoderma*. Так, под действием КЖ, полученных из грибов рода *Fusarium*, всхожесть семян растений кукурузы, пшеницы, гороха и томата снизилась на 46–60 %, грибы рода *Alternaria* снижали всхожесть — на 34–42 %, а *Verticillium* — на 40–48 %. При использовании КЖ грибов рода *Trichoderma* не наблюдалось снижения всхожести используемых семян, а даже в отдельных случаях наблюдалась её стимуляция до 15 %.

В ходе изучения фитотоксической активности эндогенных метаболитов выявлено, что эндогенные ме-

Таблица 1.
Фитотоксическая активность КЖ грибов,
зарегистрированных в ходе исследования

№	Виды грибов (число штаммов)	Активность, (число проросших семян в сравнении с контролем, %)			
		Кукуруза	Пшеница	Горох	Томат
1	<i>Alternaria alternata</i> (3)	58–60	59–62	59–61	58–60
2	<i>A.calendulae</i> (3)	61–62	63–65	63–64	62–63
3	<i>A.mali</i> (2)	62–63	61–64	62–65	60–62
4	<i>A.solani</i> (2)	63–65	65–66	63–65	62–64
5	<i>Aspergillus awamori</i> (3)	83–85	81–84	83–86	84–86
6	<i>A.flavus</i> (3)	74–77	75–76	74–77	73–76
7	<i>A.niger</i> (5)	79–82	78–83	80–82	81–83
8	<i>A.ochraceus</i> (3)	76–80	75–79	77–80	76–79
9	<i>A.ustus</i> (2)	74–78	74–77	75–78	76–79
10	<i>Aureobasidium pullulans</i> (2)	99–100	99–101	99–100	98–100
11	<i>Cephalosporium terricola</i> (4)	90–94	91–93	90–94	92–95
12	<i>Chaetomium cellulolyticum</i> (5)	95–97	94–97	95–98	93–96
13	<i>Fusarium dimerum</i> (3)	50–53	51–54	50–53	49–54
14	<i>F.moniloforme</i> (3)	43–47	44–46	45–48	43–46
15	<i>F.oxysporium</i> (3)	40–43	42–45	41–44	40–42
16	<i>F.solani</i> (3)	48–50	46–49	47–50	46–51
17	<i>Gliocladium roseum</i> (3)	100–102	99–101	100–101	100–102
18	<i>Mucor hiemalis</i> (3),	93–96	91–95	92–96	90–94
19	<i>M.mucoedo</i> (3)	96–98	95–97	93–96	92–94
20	<i>M.ramosus</i> (2)	96–97	94–96	92–94	93–94
21	<i>M.ramosus</i> (2)	92–94	91–95	90–93	91–94
22	<i>Pencillium brevicompactum</i> (2)	82–85	83–84	81–85	80–84
23	<i>P.chrysogenum</i> (3)	77–80	76–81	78–82	76–80
24	<i>P.cyclopium</i> (2)	78–82	77–82	79–83	80–82
25	<i>P.expansum</i> (2)	79–83	78–81	80–82	81–83
26	<i>P.lanosum</i> (2)	80–82	79–83	81–84	80–85
27	<i>P.rubrum</i> (2)	84–87	86–88	85–89	81–86
28	<i>P.terrestre</i> (2)	87–90	88–91	86–90	88–90
29	<i>Rhizopus stolonifera</i> (5)	90–93	89–94	90–92	89–92
30	<i>Sordaria alpine</i> (3)	90–93	91–92	93–95	91–94
31	<i>S.lappae</i> (2)	89–93	90–94	91–94	90–93
32	<i>Trichoderma artroviride</i> (2)	101–104	100–104	101–103	100–102
33	<i>T.asperellum</i> (3)	105–108	106–109	107–109	106–110

№	Виды грибов (число штаммов)	Активность, (число проросших семян в сравнении с контролем, %)			
		Кукуруза	Пшеница	Горох	Томат
34	<i>T.hamatum</i> (3)	104–107	103–105	103–104	105–108
35	<i>T.harzianum</i> (2)	112–115	111–114	112–113	110–114
36	<i>T.koningii</i> (3)	110–114	109–112	111–114	109–115
37	<i>T.longibrachiatum</i> (3)	102–104	101–103	102–105	104–106
38	<i>T.viride</i> (2)	100–101	99–101	100–102	100–102
39	<i>Verticillium dahile</i> (3)	53–56	52–54	53–57	52–53
40	<i>V.lateritum</i> (2)	58–60	56–59	58–60	55–59
Контроль (среда Чапека)		100	100	100	100

таболиты характеризуются низкими количественными показателями как токсической, так и стимулирующей активности по сравнению с экзогенными метаболитами. Так, в большинстве случаев у грибов не обнаружено ни токсического, ни стимулирующего действия. Например, активность эндогенных метаболитов у грибов рода *Fusarium* по сравнению с высокой токсической активностью их экзогенных метаболитов ниже на 35–56 %, у грибов рода *Alternaria* — на 33–40 %, у грибов рода *Verticillium* — на 38–43 %. За счет воздействия эндогенных метаболитов грибов рода *Trichoderma* всхожесть семян растений может повышаться максимум до 4 %.

Следует отметить, что эндогенные и экзогенные метаболиты выполняют разные функции у живых организмов, и даже у некоторых живых организмов имеются различия в эндогенных и экзогенных функциях синтезируемых одноименных метаболитов [18]. Результаты наших исследований позволяют отметить данный факт, то есть метаболиты экзогенной и эндогенной природы оказывают различное действие. Как правило, среди экзогенных метаболитов грибов больше вторичных метаболитов, и в результате чего они обеспечивают повышение адаптивности грибов. Хотя экзогенные метаболиты являются токсичными для одних грибов и стимулирующими для других, в обоих случаях они приводят к повышению адаптивности грибов. Так, метаболиты с токсическим действием отрицательно влияют на другие организмы и снижают конкуренцию в борьбе за выживание, метаболиты со стимулирующим действием создают избыток пищи, ускоряя рост растений. Кроме того, грибы, синтезирующие метаболиты стимулирующего действия, то есть фитогормоны, прежде всего грибы рода *Trichoderma* [11] вступают в антагонистические отношения с другими грибами.

Таким образом, полученные в ходе проведенных исследований результаты показали, что как эндогенные, так и экзогенные метаболиты 110 штаммов 40 видов грибов, распространенных в различных районах Азербайджанской Республики, влияют на всхожесть семян

растений, а количественный показатель этого влияния у выделенных грибов различен. Так, как токсическая, так и стимулирующая активность экзогенных метаболитов выше по сравнению с активностями эндогенных метаболитов. Под влиянием экзогенных метаболитов грибов

родов *Alternaria*, *Fusarium* и *Verticillium* всхожесть семян снижается до 60 %, в то время как под влиянием экзогенных метаболитов грибов рода *Trichoderma* всхожесть семян увеличивается до 15 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гасанова В.Я., Рагимова М.М., Халилова В.Дж. и др. Биоконверсия растительных отходов ксилотрофными макромицетами выделенных из экологически разных территорий Азербайджана. // Академический журнал Западного Сибири, 2014, т.10, № 4, с.45–46
2. Караева С.Д. Гриб *Ganoderma lucidum* как перспективный продуцент биологически активных веществ // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. 2020. №08-2. С. 25–29.
3. Кобзарь, А. И. Прикладная математическая статистика. / А. И. Кобзарь. - М.: ФИЗМАТЛИТ, — 2006, — 816 с.
4. Методы экспериментальной микологии / Под ред. Билай В.И. — Киев: Наукова думка, — 1982, — 500 с.
5. Мурадов, П.З., Бунятова, Л.Н., Гасанова, В.Я., Гасанова, А.Р. Разнообразие и ферментативная активность грибов, выделенных из различных источников // «Современная микология в России». Тезисы докладов 4-го съезда микологов России. - Москва: Национальная Академия микологии, — 2015. — с. 203–204.
6. Мурадов, П.З. Изменение ферментативной активности ксилотрофных грибов в процессе биоконверсии растительных отходов. / автореферат диссертации д.б.н. Баку, 2004, 48 с.
7. Нетрусов, А.И. Егорова М.А., Захарчук Л.М. и др. Практикум по микробиологии. М.: Издательский центр «Академия», — 2005, — 608 с.
8. Саттон, Д., Фотергилл, А., Риналди, М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. — Москва: Мир, — 2001, — 486 с.
9. Bakshaliyeva, K.F., Namazov, N.R., Jabrailzade, S.M. et al. Ecophysiological Features of Toxicogenic Fungi Prevalent in Different Biotopes of Azerbaijan // Biointerface Research in Applied Chemistry (Romania), 2020, v.10, № 6, — p.6773–6782.
10. Ganbarov K.G., Kulieva N.A., Muradov P.Z. Biosynthesis of Pectinase by Fungi of the Genera *Bjerkandera* and *Coriolus* during Solid-Phase Fermentation // Applied Biochemistry and Microbiology, 2001, v.37, №6, p.593–595
11. Guzmán-Guzmán P., Kumar A., de los Santos-Villalobos S. et al. *Trichoderma* Species: Our Best Fungal Allies in the Biocontrol of Plant Diseases — A Review. // Plants, 2023; 12(3):432. <https://doi.org/10.3390/plants12030432>
12. Hyde, K.D., Xu, J., Rapior, S. et al. The amazing potential of fungi: 50 ways we can exploit fungi industrially // Fungal Diversity, 2019, v. 97, p. 1–136
13. Kirk, P., Cannon P.F., Minter D.W., Stalpers J. Dictionary of the fungi. - UK, 2008, 747 p
14. Liu Y., Li X., Kou Y. Ectomycorrhizal fungi: participation in nutrient turnover and community assembly pattern in forest ecosystems. // Forests, 2020, 11:453. <https://doi.org/10.3390/f11040453>
15. Mustafabayli E., Aghayeva D.N. New mushroom records for Azerbaijan // Ukrainian Botanical Journal, 2019, 76(4) 356–361.
16. Naranjo-Ortiz, M. A. & Gabaldón, T. Fungal evolution: major ecological adaptations and evolutionary transitions. *Biological Reviews*, 2019, v.94, p.1443–1476
17. Sharon A, Shlezinger N. Fungi infecting plants and animals: killers, non-killers, and cell death. // *PLoS Pathog.*, 2013;9(8):e1003517. doi: 10.1371/journal.ppat.1003517
18. Tan, L., Liu, Q., Song Y. et al. Differential Function of Endogenous and Exogenous Abscisic Acid during Bacterial Pattern-Induced Production of Reactive Oxygen Species in *Arabidopsis* // *International Journal of Molecular Sciences*, — 2019, 20(10):2544. <https://doi.org/10.3390/ijms20102544>

© Бахшалиева Конол Фаррух кызы (konul.baxsh@mail.ru); Томуева Гюнель Анар кызы (azmbi@mail.ru); Ширинова Гюльнар Фаган кызы (shirinligulnar@gmail.com); Арабова Гюльтекин Кара кызы (gulu.arabova@mail.ru); Агаева Зарханым Тофик кызы (zarhanim.agayeva@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОСТОЯНИЕ ПИГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСА ОДУВАНЧИКА ЛЕКАРСТВЕННОГО (*TARAXACUM OFFICINALE* L.) КАК БИОИНДИКАТОРА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ТЕРРИТОРИИ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА АРХАНГЕЛЬСКА

STATE OF THE PIGMENT COMPLEX OF *TARAXACUM OFFICINALE* L. AS A BIOINDICATOR OF THE ANTHROPOGENIC LOAD OF THE TERRITORY ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF ARKHANGELSK

**N. Bebyakova
S. Levitsky
E. Zhibort
E. Kubasova
A. Sumarokova**

Summary. Anthropogenic environmental pollution causes significant disruptions in the functioning of the pigment complex of photosynthetic plants, which is expressed in a decrease in the content of chlorophylls *a*, *b* and carotenoids, shifts in the structure of chloroplast membranes and a decrease in the intensity of photosynthesis. The content of chlorophyll *a* and *b*, carotenoids in leaves of *Taraxacum officinale* L. growing in different anthropogenic load areas of Arkhangelsk was determined. This species is widespread in urban agglomerations of all natural zones of Russia and is actively used not only as a source of medicinal raw materials, but also as a bioindicator plant in monitoring the anthropogenic load on the territory. The quantitative content of pigments was evaluated by spectrophotometric method in the visible region of the spectrum. A reliable decrease in the concentration of all studied pigments in the leaves of plants with increasing anthropogenic load was found. Under these conditions, not only absolute indices of the pigment complex changed, but also such markers of anthropogenic impact on the environment as ratios: $C_{chl\ a} / C_{chl\ b}$ and $(C_{chl\ a} + C_{chl\ b}) / C_{carotenoids}$. The results obtained are also of interest in assessing the quality of herbal raw materials.

Keywords: bioindication, anthropogenic load, dandelion (*Taraxacum officinale* L.), chlorophyll, carotenoids.

Бебякова Наталья Александровна

д.б.н., профессор, Северный государственный
медицинский университет, г. Архангельск
nbebyakova@mail.ru

Левицкий Сергей Николаевич

к.б.н., доцент, Северный государственный
медицинский университет, г. Архангельск
sergeylevitski@yandex.ru

Жиборт Екатерина Леонидовна

к.б.н., доцент, Северный государственный
медицинский университет, г. Архангельск
zhibort71@yandex.ru

Кубасова Елена Дмитриевна

к.б.н., доцент, Северный государственный
медицинский университет, г. Архангельск
lapkino@mail.ru

Сумарокова Алина Владимировна

к.б.н., доцент, Северный государственный
медицинский университет, г. Архангельск
arh.alina@gmail.com

Аннотация. Антропогенное загрязнение окружающей среды вызывает существенные нарушения функционирования пигментного комплекса фотосинтезирующих растений, что выражается в уменьшении содержания хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов, сдвигах в структуре мембран хлоропластов и снижении интенсивности фотосинтеза. Определено содержание хлорофилла *a* и *b*, каротиноидов в листьях одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* L.), произрастающего в различных по степени антропогенной нагрузки районах г. Архангельска. Данный вид широко распространен в городских агломерациях всех природных зон России и активно используется не только как источник лекарственного сырья, но и в качестве растения — биоиндикатора при проведении мониторинга антропогенной нагрузки на территорию. Количественное содержание пигментов оценивали спектрофотометрическим методом в видимой области спектра. Установлено достоверное снижение концентрации всех изучаемых пигментов в листьях растений при усилении антропогенной нагрузки. В данных условиях изменялись не только абсолютные показатели пигментного комплекса, но и такие маркеры антропогенного воздействия на окружающую среду как отношения: $C_{chl\ a} / C_{chl\ b}$ и $(C_{chl\ a} + C_{chl\ b}) / C_{кар}$. Полученные результаты представляют интерес и при оценке качества лекарственного растительного сырья.

Ключевые слова: биоиндикация, антропогенная нагрузка, одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* L.), хлорофилл, каротиноиды.

Проблема высокой антропогенной нагрузки на территорию урбанизированных районов является чрезвычайно актуальной. В настоящее время существуют экологические проблемы городов, которые связаны с чрезмерной концентрацией на сравнительно небольших территориях населения, транспорта и промышленных предприятий, с образованием антропогенных ландшафтов, очень далеких от состояния экологического равновесия [1].

В пределах архангельской агломерации расположены крупные предприятия ТЭК, деревообрабатывающей промышленности, предприятия машиностроения и металлоконструкций, комбинат строительных конструкций и материалов, а также предприятия автомобильного, железнодорожного и водного транспорта, два аэропорта.

Для ранней диагностики изменения качества окружающей среды под воздействием антропогенной нагрузки целесообразно использовать методы биоиндикации и биотестирования, основанные на показателях, непосредственно или опосредованно характеризующих нарушение протекания различных метаболических процессов у различных групп живых организмов, в том числе и у высших фототрофов [2]. Общеизвестным является положение о том, что растения первыми улавливают изменения качества окружающей среды по сравнению с животными [3].

Одним из показателей биоиндикации, используемых для оценки загрязнений окружающей среды, является содержание хлорофилла и других пигментов, которые обуславливают потенциал фотосинтетической способности растений и регулирует количество поглощенной световой энергии. Содержание хлорофиллов и каротиноидов в норме стабильно, но быстро реагирует на изменение качества окружающей среды.

Исследования показывают, что подавление или стимуляция фотосинтеза является одной из характеристик ответной реакции организма на действие токсиканта, а также на нарушение тонкой структуры хлоропластов. Подобные изменения в плазмемной мембране могут быть причиной сдвигов в фотосинтезе и синтезе пигментов [4], а каротиноиды могут выполнять антиоксидантные функции, защищая клетки от повреждений, снижение их количества напрямую связано с расходом их на восстановительные процессы в клетках [5].

Целью работы являлось определение содержания пигментного комплекса (хлорофилла *a* и *b*, каротиноидов) в листьях растений одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* L.), произрастающих в различных по степени антропогенной нагрузки районах г. Архангельска с целью их дальнейшего использования в качестве растительного сырья для лекарственных целей.

Объектом исследования был выбран одуванчик лекарственный, поскольку указанный вид растения хорошо изучен [6, 7], широко распространен, произрастает в различных условиях антропогенной нагрузки, в том числе и в условиях высоких широт [8–10] и может быть использован в качестве растения — биоиндикатора в городских агломерациях.

Одновременно одуванчик лекарственный относится к пляде лекарственных растений и его сырье используется для заготовки на условно чистых территориях. При этом важно и на таких территориях проводить мониторинг по возможному накоплению экотоксикантов в растительном сырье с целью формирования потенциального сырьевого источника заготовки.

Материалы и методы

Пигментный комплекс может служить маркером антропогенного загрязнения окружающей среды. При техногенной нагрузке наблюдается существенное изменение в содержании хлорофилла и каротиноидов в растительном сырье в сторону понижения, а также фиксируются сдвиги в структуре мембран хлоропластов и снижение интенсивности фотосинтеза [11, 12].

Сбор растительного материала (листья) осуществляли в июне 2023 года в фенологической фазе цветения в связи с наибольшим содержанием биоактивных веществ в этот период. Фаза вегетации также влияет на уровень хлорофилла и каротиноидов в листьях [13].

Листья собирали в трех точках города Архангельска с различной степенью антропогенной нагрузки. Точка 1 характеризовалась наличием вблизи крупного промышленного объекта (ТЭЦ) и автомагистрали с высокой интенсивностью движения. Точка 2 находилась на расстоянии 3 км от точки 1 (окрестность города с малой интенсивностью автотранспорта). Точка «контроль» характеризовалась значительной удаленностью от крупных промышленных объектов города и от крупных автомагистралей.

Содержание хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов определяли методом фотометрии в видимой области спектра на спектрофотометре ПЭ-5400ВИ с использованием стеклянных кювет с толщиной поглощающего слоя 10 мм. Измерение проводили при двух длинах волн 665 и 649 нм, соответствующих максимумам поглощения хлорофилла *a* и *b*. Количественное содержание каротиноидов определяли по адсорбционному максимуму при длине волны 470 нм.

Для определения содержания пигментов в растительном сырье получали извлечение путем растирания 40 мг свежих листьев одуванчика лекарственного в фар-

форовой ступке с последующим добавлением 10 мл 96 % спирта этилового. Извлечение оставляли на 48 часов в защищенном от света месте до полного выхода пигментов из растительного сырья [9].

Расчет содержания пигментов производили по формулам:

$$C_{\text{хл а}} = [(13,95 \cdot D_{665} - 6,88 \cdot D_{649}) \cdot V] / m \quad (1),$$

$$C_{\text{хл б}} = [(24,96 \cdot D_{649} - 7,32 \cdot D_{665}) \cdot V] / m \quad (2),$$

$$C_{\text{кар}} = [1000 \cdot D_{470} \cdot V / m - 2,05 \cdot C_{\text{хл а}} - 114,8 \cdot C_{\text{хл б}}] / 245 \quad (3),$$

где $C_{\text{хл а}}$, $C_{\text{хл б}}$, $C_{\text{кар}}$ — количество хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов, выраженное в мг/г сырого вещества;

D_{665} , D_{649} и D_{470} — оптическая плотность спиртового извлечения пигментов при соответствующих длинах волн (нм);

m — масса взятой навески, мг;

V — объём этанола в пробирке, мл.

Результаты проведенного исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Содержание пигментов (мг/г сырого вещества) в листьях одуванчика лекарственного *Taraxacum officinale* L., произрастающих в различных районах г. Архангельска

Показатели	хлорофилл а	хлорофилл б	каротиноиды
Контроль	5,7149±0,2528	4,1331±1,4719	1,7177±0,0739
Точка 1	5,1009±0,7354*	5,4222±3,0321**	1,5416±0,2061***
Точка 2	5,7058±0,6923	5,4383±2,2568	1,6673±0,1347

Примечание: * — $p=0,0121$, ** — $p=0,0345$, *** — $p=0,0073$ по сравнению с контролем.

Результаты проведенного исследования показали, что в точке 1 статистически достоверные различия наблюдались между всеми изученными показателями фотосинтетического аппарата растений, в точке 2 статистически достоверных различий не наблюдалось. При сравнении полученных результатов с подобными исследованиями в других регионах, содержание пигментов в растительном сырье одуванчика лекарственного находилось несколько ниже [10]. Низкие абсолютные показатели содержания хлорофиллов *a* и *b* в листьях растений, собранных на территории г. Архангельска, по сравнению с таковыми для растений, произрастающих в центральных и южных регионах страны, вероят-

но, связаны с климато-географическими особенностями региона произрастания (низкие температуры в летний период, непродолжительный вегетационный период, переувлажнение почв в результате обильных осадков). Указанные факторы существенно оказывают влияние на работу фотосинтетического аппарата.

Следует отметить, что абсолютные концентрации изучаемых пигментов не всегда дают представление о степени антропогенной нагрузки на окружающую среду территории. Для ее определения используют маркеры функционирования фотосинтетического аппарата растений, которые определяются как отношение концентрации хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* ($C_{\text{хл а}} / C_{\text{хл б}}$) и отношение концентрации суммы хлорофиллов *a* и *b* к концентрации каротиноидов $(C_{\text{хл а}} + C_{\text{хл б}}) / C_{\text{кар}}$. При загрязнении окружающей среды первый показатель, как правило, уменьшается, а второй — увеличивается [8, 9, 14, 15].

Результаты нашего исследования (табл. 2) показывают, что по сравнению с контролем отношение $C_{\text{хл а}} / C_{\text{хл б}}$ уменьшилось на 31,9 % в точке 1 и на 23,9 % в точке 2, а отношение $(C_{\text{хл а}} + C_{\text{хл б}}) / C_{\text{кар}}$ увеличилось на 19,2 % и 16,6 % соответственно. Полученные показатели согласуются с результатами других исследователей [6, 14, 16].

Таблица 2.

Соотношения $C_{\text{хл а}} / C_{\text{хл б}}$, $(C_{\text{хл а}} + C_{\text{хл б}}) / C_{\text{кар}}$ в листьях одуванчика лекарственного *Taraxacum officinale* L., произрастающих в различных районах г. Архангельска

Показатели	$C_{\text{хл а}} / C_{\text{хл б}}$	$(C_{\text{хл а}} + C_{\text{хл б}}) / C_{\text{кар}}$
Контроль	1,38	5,73
Точка 1	0,94	6,83
Точка 2	1,05	6,68

Таким образом, состояние пигментного комплекса (содержанию хлорофилла *a* и *b*, каротиноидов) в экстрактах листьев одуванчика лекарственного может принято в качестве маркера для оценки степени антропогенного влияния на экосистему.

Содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях *Taraxacum officinale* L. является информативным, а сам вид удобным тест — объектом для применения его в качестве биоиндикатора. Подобные исследования позволяют не только оценить антропогенную нагрузку на окружающую среду территории, но и определиться с возможной сырьевой базой для заготовки лекарственного растительного сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Телекулова А.М., Дубовенко Ю.И., Витвинина С.Н., Хайрулина О.А. Влияние ионов кадмия на содержание фотосинтезирующих пигментов Одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*) // Материалы VII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». Режим доступа: URL: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015017173?ysclid=lotxew9gw259163> (дата обращения: 11.11.2023)
2. Иванцова Е.А., Постнова М.В., Сагалаев В.А., Матвеева А.А., Холоденко А.В. Экологическая оценка городских агломераций на основе индикаторов устойчивого развития // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3, Экономика. Экология. — 2019. — Т. 21, № 2. — С. 143–156. Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskaya-otsenka-gorodskih-aglomeratsiy-na-osnove-indikatorov-ustoychivogo-razvitiya> (дата обращения: 22.10.2023)
3. Шадрин Е.Г., Солдатов В.Ю., Макаров В.С. Биоиндикационная оценка качества среды. Новосибирск: Наука, 2017. — 240 с.
4. Медведев С.С. Физиология растений: учеб. / С.С. Медведев. — СПб. : изд-во СПб. ун-та. — 2004. — 336 с.
5. Семенова В.А., Николаев А.И. Влияние токсикантов на растения в придорожной зоне автотрассы «Тюмень — Петропавловск» // Лесхоз. информ.: электронный сетевой журнал. — 2020. — № 2. — С. 144–152. Режим доступа: URL: <http://hi.vniilm.ru/> (дата обращения: 20.09.2023)
6. Онистратенко Н.В., Рубанова К.И. Одуванчик лекарственный *Taraxacum officinale* L. Как перспективный инструмент биодиагностики состояния городской среды // Природные системы и ресурсы. — 2021. — Т. 11, № 3. — С. 14–21. Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/oduvanchik-lekarstvennyy-taraxacum-officinale-l-kak-perspektivnyy-instrument-biodiagnostiki-sostoyaniya-gorodskoy-sredy> (дата обращения: 22.10.2023)
7. Сафонова В.Ю., Сафонова О.В., Абросимов С.С. О возможностях использования одуванчика лекарственного в качестве биоиндикатора // Алтай — трансграничный: природный, социально-экономический, культурный и рекреационный портал Евразии: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Горно-Алтайск, 26–27 ноября 2020 года. — Горно-Алтайск: Горно-Алтайский государственный университет, 2020. — С. 135–140. Режим доступа: URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45762096> (дата обращения: 12.07.2023)
8. Шмакова Н.Ю., Марковская Е.Ф., Ермолаева О.В., Морозова К.В. Фотосинтетический аппарат *TARAXACUM ARCTICUM* и *TARAXACUM OFFICINALE* (ASTERACEAE) на Западном Шпицбергене // Ботанический журнал. 2021. — Т. 106. — № 7. — С. 676–682
9. Шубина А.Г. Содержание хлорофилла и каротиноидов в листьях одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*) и березы повислой (*Betula pendula* Roth.), растущих в г. Тамбове // Вестник ТГУ. 2011. — Т.16. — №1. — С. 353–355
10. Кириенко Н.Н., Терлеева П.С. Влияние техногенного загрязнения территории на содержание пигментов в листьях лекарственных растений. Режим доступа: URL: www.kgau.ru/img/konferenc/2009/22.doc (дата обращения: 02.06.2023)
11. Уразильдин Р.В., Кулагин А.Ю. Повреждения, адаптации, стратегии древесных видов в условиях техногенеза: структурно-функциональные уровни реализации адаптивного потенциала // Успехи современной биологии. 2022. — Т. 142. — № 1. — С. 52–69
12. Синютина С.Е., Шубина А.Г. Использование показателей фотосинтетической и ферментативной активности растений в биоиндикационных исследованиях. *Journal of Agriculture and Environment*. 2020. № 4. Режим доступа: URL: <https://doi.org/10.23649/jae.2020.4.16.3> (дата обращения: 11.07.2023)
13. Лозовицкий Д.А. Изучение липофильных веществ травы *Taraxacum officinale* wigg // Научные результаты биомедицинских исследований. 2017. №1. Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-lipofilnyh-veschestv-travy-taraxacum-officinale-wigg> (дата обращения: 11.11.2023)
14. Акатьева Т.Г. Оценка качества атмосферного воздуха вс. Армизонское Тюменской области методом биоиндикации // Вестник Нижневартковского государственного университета. — 2020. — №2. — С. 151–156. Режим доступа: URL: https://vestnik.nvsu.ru/2311-1402/article/view/49753/ru_RU (дата обращения: 12.10.2022)
15. Кириенко Н.Н., Терлеева П.С. Влияние техногенного загрязнения территории на содержание пигментов в листьях лекарственных растений. Режим доступа: URL: www.kgau.ru/img/konferenc/2009/22.doc (дата обращения: 06.08.2023)
16. Толкачёва Т.А., Володько А.С., Фомичёва Н.С. Содержание фотосинтетических пигментов и феноловых кислот в экстрактах, полученных из листьев дикорастущих растений // Вестник МДПУ імя І. П. Шамякіна. — 2021. — №2 (58). Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/soderzhanie-fotosinteticheskikh-pigmentov-i-fenolovyh-kislot-v-ekstraktah-poluchennyh-iz-listiev-dikorastuschih-rasteniy> (дата обращения: 22.10.2023)

© Бебякова Наталья Александровна (nbebyakova@mail.ru); Левицкий Сергей Николаевич (sergeylevitski@yandex.ru);

Жиборт Екатерина Леонидовна (zhibort71@yandex.ru); Кубасова Елена Дмитриевна (lapkino@mail.ru);

Сумарокова Алина Владимировна (arh.alina@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КОМНАТНЫЕ РАСТЕНИЯ И ИХ РОЛЬ В УЛУЧШЕНИИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ В ПОМЕЩЕНИИ

INDOOR PLANTS AND THEIR ROLE IN IMPROVING THE INDOOR AIR ENVIRONMENT

N. Chuenko

Summary. Due to the high prevalence of respiratory diseases in children attending preschool educational organizations, the issue of their prevention is acute. Taking into account the fact that children spend an average of up to 10 hours a day in educational institutions, one of the risk factors for respiratory diseases is the quality of the air environment (microbial contamination and low relative humidity) of enclosed spaces. The analysis of the works of domestic and foreign scientists testifies to the positive influence of phytoncidal, transpiring and gas-absorbing properties of plants on the state of the indoor air environment and on the psycho-emotional state of a person, however, due to the lack of experimental evidence base, the experience of using the health-improving properties of plants in children's organized collectives has not been widely introduced. The results of this study confirm that the rational placement of a certain assortment of plants in organized children's groups can become a promising and economical direction in the structure of a health-saving approach in the modern system of preschool education.

Keywords: educational organizations, microclimate, indoor plants, transpiration, microbial contamination of air.

Чуенко Наталья Федоровна

*Аспирант, ФБУН «Новосибирский государственный аграрный университет»;
научный сотрудник, ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены»
Роспотребнадзора
natali26.01.1983@yandex.ru*

Аннотация. В связи с высокой распространенностью респираторных заболеваний у детей, посещающих дошкольные образовательные организации, остро стоит вопрос их профилактики. С учетом того, что дети проводят в стенах образовательных организаций в среднем до 10 часов в сутки, одним из факторов риска возникновения респираторных заболеваний является качество воздушной среды (микробная обсемененность и низкая относительная влажность воздуха) закрытых помещений. Анализ работ отечественных и зарубежных ученых свидетельствует о позитивном влиянии фитонцидных, транспирирующих и газопоглощительных свойств растений на состояние воздушной среды помещений и на психоэмоциональное состояние человека, однако в связи с недостаточностью экспериментальной доказательной базы опыт использования оздоровительных свойств растений в детских организованных коллективах широкого внедрения не получил. Результаты настоящего исследования подтверждают, что рациональное размещение определенного ассортимента растений в организованных детских коллективах может стать перспективным и экономичным направлением в структуре здоровьесберегающего подхода в современной системе дошкольного образования.

Ключевые слова: образовательные организации, микроклимат, комнатные растения, транспирация, микробная обсемененность воздуха.

Актуальность

Качество воздуха внутри закрытых помещений более важно для здоровья человека и его благополучия, чем качество воздуха вне помещений. Внутри жилых и производственных помещений человек проводит до 90% времени суток. Поэтому качество внутренней воздушной среды затрагивает интересы всего населения. Ухудшение здоровья людей может произойти из-за некачественных строительных материалов, конструкций и изделий, низкой влажности воздуха. Токсичными являются материалы, в состав которых входят: фенол, формальдегид (широко используется при производстве пластика и пластиковых окон), бензол, толуол (применяются в лакокрасочной промышленности). Интенсивное выделение летучих соединений из материалов обычно наблюдается в течение нескольких месяцев с момента их изготовления [1].

Отечественные и зарубежные исследования в области медицины и экологии подтверждают, что накопление

загрязняющих агентов в закрытых помещениях приводит к необратимым последствиям для здоровья человека. Твердые частицы, проникающие в здание, летучие органические соединения, выделяющиеся из ковровых, синтетических материалов, и углекислый газ, образующийся при дыхании человека, являются основными факторами, вызывающими проблемы с качеством воздушной среды в закрытых помещениях. Недостаточное проветривание помещения и неэффективность использования систем вентиляции создают благоприятные условия для накопления в воздушной среде микроорганизмов, в том числе условно-патогенных и патогенных, что приводит к снижению иммунитета и увеличивает вероятность возникновения инфекций. В частности, в дошкольных учреждениях низкая относительная влажность воздуха создает дополнительные риски здоровью, в том числе — обострения хронических заболеваний органов дыхания у детей, имеющих данную патологию (бронхиальная астма, хронический бронхит и иные заболевания) [2].

В ряде исследований, проведенных в развитых странах, доказывается взаимосвязь качества воздушной среды в помещениях детских организаций и частоты заболеваемости детей острыми респираторными инфекциями и другими распространенными болезнями органов дыхания [3]. Для удаления загрязняющих веществ из воздушной среды в закрытых помещениях был разработан метод физико-химических очисток, имеющий ряд недостатков, связанных с дорогостоящим производством и обслуживанием соответствующего оборудования. Значительно более безопасным, доступным и экономически выгодным является альтернативный метод очистки воздуха в закрытых помещениях, основанный на антимикробном действии летучих веществ (фитонцидов), которые выделяются комнатными растениями в процессе их жизнедеятельности. Помимо антимикробного действия, фитонциды оказывают нормализующее воздействие на сердечный ритм, обмен веществ, процесс кровообращения, а также на иммунную и нервную системы [5, 6, 7]. Несмотря на многолетние исследования комнатных растений, до сих пор не доведены до внедрения методы улучшения качества воздушной среды в закрытых помещениях, основанные на применении комнатных растений.

Эффективное использование растений для оздоровления воздушной среды требует оптимизации площади фотосинтетически активных органов и тщательного подбора видового состава. Некоторые растения выделяют млечный сок, который может вызывать аллергические реакции, содержат шипы и иголки на концах листьев, которые могут нанести ребенку травму. Качество воздуха в помещении в значительной мере зависит от площади листовой поверхности растений. Через эту поверхность растения осуществляют газообмен с окружающей средой, что помогает поддерживать оптимальный уровень кислорода в помещении и улучшает качество воздуха. Через устьице растения могут улавливать и удалять из воздуха некоторые вредные вещества, накапливающиеся в помещениях, такие как формальдегид и бензол. Поэтому очень важно выбирать безопасные растения для закрытых помещений, особенно для помещений, где находятся дети. Однако в мировой литературе достаточно мало информации о влиянии на воздушную среду площади листовой поверхности и ассортимента растений, которые способны очищать воздух закрытых помещений без вреда для здоровья. Поэтому целью настоящей работы стало обоснование видового и количественного подбора комнатных растений для улучшения воздушной среды в организованных детских коллективах и разработка рекомендаций по их использованию [5].

Материалы и методы

Среди более чем 800 рассмотренных комнатных растений были выделены наиболее подходящие для дет-

ских дошкольных учреждений. Первым критерием для исключения вида из списка растений, предполагаемых к использованию в детских дошкольных учреждениях, стала их токсичность. Вторым критерием — присутствие на стеблях и листьях растения шипов или колючек, способных травмировать или вызвать раздражение кожных покровов. Помимо названных фактов, была рассмотрена аллергенность растений. Кроме того, комнатное растение, выращиваемое в детском дошкольном учреждении, должно быть неприхотливым и способным долгое время переносить тяжелые для него условия. В результате анализа литературных данных были выбраны несколько видов, отвечающих установленным нами требованиям: Хлорофитум хохлатый (*Chlorophytum comosum*), Аспидистра высокая (*Aspidistra elatior*), Бегония ричинолистная (*Begonia ricinifolia*), Гибискус китайский (*Hibiscus rosa — sinensis*), Каланхое блоссфельда (*Kalanchoe blossfeldiana*), Колеус блюме (*Coleus blumei*), Мурайя экзотическая (*Murraya exotica*), Нефролепис возвышенный (*Nephrolepis exaltata*), Сансевиерия трехполосая (*Sansevieria trifasciata*), Циперус зонтичный (*Cyperus alternifolius*). Для выбора видов, наиболее подходящих для организации фитомодулей, были проведены исследования антимикробных, газопоглощающих и транспирирующих свойств данных растений.

У выбранных растений метрическим методом были определены размеры растений (высота, ширина), а также определена площадь листового аппарата растений с помощью портативного лазерного измерителя площади листа CI-202.

Изучение качества воздушной среды дошкольной образовательной организации проводили в натуральных модельных и лабораторных условиях. Для оценки фитонцидных свойств комнатных растений были проведены замеры содержания общего количества микроорганизмов (в КОЕ/м³) в 10 групповых ячейках. Точки отбора проб воздуха устанавливали по типу конверта. Отбор проб воздуха проводили в течение рабочей недели один раз в час, аспирационным методом с помощью откалиброванного, поверенного пробоотборного устройства ПУ-1Б. Общее количество микроорганизмов определяли по стандартной методике — путем визуального подсчета колоний на поверхности стандартной дифференциально-диагностической питательной среды [4]. За норму брали СанПиН 2.1.3.2630-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность», т.к. для помещений организованных детских коллективов нет регламентирующих норм (МУС 4.2. 2942-11, 2011). Во время проведения исследования количество детей в групповых ячейках не превышало гигиенических нормативов, площадной показатель был более 2,0 м² на одного ребенка. Вентиляционные системы работали в штатном режиме.

После завершения предварительного этапа исследования в групповых ячейках устанавливали растения, и дальнейшие отборы проб воздуха проводили во время, соответствующее пиковым значениям содержания микроорганизмов.

Оценку транспирирующих свойств комнатных растений проводили в натурном эксперименте в помещениях групповых ячеек дошкольных образовательных организаций. В групповые ячейки было установлено оборудование «Измеритель параметров микроклимата и углекислого газа EClerk-Eco», фиксирующее показатели в заданное время и показывая их средние значения за один час. Замеры параметров относительной влажности и температуры проводили одновременно во всех изучаемых групповых ячейках. Для оценки транспирирующих свойств комнатных растений их содержали в условиях заданных параметров относительной влажности воздуха. Фиксация относительной влажности проводилась в период отсутствия детей в групповой ячейке. С помощью увлажнителя воздуха поддерживали относительную влажность воздуха на заданных уровнях $37,5\% \pm 2,5\%$; $32,5\% \pm 2,5\%$. В качестве эталонного растения в модельных условиях использовали *Chlorophytum comosum*.

Газопоглотительную способность комнатных растений изучали в лабораторных экспериментах. В затравочные камеры объемом — 200 л ($0,2\text{ м}^3$) были установлены комнатные растения изучаемых видов: *Chlorophytum comosum*, *Sansevieria trifasciata* и *Cyperus alternifolius*. В «контрольной камере» замеры проводили без установки растений. Во все затравочные камеры с помощью ингалятора подавали 10 % раствор формальдегида. Концентрации формальдегида в камере меняли от 3 до 1,1 ПДК. Наблюдения проводили круглосуточно, измеряя концентрации формальдегида в воздухе каждый час до тех пор, пока его исходная концентрация не снижалась до уровня ПДК и ниже. Подачу 10 % водного раствора формальдегида в обе камеры осуществляли с помощью распыления ингаляционным аспиратором. После установки растений и распыления 10 % раствора формальдегида с помощью универсального газоанализатора ГАНК-4, осуществляли измерения его концентрации путём введения пробоотборной трубки в специальное отверстие ингаляционной затравочной камеры, которое потом герметично закрывалось. Замер концентрации формальдегида осуществляли непрерывно с записью среднего результата за 1 час. Измерения проводили ежедневно в течение 3-х дней в трехкратной повторности.

Результаты и обсуждение

В группах, где отсутствовали растения, показатели общего количества микроорганизмов варьировали от 380,2 до 1200,7 КОЕ/м³. Пиковые значения отмечали

с 10:00 до 11:00 часов, когда воспитатели проводили активные занятия с детьми и помещения не проветривались. Статистически значимых различий в динамике показателей в разных групповых ячейках в рабочие дни, когда проводили замеры, не выявлено (Kruskal-Wallis test, $p > 0,05$).

Из изученного ассортимента растений *Chlorophytum comosum* наиболее неприхотлив в уходе, что крайне актуально для использования комнатных растений в организованных детских коллективах. Поэтому его фитонцидная активность, установленная экспериментальным путем, была принята за эталон (Chuenko, 2022). Отбор проб воздуха в помещениях, где были установлены иные исследуемые растения при соблюдении заданных модельных условий, ранее определенных в эксперименте с *Chlorophytum comosum*, показал, что фитонцидная активность на расстоянии 0 м, 3 и 5 м от растений с площадью листового аппарата в $0,01\text{ м}^2$ на 1 м^2 площади помещения была ниже значений, полученных для *Chlorophytum comosum*.

Средние значения показателей относительной влажности воздуха (в %) во всех групповых ячейках во все периоды наблюдений за исключением 8:00, 9:00, 10:00 и 18:00 (15–35 %), были ниже предела гигиенического норматива, регламентированного СанПиН 1.2.3685-21 для детей, (40 %). что свидетельствует об излишней сухости воздуха в помещениях. Однако различия в средних значениях относительной влажности воздуха, измеренной в разное время суток, были статистически не значимы (Kruskal-Wallis test, $p > 0,05$).

Расчеты показывают, что в групповой ячейке с площадью 56 м^2 при фиксированной влажности воздуха 32,5 % для ее повышения до регламентированного уровня 40 % и выше, потребуется 16 взрослых растений *Chlorophytum comosum* с площадью листового аппарата $0,029\text{ м}^2$. Для повышения значений относительной влажности воздуха до 40 % и выше за счет транспирирующей активности растений потребуется увеличение количества растений, например *Aspidistra elatior* — 6 ед., *Kalanchoe blossfeldiana* — 12 ед., *Coleus blumei* — 10 ед.

Дисперсионный анализ с временной точкой измерения и наличием растения в камере в качестве независимых переменных с поправкой на температуру и влажность в камере показал достоверное (критерий Фишера, $P < 0,01$) влияние взаимодействия этих факторов на концентрацию формальдегида. Средняя концентрация формальдегида в камере с растениями была достоверно ниже, чем в контроле ($P < 0,001$). Результаты исследования показали, что при концентрации формальдегида равной 3 ПДК одному растению *Chlorophytum comosum* потребуется 38 часов чтобы снизить ее до регламентированного значения 0,01 ПДК. *Sansevieria trifasciata* потре-

буется 24 часа чтобы при концентрации формальдегида 1,6 ПДК снизить ее до регламентируемого значения 0,01 ПДК; *Cyperus alternifolius* потребуется 27 часов чтобы снизить концентрацию формальдегида при концентрации 1,3 ПДК до регламентируемого значения 0,01 ПДК.

Таким образом, помещение в рабочую комнату детского учреждения ассортимента комнатных растений с выраженными фитонцидными и транспирирующими свойствами приводило к устойчивому снижению показателей общего количества микроорганизмов и повышению влажности воздуха.

Анализ состава воздуха в ингаляционных затравочных камерах после распыления 10 % раствора формальдегида в концентрации в 3,0, 1,6 и 1,3 раза превышающей ПДК показал, что в камере с растениями его концентрация приходила в норму через 1,5 и 1 сутки, а через сутки падала ниже порога обнаружения.

С учетом результатов мониторинговых наблюдений, экспериментальных исследований и данных из научной литературы подготовлено Информационно-методическое письмо, которое содержит рекомендации по подбору растений для установки в образовательных организациях, организациях по уходу и присмотру за детьми,

организациях отдыха детей и их оздоровления, по размещению и уходу за ними.

Подбор ассортимента комнатных растений с учетом их фитонцидных, транспирационных и газопоглотительных свойств и оценкой оптимальной площади листовой поверхности являются перспективным направлением улучшения качества воздушной среды в закрытых помещениях (Melikhova, 2020).

Заключение

Качество воздушной среды групповых ячеек характеризуется динамичностью показателей общего количества микроорганизмов и относительной влажности воздуха в течение рабочего дня при эксплуатации помещений в соответствии режимом функционирования дошкольных образовательных организаций, достигая в период отопительного сезона пиковых значений при нахождении детей в помещениях более двух часов без проветривания и влажной уборки.

Комнатные растения определенного ассортимента могут служить эффективным средством улучшения качества воздушной среды в детских дошкольных учреждениях

ЛИТЕРАТУРА

1. Гисматуллина А.И. Эмиссия формальдегида из древесно-стружечных плит // Материалы Международной молодежной научной конференции «XXIV Туполевские чтения (школа молодых ученых)». Казань, 07–08 ноября, 2019. С. 418–420.
2. Либина И.И., Васильева М.В., Мелихова Е.П., Скребнева А.В. Влияние внутришкольной среды на состояние здоровья подрастающего поколения // Новой школе — здоровые дети. — 2018. — С. 93–95. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36585151>
3. Мелихова Е.П., Васильева М.В., Скребнева А.В. Исследование воздушной среды закрытых помещений // Актуальные проблемы природопользования и природообустройства. — 2020. — С. 96–98. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44626430>
4. МУК 4.2. 2942-11 «Методы санитарно-бактериологических исследований объектов окружающей среды, воздуха и контроля стерильности в лечебных организациях». — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011.
5. Чуенко Н.Ф., Лобкис М.А., Цыбуля Н.В., Фершалова Т.Д., Новикова И.И. Оценка эффективности использования фитонцидных свойств растений для снижения микробной обсемененности воздуха с целью минимизации риска заболеваемости детей в условиях детских организованных коллективов // Science for Education Today. 2022. Т. 12, № 2. С. 152–171. DOI: 10.15293/2658-6762.2202.08.
6. Bezold, C.P. et al. The relationship between surrounding greenness in childhood and adolescence and depressive symptoms in adolescence and early adulthood // Annals of epidemiology. — 2018. — Vol. 28. — No. 4. — pp. 213–219. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2018.01.009>.
7. Mennis, J., Mason, M., Ambrus, A. Urban greenspace is associated with reduced psychological stress among adolescents: A Geographic Ecological Momentary Assessment (GEMA) analysis of activity space // Landscape and urban planning. — 2018. — Vol. 174. — pp. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.02.008>.

© Чуенко Наталья Федоровна (natali26.01.1983@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ: СЕМИОТИКА, ТРЕКИНГ И НЕЙРОННЫЕ СЕТИ

MODERN APPROACHES TO INFORMATION SYSTEMS MANAGEMENT: SEMIOTICS, TRACKING AND NEURAL NETWORKS IN SYNERGY

A. Batanov
A. Ruslyakov
V. Poletaev

Summary. The research presented in this paper focuses on examining the synergy of neural networks, semiotics, and tracking systems in information systems. The main attention is paid to expanding the analysis of tracking data, as well as the interaction and influence of neural networks on tracking systems, with the goal of developing more intelligent and adaptive information management systems. As an illustrative example, the application of a neural network for recognizing vehicle license plates is analyzed. The results of the study consider the synergy of semiotics and tracking technologies, and also outline prospects for the development of more effective information systems capable of analyzing the surrounding world and perceiving its semiotic context.

Keywords: neural networks, semiotics, tracking systems, intelligent systems.

Батанов Арсений Олегович

Старший преподаватель, МИРЭА — Российский
технологический университет
batanov@mirea.ru

Русляков Алексей Александрович

Ассистент, МИРЭА — Российский
технологический университет
ruslyakov@mirea.ru

Полетаев Владислав Александрович

МИРЭА — Российский технологический университет
whatisslove7@gmail.com

Аннотация. Исследование, представленное в данной работе, направлено на рассмотрение синергии нейронных сетей, семиотики и систем трекинга в информационных системах. Основное внимание уделяется расширению анализа данных трекинга, а также взаимодействию и влиянию нейронных сетей на системы трекинга, с целью разработки более интеллектуальных и адаптивных систем управления информацией. В качестве иллюстративного примера анализируется применение нейронной сети для распознавания автомобильных номеров. Результаты работы рассматривают синергию семиотики и технологий трекинга, а также обозначают перспективы для развития более эффективных информационных систем, способных анализировать окружающий мир и воспринимать его семиотический контекст.

Ключевые слова: нейронные сети, семиотика, системы трекинга, интеллектуальные системы.

Введение

Современные информационные технологии являются катализаторами инноваций, привнося в нашу повседневную жизнь эффективные средства обработки и анализа данных. В этом контексте взаимодействие между семиотикой, трекингом и нейронными сетями становится одним из факторов в формировании интеллектуальных информационных систем. Настоящая статья предлагает анализ и обоснование этой связи, рассматривая их совместные возможности в контексте современных вызовов и перспектив развития.

Цель работы

Целью исследования является анализ синергии семиотики, трекинга и нейронных сетей в контексте современных информационных систем. Исследование направлено на выявление взаимодействия этих ключевых компонентов для создания более интеллектуальных и адаптивных систем управления информацией.

Рассматриваемый пример применения нейронных сетей для анализа китайских автомобильных номеров, направлен на иллюстрацию эффективности синергии семиотики, трекинга и нейронных сетей в распознавании и обработке информации, что может иметь важное практическое применение в области управления и безопасности, демонстрируя принципы совокупного воздействия перечисленных компонентов в реальных сценариях.

Интеграция семиотики, трекинга и нейронных сетей в современных информационных системах

Связь между семиотикой, трекингом и нейронными сетями в современных информационных системах представляет собой интегративное взаимодействие, оправданное не только синергией этих компонентов, но и их взаимной поддержкой, обогащающей способы восприятия, анализа и управления информацией. Обоснование этой связи лежит в следующих ключевых аспектах:

— Семиотика предоставляет каркас для организации знаний и структурирования информации

с использованием знаков и символов. Аспекты семиотики способствуют созданию семантических связей между данными, что значительно улучшает их понимание в контексте.

- Технологии трекинга обеспечивают системам способность отслеживать объекты в пространстве, что расширяет возможности визуального восприятия. Использование трекинга дополняет семиотику, позволяя системам динамически взаимодействовать с изменяющимся окружением.
- Нейронные сети обеспечивают автоматизированную обработку данных, что значительно улучшает эффективность анализа и классификации информации. Способность нейронных сетей обучаться на основе опыта дополняет семиотику и трекинг, создавая адаптивные системы.

Эффективное взаимодействие между семиотикой, трекингом и нейронными сетями создает интеллектуальное информационное окружение, способное не только воспринимать данные, но и интерпретировать их, анализировать и адаптироваться к изменениям.

Авторами настоящей статьи предложены к рассмотрению вопросы связи между семиотикой, трекингом и нейронными сетями, предоставляя взгляд на эффективное использование этих компонентов для развития интеллектуальных информационных систем. Например, начиная от оптимизации безопасности дорожного движения до динамического адаптивного управления данными в режиме реального времени. Исследование анализирует, как интеграция этих технологий формирует интеллектуальное будущее цифровой среды, на примере распознавания автомобильных номеров.

Распознавание автомобильных номеров (ANPR) иллюстрирует современные вызовы и возможности в информационных технологиях, решая проблемы безопасности на дорогах, оптимизации парковок и управления транспортными потоками. Интеграция с искусственным интеллектом демонстрирует технологический прогресс и создает основу для интеллектуального развития информационных систем [8].

Роль семиотики в синергии с технологиями трекинга в информационных системах

Роль семиотики в синергии с технологиями трекинга в информационных системах является ключевым аспектом, обеспечивающим эффективное взаимодействие между символическими концепциями и механизмами отслеживания объектов. Семиотика, как наука о знаках и их интерпретации, играет важную роль в структурировании и восприятии информации в системах управления [9].

Таким образом, семиотика предоставляет теоретическую основу для понимания того, как символы и знаки структурируют информацию в системах управления, а взаимодействие с технологиями трекинга обеспечивает практическую реализацию этих концепций в информационных системах.

Семиотика внедряет смысл в трекинговые данные, превращая их из абстрактных информационных потоков в понятные знаки и символы. Это облегчает восприятие и понимание динамики перемещения объектов, отслеживаемых системами трекинга.

Кроме того, семиотика способствует созданию семиотического контекста, в рамках которого данные трекинга приобретают дополнительные смысловые значения [10]. Это повышает глубину анализа и помогает в понимании взаимосвязей между отслеживаемыми объектами и их окружением.

Трекинг в информационных системах играет существенную роль в сборе и анализе данных. Такие технологии обеспечивают отслеживание объектов, их перемещений и взаимодействий в реальном времени. В контексте семиотики трекинг преобразует абстрактные данные в смысловую информацию, которая становится ключевым элементом для понимания процессов и оптимизации систем управления. Интеграция трекинга в область семиотики расширяет возможности не только по сбору объективных данных, но и по их интерпретации через призму знаков и символов, усиливая тем самым аналитический потенциал системы. Такая синергия снабжает организации более точными и значимыми данными, способствуя повышению эффективности и адаптивности информационных систем.

В результате синергии семиотики и трекинговых технологий информационные системы становятся более эффективными, адаптивными и способными предоставлять более детализированную и ценную информацию для принятия управленческих решений.

Интеграция нейронных сетей в контекст семиотики и технологий трекинга представляет собой важный этап в совершенствовании информационных систем. Нейронные сети способны обрабатывать сложные данные, выявлять паттерны и извлекать смысл из информации [11], что делает их мощным инструментом для анализа данных, собранных трекинговыми технологиями. В контексте семиотики нейронные сети могут использоваться для распознавания и интерпретации семиотических элементов в данных. Это позволяет системе не только отслеживать объекты, но и понимать их семантику и взаимосвязи, обеспечивая лучшую интегративность в различные среды. В контексте распознавания автомобильных номеров это помогает достичь применимости системы

в различных странах, с учётом их особенностей, например, распознавая не только цифры, но и специальные символы. Такая интеграция создает интеллектуальные информационные системы, способные автоматически адаптироваться к изменяющейся среде, выявлять новые семиотические закономерности и предоставлять более глубокий анализ. Этот подход открывает новые перспективы для создания более эффективных и адаптивных систем управления информацией.

Разработка и обучение нейронной сети для распознавания автомобильных номеров

Большинство работ по использованию свёрточных нейронных сетей (CNN) посвящено задачам детекции или классификации [4–6]. В то же время, рассматриваемая сегодня задача, а именно задача распознавания последовательностей на основе изображений (image-based sequence recognition), имеет ряд серьезных отличий от классических задач для свёрточных нейросетей.

В отличие от общей задачи распознавания объектов, распознавание последовательностей требует предсказания сразу нескольких меток (labels) вместо предсказания лишь одного значения. Другим свойством задачи предсказания последовательности является сильное отличие этих самых последовательностей по длине. Например, слова могут состоять как из одной буквы (например, местоимение «я»), так сразу и из 20 символов (например, «гипертрофированность»). Таким образом, наиболее популярные модели на основе свёрток не могут быть применимы для решения данной задачи — модели CNN оперируют со входами и выходами фиксированных размеров и неспособны предсказать последовательность переменной длины.

Решением проблемы работы с последовательностями может стать использование моделей рекуррентных нейронных сетей (RNN) [12]. Плюсом RNN является то, что такому классу сетей не нужна позиция каждого элемента последовательности как во время тренировки, так и во время тестирования. Однако для применения рекуррентных нейросетей необходим этап предварительной обработки, конвертирующий исходное изображение в последовательность признаков, для чего можно использовать CNN [1].

Архитектура свёрточно-рекуррентной нейронной сети (CRNN) строится на трёх элементах:

- свёрточная нейросеть
- рекуррентная нейросеть
- слой транскрипции

В начале CRNN используются свёрточные слои для преобразования исходного изображения в последовательность признаков. После свёрточных слоёв исполь-

зуется рекуррентная сеть для предсказания на основе признаков, полученных на предыдущем шаге. Для преобразования предсказаний RNN в последовательность labels используется слой транскрипции поверх слоёв RNN и CNN. Данную задачу можно рассматривать как предсказание отдельного символа для каждой позиции, что позволяет обучить CRNN при помощи одной функции потерь, несмотря на ее «составную» архитектуру из двух различных архитектур.

Свёрточная нейронная сеть — это один из видов популярных нейросетей, которые нашли применение в области обработки изображений [2]. Она основывается на идее переиспользования частей нейронной сети для обработки небольших участков входного изображения. Каждый слой такой архитектуры извлекает информацию из фиксированного кусочка входа, что позволяет эффективно распознавать простые элементы, такие как нос, глаз, ухо и т.д. [3]

В качестве свёрточной нейросети используется комбинация слоёв субдискретизации (max pooling) и слоёв свертков (convolutional layer) без использования полносвязных слоёв (fully-connected layers). Отказ от fully-connected layers позволяет существенно сократить количество параметров в сети, что влечёт за собой увеличение скорости обучения и inference, а также уменьшение занимаемого итоговой моделью места. Такая комбинация используется для извлечения признаков объекта из входного изображения. Перед передачей в сеть все изображения необходимо масштабировать до одинаковой высоты. Затем последовательность векторов признаков извлекается из карт объектов, созданных комбинацией свёрточных слоёв, который является входными данными для рекуррентных слоёв. В частности, каждый вектор признаков последовательности объектов генерируется слева направо на картах объектов по столбцам. Это означает, что i -й вектор признаков является объединением i -х столбцов всех карт. Ширина каждого столбца в настройках фиксирована как один пиксель.

Поскольку слои свёртки и субдискретизации работают с локальными областями, они обладают свойством translation invariance. Следовательно, каждый столбец карты признаков соответствует прямоугольной области исходного изображения (называемой receptive field — полем восприятия), и такие прямоугольные области расположены в том же порядке, что и соответствующие им столбцы на картах объектов слева направо.

Поверх слоёв свертки построена глубокая двунаправленная рекуррентная нейронная сеть. Рекуррентные слои предсказывают вероятностное распределение y_t для каждого признака x_t из последовательности признаков $X = x_1, \dots, x_T$.

Традиционная архитектура RNN имеет скрытый слой между входным и выходным слоем [7]. Каждый раз, когда он получает признак xt в последовательности, он обновляет свое внутреннее состояние ht с помощью нелинейной функции, которая принимает как текущий вход xt , так и прошлое состояние $ht-1$ в качестве входных данных: $ht = g(xt, ht-1)$. В качестве нелинейной функции g обычно берется гиперболический тангенс: $ht = \tanh(xt, ht-1)$. Затем выполняется предсказание yt на основе ht . Таким образом, прошлые контексты улавливаются и используются для предсказания.

Однако, базовая версия RNN страдает от проблемы *vanishing gradients* — из-за последовательного применения RNN cells в глубокой RNN при обучении методом обратного распространения ошибки градиент сети может быть ничтожно мал, что приведет к остановке обучения нейронной сети. Для решения данной проблемы базовая версия RNN была модифицирована до LSTM — Long-short term-memory. LSTM состоит из ячейки памяти и трех элементов, а именно элементов ввода, вывода и забывания. Концептуально ячейка памяти хранит прошлые контексты, а элементы ввода и вывода позволяют ячейке сохранять контексты в течение длительного периода времени. Тем временем память в ячейке может быть очищена с помощью ячейки забывания. Специальная конструкция LSTM позволяет фиксировать долгосрочные зависимости, которые часто встречаются в последовательностях, распознанных в изображениях.

LSTM является «направленной» сетью — она может использовать только прошедший контекст. Однако, в основанных на изображениях последовательностях контекст, полученный в обоих направлениях, может быть полезен. Поэтому в данной работе при помощи «склеивания» двух LSTM, имеющих разные направления, получается двунаправленная LSTM.

Транскрипция — это процесс преобразования предсказаний для каждого кадра, сделанных RNN, в последовательность меток. Математически транскрипция заключается в нахождении последовательности меток с наибольшей вероятностью, обусловленной предсказаниями для каждого признака. На практике существует два способа транскрипции, а именно транскрипция без лексики и транскрипция на основе лексики. Лексикон — это набор последовательностей меток, для которых предсказание является ограничением, например, словарь всех возможных символов, что могут встретиться при распознавании. В режиме без использования лексики прогнозы делаются без использования какой-либо лексики. В режиме на основе лексики прогнозы делаются путем выбора последовательности меток, которая имеет наибольшую вероятность.

Демонстрация точности и эффективности разработанной нейронной сети.

Демонстрация точности и эффективности разработанной нейронной сети

В качестве метрик в нашем случае будем измерять:

1. Char Error Rate (CER) — число посимвольных ошибок
2. Accuracy — доля правильно распознанных номеров

$$CharErrorRate = \frac{S + D + I}{N}$$

где S — количество замен символов
 D — количество удалений символов
 I — количество вставок новых символов
 N — общее количество символов

Тестирование будет проходить на специальном тестовом датасете, в котором нет пересекающихся с тренировочной выборкой примеров

Таблица 1.

Итоговые метрики

Метрика	Показатель метрики
Accuracy	0.9844
Char Error Rate	0.00263

В данном датасете в качестве символов использовались три типа знаков — иероглифы, цифры и латинские буквы.

Произведен анализ ошибок модели по знакам отдельно каждого класса.

Иероглифы

Самый частый иероглиф — «皖» — встречается 9491 раз, из которых модель распознала верно в 9488 случаях (3 раза модель спутала данный символ, причем с 3 разными иероглифами)

Второй по частоте иероглиф — «苏» — встречается 212 раз, из которых 209 раз модель распознала его верно (из 3 ошибок при распознавании 2 раз модель перепутала этот иероглиф с самым популярным — «皖»)

Третий по частоте иероглиф — «浙» — встречался 83 раза, из которых был верно распознан 82 раза (единственная ошибка была, когда модель перепутала этот иероглиф с самым часто встречающимся).

Остальные символы встречаются гораздо реже — некоторые 15–20 раз, но большинство в основном встречаются куда реже — в данном случае есть моменты, когда модель даже при малом количестве при обучении таких символов распознавала все символы безупречно, так и когда отличала очень плохо.

Рассмотрим такие примеры:

— «»

1. Встретился 4 раза.
2. Верно распознан 4 раза.

— «».

1. Встретился 4 раза.
2. Верно распознан 4 раза.

— «»

1. Встретился 3 раза.
2. Верно распознан 1 раз.

Большинство ошибок модели связано с редко встречающимися символами, которые по начертанию имеют схожесть с другими символами, находящимися в датасете. Возможно, первые 2 символа из верхних 3 пунктов имеют относительно уникальное начертание, позволяющее модели не путать их с другими символами, в то время как третий иероглиф может быть похож на некие другие.

Цифры и латинские символы

Самая частая буква — А — была встречена 9766 раз, при этом распознана верно 9759 раз, 7 ошибочно (пару раз даже каким-то образом перепутал с цифрой).

Все цифры встречаются примерно одинаковое количество раз (кроме цифры 4 — она встречается в 2 с лишним раза реже, чем все остальные) — среди +- 3300 повторений каждой цифры число ошибочных распознаваний равняется 12.

Анализ ошибок модели

Для дальнейшего анализа будем использовать тестовый датасет на 10_000 изображений — он не пересекается ни с валидационным, ни с тренировочным датасетами.

Сначала построим количество ошибок в номерах (в скольких номерах 1 ошибка, 2 ошибки и так до 7 ошибок — когда модель ошиблась в предсказании во всех позициях).

Итак, по графику видно, что модель:

- Совершила 1 ошибку в 404 номерах;
- Совершила 2 ошибки в 41 номере;
- Совершила 3 ошибки в 3 номерах;
- Совершила 5 ошибок в 2 номерах;
- Ошибок в 4, 6 или 7 позиций совершено не было.

Общий итог, исходя из анализа знаков с наибольшими ошибками в предсказаниях:

1. Иероглиф, несмотря на самое сложное написание и явное отличие от остальных символов, даже в крайне сложных случаях распознан верно — кроме одного знака, где просто нет трети иероглифа
2. Некоторые знаки модель могла спутать из-за не самой удачной фотографии самого номера — ночное освещение + не прямая проекция при фотографии, а смещенная.
3. Дополнения по иероглифам: такое хорошее различие иероглифов связано с тем, что в 4 из 6 номеров встречается самый частый иероглиф среди всех знаков (из 9999 знаков он встречается в 9700+), а также из-за крайней непохожести между собой и сложности написания — модель могла выучить некоторые паттерны и впоследствии именно из-за сложности так хорошо различать первый символ. Также в одном из знаков была замечена некорректная по длине предсказанная последовательность — вместо необходимого количества знаков моделью был предсказан на один меньше.

1. Validation loss минимальный на конец 20 эпохи, train loss также минимальный на конец 20 эпохи

Distribution of the number of errors in the numbers

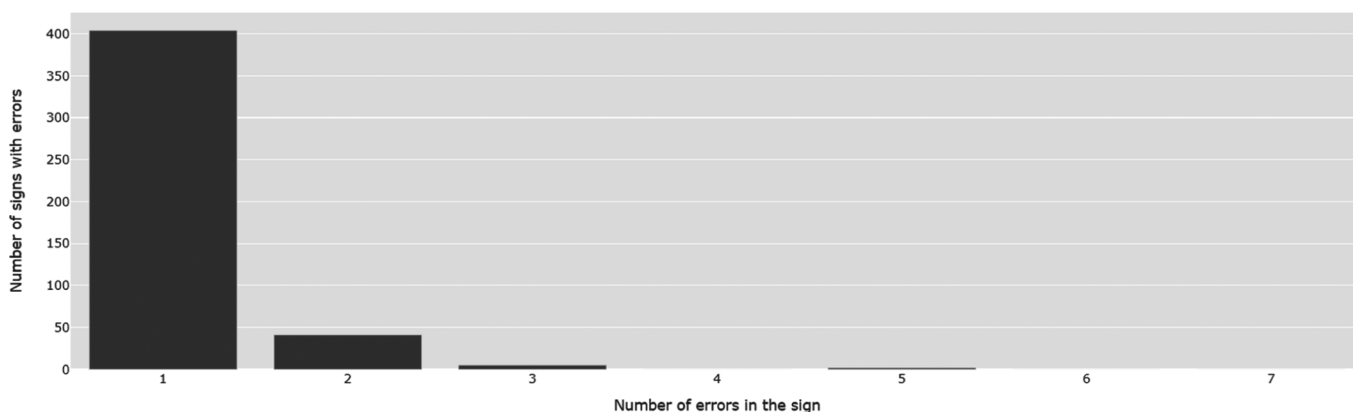


Рис. 1. График распределения количества ошибок в числах

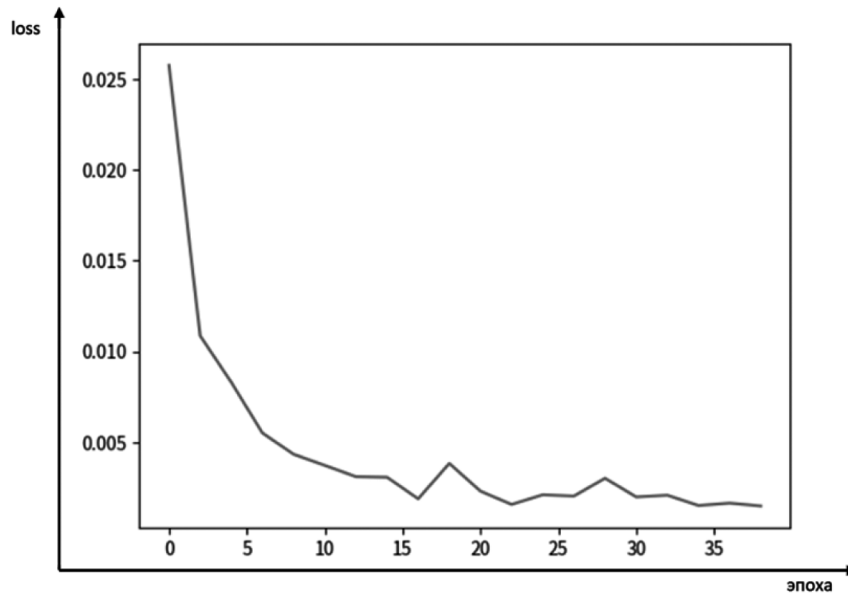


Рис. 2. График обучения модели

2. Не было момента, когда val loss рос, а train loss уменьшался — модель не недообучилась
3. Не было момента, когда val loss падал, а train loss рос — модель не переобучилась

Также на отсутствие переобучения модели указывает отсутствие резких скачков loss-а, после которых бы потери не начинали падать

Предложения по улучшению модели

1. Аугментация данных — при помощи поворотов, затемнений областей или прочих изменений изображений, содержащих в себе редкие иероглифы, можно расширить датасет и улучшить способность модели.
2. Поиск новых данных — при помощи данного приёма, модель сможет лучше адаптироваться к различным условиям среды.
3. Более длительное обучение модели — по графикам потерь можно увидеть, что вплоть до последней эпохи validation loss и train loss уменьшались, что сигнализирует об отсутствии переобучения модели. Таким образом, продолжая обучать модель после 20 эпохи, можно добиться повышения accuracy и падения CharErrorRate.
4. Ансамбль из нескольких моделей — в качестве идеи можно рассмотреть предложение ребята брали 3 модели, по-разному инициализировать веса и уже впоследствии объединять предсказания модели по каждой позиции номера — возможно, в итоге не будет такой проблемы, что модель предсказывала не все позиции или наоборот, предсказывала больше позиций, чем есть на самом деле.

Заключение

Статья посвящена некоторым вопросам интеграции семиотики, технологий трекинга и нейронных сетей в управлении информационными системами. Основной акцент сделан на расширение возможностей анализа данных трекинга и взаимодействие этих компонентов для создания более интеллектуальных и адаптивных систем. Авторы подчеркивают, что семиотика обеспечивает теоретическую основу для структурирования информации, трекинг расширяет возможности визуального восприятия, а нейронные сети улучшают эффективность анализа и классификации данных.

На примере применения нейронных сетей для распознавания китайских автомобильных иллюстрируется практическое применение синергии трех компонентов для решения реальных задач. Авторами показано, как совместное использование семиотики, трекинга и нейронных сетей позволяет системам не только собирать и анализировать данные, но и понимать их семантический контекст.

Результаты работы подчеркивают значимость синергии этих подходов для создания эффективных информационных систем, способных анализировать окружающий мир и воспринимать его семиотический контекст. Это открывает новые перспективы для развития интеллектуальных и адаптивных систем управления информацией, которые могут применяться в различных областях, от безопасности дорожного движения до оптимизации управления данными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Винокуров И.В. Использование свёрточной нейронной сети для распознавания элементов текста на отсканированных изображениях плохого качества // Программные системы: теория и приложения. 2022. Т. 13. №3(54). С. 29–43.
2. Об нейронных сетях и виды [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://sky.pro/media/neyronnye-seti/> (дата последнего обращения: 01.12.2023)
3. Жмуровский, К.В. Нейронный сети и как они работают: основные виды и этапы разработки нейронных сетей / К.В. Жмуровский // Современные тенденции и инновации в науке и производстве : Материалы XII Международной научно-практической конференции, Междуреченск, 26 апреля 2023 года / Редколлегия: Т.Н. Гвоздкова (отв. редактор), С.О. Марков [и др.]. — Междуреченск: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2023. — С. 417.1–417.3. — EDN ERDBKW.
4. Введение в сверточные нейронные сети. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://machinelearningmastery.ru/an-introduction-to-convolutional-neural-networks-eb0b60b58fd7/> (дата последнего обращения: 05.12.2023).
5. Сверточная нейронная сеть: как устроена, архитектуры и параметры — использование сверточных нейросетей. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://practicum.yandex.ru/blog/svertochnye-neyronnye-seti/> (дата последнего обращения: 06.12.2023)
6. Руководство для начинающих по сверточным нейронным сетям (CNN): пошаговое объяснение. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.devzv.com/ru/beginners-guide-to-convolutional-neural-networks.html> (дата последнего обращения: 10.12.2023)
7. Recurrent Neural Network (RNN) architecture explained in detail. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://towardsmachinelearning.org/recurrent-neural-network-architecture-explained-in-detail> (дата последнего обращения: 11.12.2023).
8. Сырецкий Г.А., Радионов А.И. Искусственный интеллект и интеллектуальные информационные системы: современное состояние // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2006. №. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-i-intellektualnye-informatsionnye-sistemy-sovremennoe-sostoyanie> (дата обращения: 14.12.2023).
9. Цветков Виктор Яковлевич Информационное семиотическое управление // Современные технологии управления. 2017. №4 (76). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnoe-semioticheskoe-upravlenie> (дата обращения: 09.12.2023).
10. Цветков Виктор Яковлевич. Семиотика информационного поля // Образовательные ресурсы и технологии. 2022. № 2 (39). С. 83–89. DOI: 10.21777/2500-2112-2022-2-83-89.
11. Дудинов И.О. Применение нейронной сети в задаче нахождения паттернов в последовательностях сигналов потребления электрической мощности // Материалы МСНК «Студенческий научный форум 2024». — 2023. — № 14. — С. 87–89
12. Применение сверточных нейронных сетей для задач NLP // Хабр. 10 апреля 2018. Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/ods/articles/353060/> (дата обращения: 12.12.2023)
13. Evangelos Kourdis (2022). The Routledge Handbook of Translation and Methodology (1st ed.). Routledge. Chapter: Semiotics 10.4324/9781315158945-12\
14. Serhii Yevseiev, Maksym Tolkachov, Darshan Shetty, Vladyslav Khvostenko, Anna Strelnikova, Stanislav Milevskiy, Sergii Golovashych The concept of building security of the network with elements of the semiotic approach // SR. 2023. №1 (64). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/the-concept-of-building-security-of-the-network-with-elements-of-the-semiotic-approach> (дата обращения: 13.12.2023).
15. Albarzan, N. (2023). The semiotic use of emojis in marketing communication (Doctoral dissertation, Duquesne University). Retrieved from <https://dsc.duq.edu/etd/2136>
16. Liu, Kecheng. (2000). Semiotics in Information Systems Engineering. 10.1017/CB09780511543364.

© Батанов Арсений Олегович (batanov@mirea.ru); Русляков Алексей Александрович (ruslyakov@mirea.ru);

Полетаев Владислав Александрович (whatislove7@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРОТОТИПИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ГРЕЮЩЕГО ПРОВОДА ПРИ ЗИМНЕМ БЕТОНИРОВАНИИ

PROTOTYPING OF A SOFTWARE PRODUCT FOR AUTOMATION OF CALCULATION OF PARAMETERS OF THE HEATING WIRE DURING WINTER CONCRETING

**R. Bikbulatov
M. Safin**

Summary. In early publications, the relevance and necessity of creating a software product that allows automating the calculation of the parameters of the heating wire during winter concreting was substantiated. Work has also been carried out on the design of the software product and its key components have been substantiated. The purpose of the presented article is to perform the next stage of work on a software product, including prototyping and development. The article presents the results of the selection of development environments, the creation of development tasks and the implementation of the first practical stage of work related to the development of a prototype of a future program. The materials of the article are an intermediate result of the creation of the program. In the subsequent studies, it is planned to continue work on the development of the final program product. At the same time, the materials presented in the framework of the current article reflect the main components of the work of the software and may be valuable for modern construction companies operating in conditions of low temperatures.

Keywords: automation, heating wire, winter concreting, extreme se-ver, software product, prototyping, development, interface.

Бикбулатов Радмир Ильдарович

Казанский Государственный
Энергетический Университет
bikbulatov77777@mail.ru

Сафин Марат Абдулбариевич

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

Аннотация. В ранних публикациях была обоснована актуальность и необходимость создания программного продукта, позволяющего автоматизировать расчет параметров греющего провода при зимнем бетонировании. Также произведены работы по проектированию программного продукта и обоснованы его ключевые составляющие. Цель представленной статьи заключается в выполнении следующего этапа работы над программным продуктом, включающего прототипирование и разработку. В рамках статьи представлены результаты выбора сред разработки, создание задач разработки и выполнение первого практического этапа работы, связанного с разработкой прототипа будущей программы. Материалы статьи являются промежуточным результатом создания программы. В последующих исследованиях планируется продолжение работы по разработке конечного программного продукта. При этом представленные в рамках текущей статьи материалы отражают основные составляющие работы программного обеспечения и могут иметь ценность для современных строительных предприятий, ведущих свою деятельность в условиях низких температур.

Ключевые слова: автоматизация, греющий провод, зимнее бетонирование, крайний север, программный продукт, прототипирование, разработка, интерфейс.

Введение

На сегодняшний день актуализируется индустриальное освоение северных территорий Российской Федерации. Основной сложностью при производстве строительных работ в условиях низких температур является долгий набор или отсутствие набора прочности бетона в естественных условиях. Это ставит задачу о необходимости применения специальных методов прогрева и набора прочности бетонизируемых конструкций [1].

Одним из наиболее актуальных методов прогрева бетона в условиях низких температур является использование греющих проводов. Провода вставляются в конструкцию по арматуре с соблюдением условий,

описанных в специальных технических документациях. При этом дополнительной задачей является проведение сложных и трудоемких расчетов параметров греющего провода и электричества для нахождения наиболее оптимальных показателей.

Ввиду этого, актуализируется задача автоматизации данных процессов. Решение данной задачи может быть достигнуто в результате разработки специального программного продукта, обеспечивающего автоматизированный расчет параметров. Также ключевыми преимуществами использования такого программного продукта станут снижение человеческого фактора при расчетах, оптимизация использования ресурсов и сокращение времени на производство работ [2].

Результаты и их обсуждение

В рамках ранее выполненной работы «Проектирование программного продукта автоматизации расчета параметров греющего провода при зимнем бетонировании» был спроектирован программный продукт, позволяющее автоматизировать выполнение расчетных операций. Определено, что проектируемый продукт должен включать в себя 3 основных окна, каждое из которых будет выполнять поэтапный расчет дополнительных параметров и вывод промежуточных и конечных результатов расчета и схем укладки проводов [3].

На рис. 1 представлена блок-схема проектирования программного продукта.

При этом также определены основные функции трех окон программного продукта. На первом из них предполагается ввод исходных данных по бетону и погодных условиях, на втором ввод данных по проводу и трансформатору, а последнее окно отвечает за вывод итоговых значений.

Основными требованиями к разработке программного продукта является возможность создать многооконное приложение, а также подвязку с помощью кода. Одним из наиболее рациональных и подходящих вариантов для создания требуемого приложения является среда разработки Unity 3D с редактором кода Microsoft Visual Studio. Необходимо отметить, что программирование в Unity осуществляется с помощью языка программирования высокого уровня C#. Таким образом, основными инструментами для реализации программы стали: среда разработки Unity 3D; редактор кода Microsoft Visual Studio; язык программирования высокого уровня C# [4-5].

На рис. 2 представлено стартовое окно среды разработки. С помощью вкладки Create будет реализована ие-

рархия для каждого окна приложения. Вкладка Inspector позволяет отслеживать изменения переменных при работе с продуктом. Во вкладке Project содержатся все элементы разработки.

Выбранная среда разработки имеет в своем функционале возможность работы с UI элементами, на основе которых реализуется взаимодействие пользователя с интерфейсом. Первым этапом разработки стало создание трех основных окон приложения. Для создания прототипа окон был использован компонент Canvas, являющийся абстрактным пространством, на основе которого реализуется интерфейс из UI элементов (рис. 3).

Был сделан выбор в сторону использования белого фона основного окна приложения, а также синей заливки верхнего меню приложения. На каждом из объектов Canvas было дано название окон приложения, а также указаны подписи, отображающие нумерацию окна. Для этого был использован UI компонент Text, включающий в себя возможность выбора шрифта, размера, цвета и расположения текста. На рис. 4 представлен результат создания прототипа 1 окна:

В результате размещения элементов и реализации вспомогательных функций был получен следующий вид второго окна (рис. 5):

Также был добавлен объект Image, представляющий из себя таблицу с пустыми итоговыми значениями. На каждое из пустых полей был вставлен компонент Text, отвечающий за вывод того или иного итогового значения [8-9]. В результате размещения элементов и реализации функций был получен следующий вид третьего окна (рис. 6):

На рис. 7-9 представлены результаты тестирования разработанной программы.

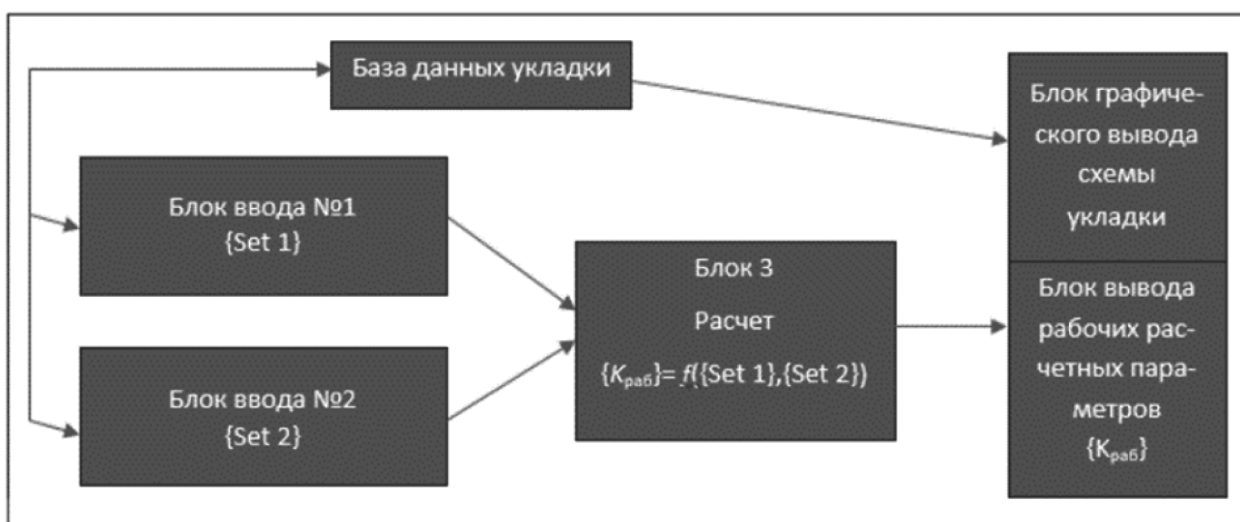


Рис. 1. Блок-схема проектирования программного продукта

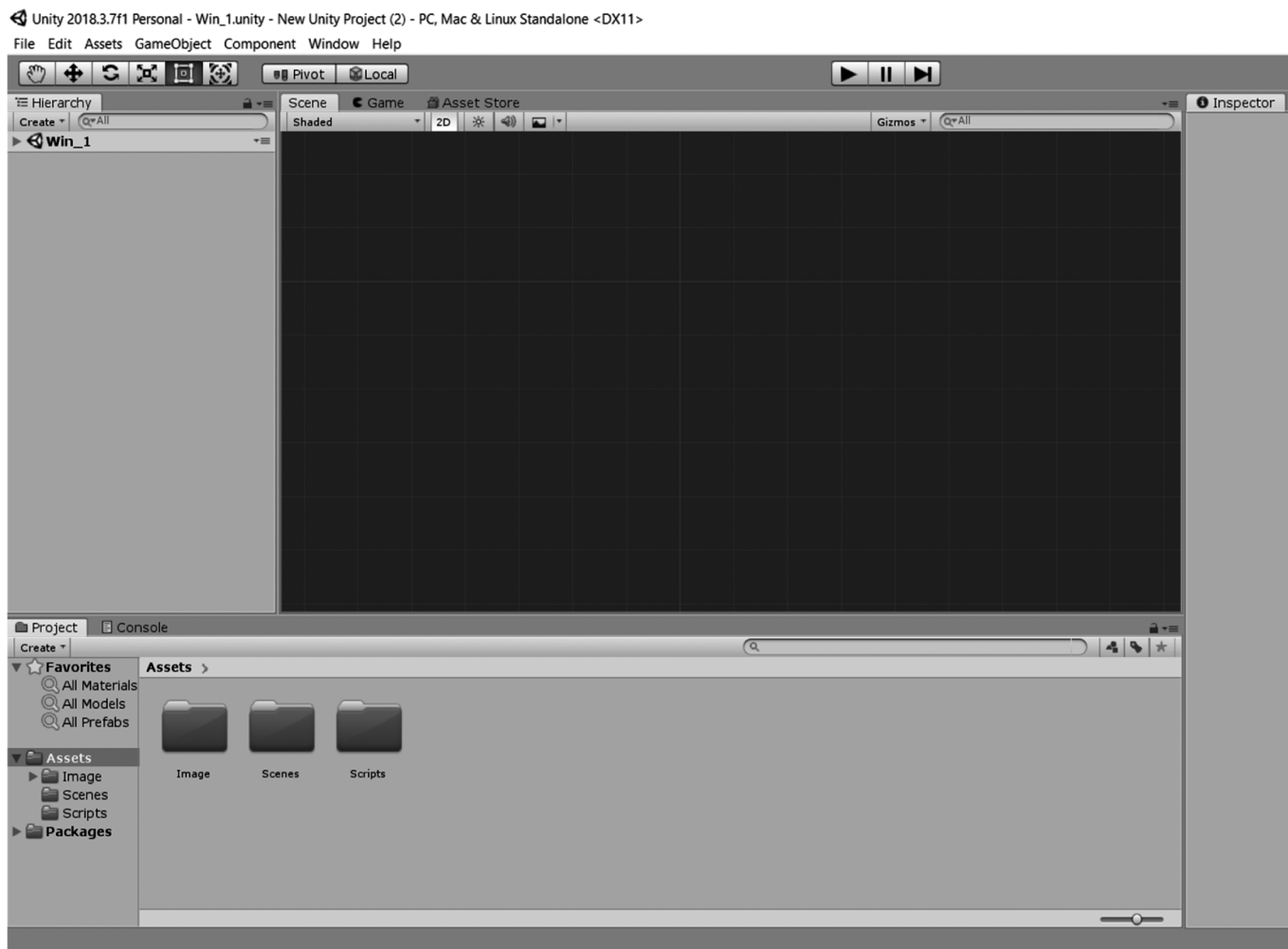


Рис. 2. Стартовое окно среды разработки

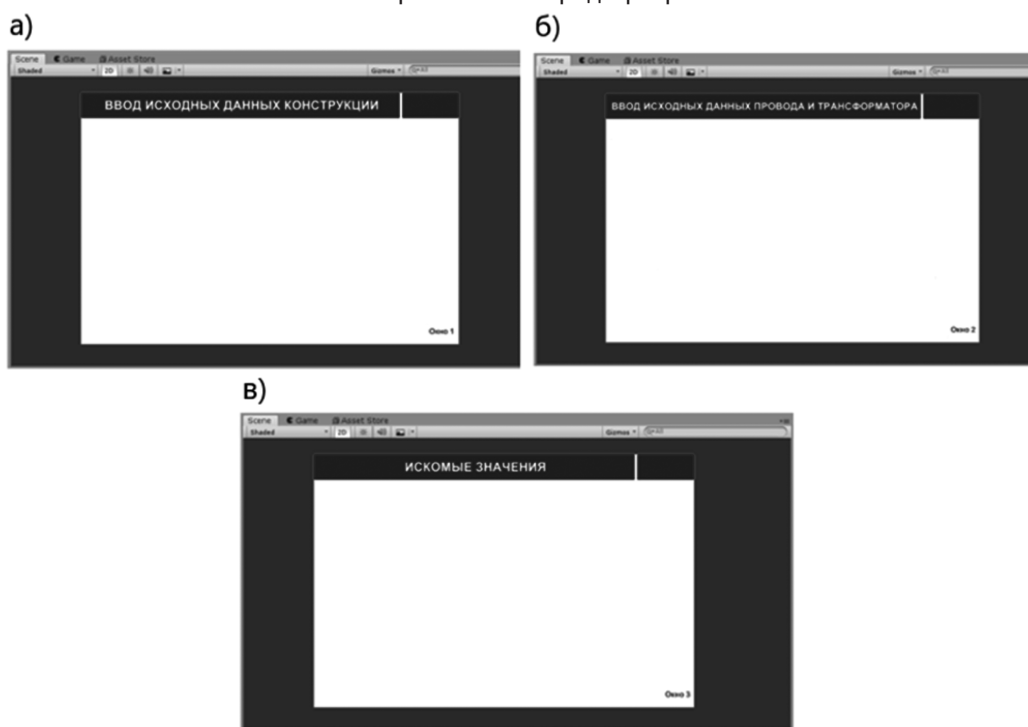


Рис. 3. Прототип трех основных окон программного продукта: а — 1 окно; б — 2 окно; в — 3 окно



Рис. 4. Первое окно после размещения всех элементов

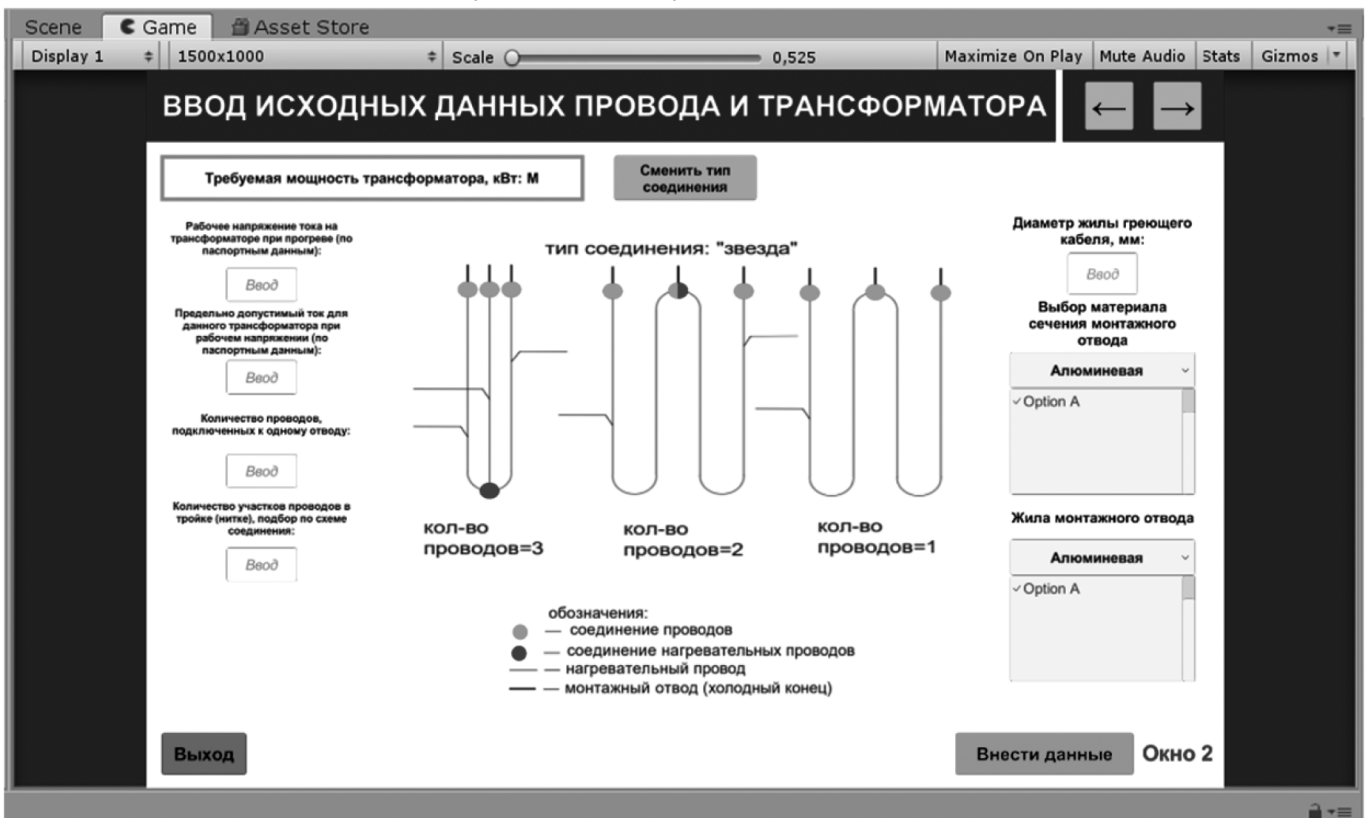


Рис. 5. Второе окно после размещения всех элементов



Рис. 6. Третье окно после размещения всех элементов

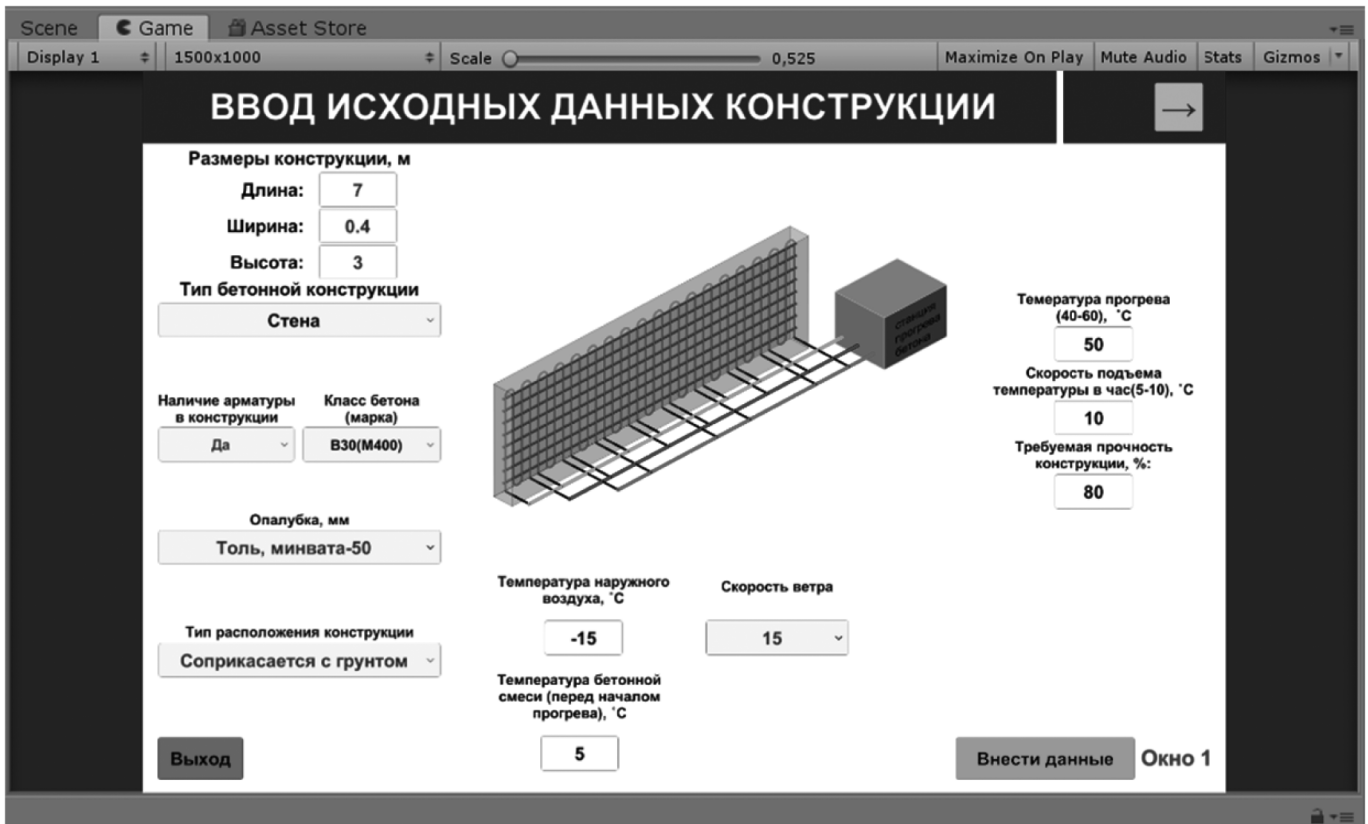


Рис. 7. Результат ввода значений и отображение схемы на 1 окне

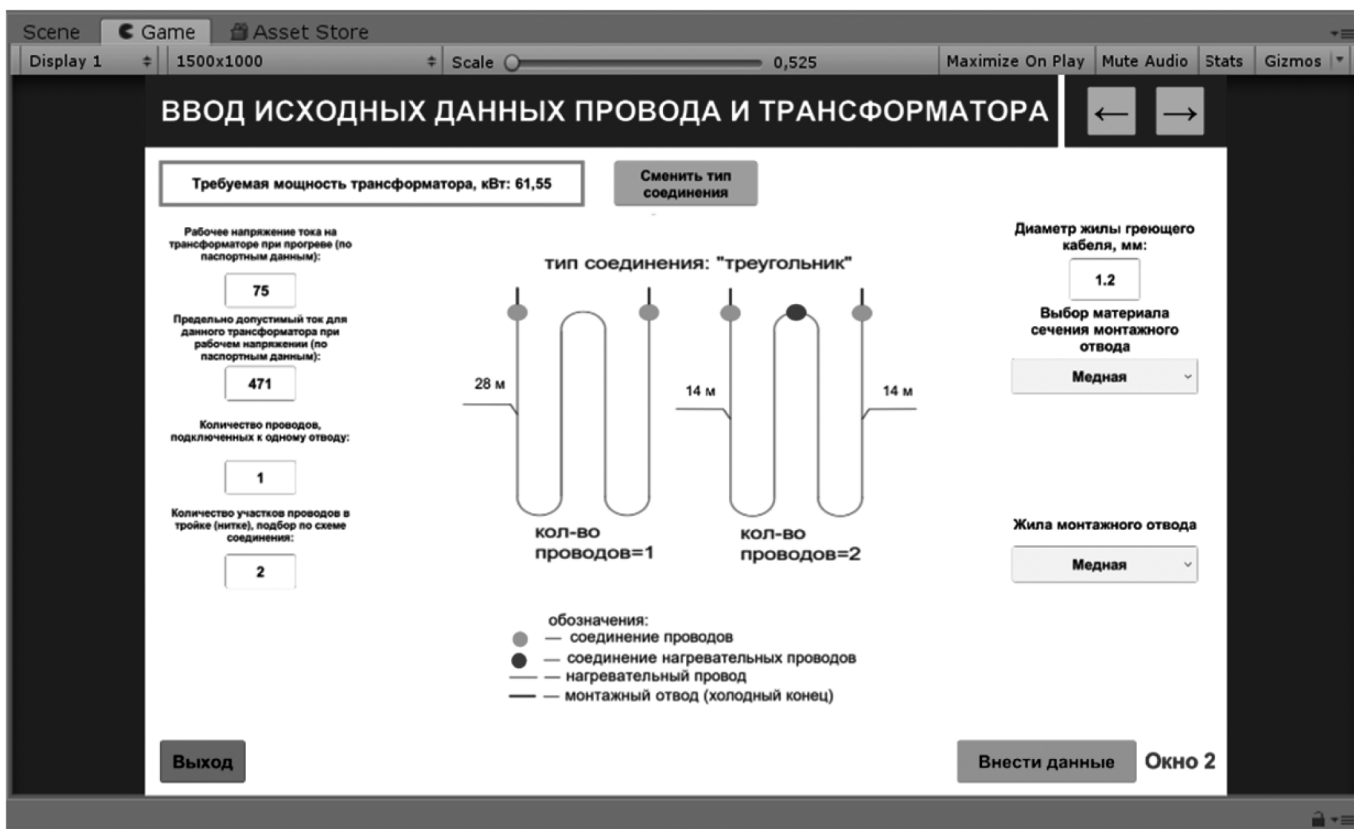


Рис. 8. Результаты получения промежуточных значений и ввода новых на 2 окне программы



Рис. 9. Получение итоговых значений на 3 окне программы

Данный программный продукт при использовании греющих проводов для прогрева бетона способен значительно ускорить сроки выполнения строительно-монтажных работ в зимний период, а также уменьшить затраты на электричество и материалы прогрева (кабель, опалубочные материалы). Областью применения данного программного продукта может выступать профессиональное помещение для прорабов на строительной площадке, в которой ответственный за производство работ сможет в кратчайшие сроки произвести расчет, и определить необходимые параметры [10].

Выводы

Таким образом, в результате выполнения работы был разработан прототип программного продукта для автоматизации расчетов параметров греющего провода при зимнем бетонировании. В качестве основы для разработки программного продукта были взяты результаты создания программного продукта из первого исследо-

вания, касающегося текущей области. В рамках текущей статьи разработан прототип каждого из трех окон с учетом определенных в предыдущем исследовании к ним требований. Итоговый прототип программного продукта включает в себя 3 основных окна, каждое из которых необходимо для заполнения исходных значений, а также выводом промежуточных результатов расчета и схем укладки проводов.

Также в результате работы приведены и результаты тестирования программного продукта на каждом из 3 основных окон. В заключение необходимо отметить, что именно информационные технологии способны обеспечить эффективное выполнение и оптимизацию использования ресурсов в строительной сфере. В связи с этим, особенно актуализируются задачи, связанные с разработкой специальных программных инструментов для автоматизации и сокращения времени на выполнение трудоемких операций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонтьев С.В., Авдеев П.П., Грибков Г.В. Проблемы зимнего бетонирования и пути их решения // ИВД. 2022. №1 (85). С. 431–440.
2. Апатова Н.В., Узиков Т.К. Влияние информационных технологий в строительстве на экономический рост // Экономика строительства и природопользования. 2018. №4 (69).
3. Сафаров И.М., Хаматханов Д.И., Калимуллин А.А. Автоматизированная система управления параметрами теплоносителя с удаленным доступом // ИВД. 2018. №2 (49).
4. Львова Т.Н., Бикбулатов Р.И., Пирогова А.М. Проектирование программного продукта автоматизации расчета параметров греющего провода при зимнем бетонировании // ИВД. 2023. №5 (101). С. 112–122.
5. Т.Х. Мухаметгалеев, Р.И. Бикбулатов, А.М. Пирогова. Автоматизация расчета параметров греющего провода при зимнем бетонировании // Инженерный вестник Дона, №12 (2022)
6. Руководство по производству бетонных работ в зимних условиях, районах Дальнего Востока, Сибири и Крайнего Севера/ЦНИИИМТП Госстроя СССР. — М.: Стройиздат, 1982. — 213с.
7. Milkina Yu.A., Makarova E.E. Introduction of modern information technologies in the construction industry // Organizer of production. 2021. №3.
8. Сафин М.А., Идрисова Г.Ф. Автоматическая система контроля и регулирования микроклиматических параметров парильного помещения бани // Инженерный вестник Дона №5(101) 43–50с.
9. Джанкулаев А.А. Методы зимнего бетонирования железобетонных конструкций // Вопросы науки и образования. 2021. №11 (136). С. 27–29.
10. Trishin I.G. The experience of creating software based on the Unity3d game engine for solving problems of reconstruction of facades of the St. George cathedral, Yuryev-Polsky (Vladimir region) // Historical Informatics. 2018. No.2 (24). pp. 68–74.

© Бикбулатов Радмир Ильдарович (bikbulatov7777@mail.ru); Сафин Марат Абдулбариевич (Cmvorkut@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАДАЧ ОБНАРУЖЕНИЯ И УСТРАНЕНИЯ ПОЖАРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

AUTOMATION OF FIRE DETECTION AND ELIMINATION TASKS USING UNMANNED AIRCRAFT

R. Bikbulatov
M. Safin

Summary. The number of seasonal fires and destroyed hectares of forest increases annually. In this regard, the task associated with the use of innovative tools to solve this problem is being updated. The purpose of the presented article is to analyze the possibility and form requirements for automating the tasks of detecting and eliminating forest fires using unmanned aerial vehicles. As a result of the work, the need to use the advanced achievements of scientific and technological progress to solve the presented problem is actualized, and requirements for the use of unmanned aerial vehicles for conducting operations to detect and eliminate fires are formed. The materials of the article have practical value, expressed in the possibility of creating real prototypes of unmanned aerial vehicles based on the presented requirements and their practical application to solve the described tasks.

Keywords: unmanned aerial vehicle, automation, fire extinguishing, forest fire, detection, elimination of fires, innovative tools, monitoring, complex analysis.

Бикбулатов Радмир Ильдарович

Казанский Государственный
Энергетический Университет
bikbulatov77777@mail.ru

Сафин Марат Абдулбариевич

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

Аннотация. Ежегодно увеличивается количество сезонных пожаров и уничтоженных гектаров леса. В связи с этим актуализируется задача, связанная с использованием для решения данной проблемы инновационных инструментов. Цель представленной статьи заключается в проведении анализа возможности и формировании требований к автоматизации задач обнаружения и устранения лесных пожаров с использованием беспилотных летательных аппаратов. В результате работы актуализируется необходимость использования передовых достижений научно-технического прогресса для решения представленной задачи, а также формируются требования к использованию беспилотных летательных аппаратов для проведения операций по обнаружению и устранению пожаров. Материалы статьи имеют практическую ценность, выражающуюся в возможности создания реальных прототипов беспилотных летательных аппаратов на основе представленных требований и их практического применения для решения описываемых задач.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, автоматизация, тушение пожаров, лесной пожар, обнаружение, устранение пожаров, инновационные инструменты, мониторинг, комплексный анализ.

Введение

Пожары являются самым разрушительным видом чрезвычайных ситуаций. При этом в течение последних лет наблюдаются тенденции к увеличению количества его очагов и последствий. Одними из наиболее опасных последствий является не только уничтожение лесных массивов, но и человеческие жертвы. По данным Росстата, до 2022 года наблюдалось повышение количества пожаров. И только предварительные данные за 2023 год свидетельствуют о снижении этого числа. Это свидетельствует о нестабильной ситуации и необходимости создания новых мер по предотвращению и борьбе с пожарами.

Одним из актуальных направлений развития данного вопроса является создание инновационных аппаратов, способных круглосуточно производить мониторинг лесных массивов и частных секторов для фиксации возгорания или отслеживания динамики распространения уже

возникших пожаров. Важно подчеркнуть, что необходимо создание разнонаправленной технологии, способной решать целый круг задач, связанных с обнаружением и устранением пожаров [1].

В качестве одного из решений данной проблемы предполагается использование специально-оснащенных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). В рамках текущей статьи рассматриваются основные аспекты и требования, предъявляемые к БПЛА, для возможности решения на основе их использования широкого круга рассматриваемых задач. Важно отметить, что основными аспектами решения проблемы на основе предлагаемой технологии, являются алгоритмические основы управления БПЛА, а также их аппаратное и программное оснащение [2].

Результаты и их обсуждение

Использование БПЛА для решения проблем, связанных с обнаружением и устранением пожаров, является

достаточно новым направлением развития современного научно-технического прогресса. Беспилотные летательные аппараты представляют собой инновационный инструмент для борьбы с пожарами ввиду ряда ключевых особенностей. В первую очередь, БПЛА способны вести круглосуточный мониторинг вне зависимости от погодных условий и времени суток. Помимо этого, необходимое аппаратно-программное оснащение БПЛА дает возможность обнаружения небольших пожаров на начальной стадии [3].

Также важно отметить, что беспилотные летательные аппараты способны вести мониторинг местности больших площадей без участия человека. Это значительно автоматизирует процессы и снижает риски для людей, работа которых связана с выполнением этих же самых задач. Однако для возможности повсеместного использования БПЛА для решения таких задач необходимо провести комплексный анализ требований к аппаратно-программному оснащению и алгоритмическому взаимодействию групп летательных аппаратов в воздухе [4].

В качестве первой задачи будет рассмотрен алгоритм взаимодействия и расположения нескольких БПЛА в воздухе. Мониторинг пожаров должен производиться по всей площади исследуемой местности. Необходимо исключить места, которые не будут исследованы беспилотными аппаратами. Для такой возможности необходимо использование алгоритма «пчелиная колония». Так, вместо сканирования всеми БПЛА одной и той же площади местности может быть использован принцип использования разведчиков с целью уточнения информации. На рис. 1 представлена схематичная интерпретация взаимодействия БПЛА на основе данного алгоритма:

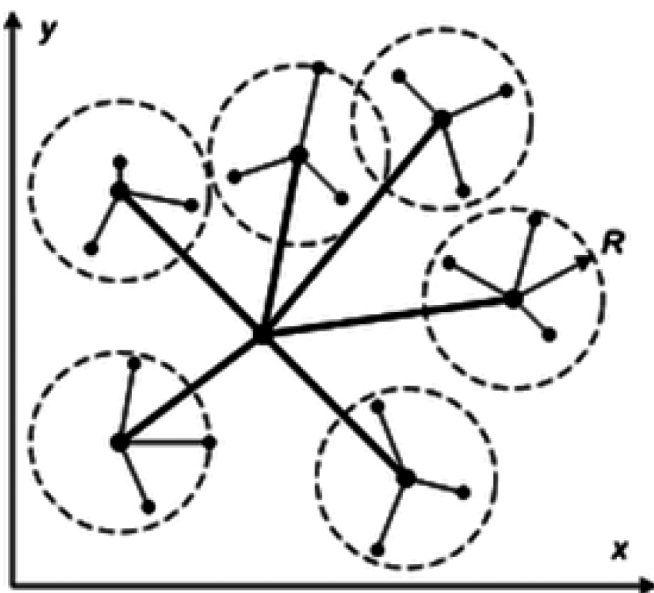


Рис. 1. Алгоритмическая интерпретация взаимодействия БПЛА

Основой эффективного взаимодействия группы БПЛА является определение скорости. Скорость должна определяться в соответствии с заданным расположением позиций. При этом учитываются два параметра — персональная наилучшая позиция (ПНП) и глобальная наилучшая позиция (ГНП). Далее представлено уравнение, связывающее скорость и данные позиции [5]:

$$u_n^{i+1} = w * u_n^i + c_1 rand(x)(p_n - x_n) + c_2 rand(x)(g_n - x_n)$$

где u_n^i — скорость БПЛА в n -том измерении на предыдущем шаге, x_n — это координата частицы в n -том измерении, c — влияние других БПЛА, p_n — ПНП, g_n — ГНП.

На рис. 2 изображена алгоритмическая интерпретация работы описываемого метода взаимодействия группы БПЛА в воздухе.

Реализация данного алгоритма позволит наиболее оптимально распределять БПЛА в пространстве. Фактически, оптимальное распределение группы БПЛА сводится к задаче минимизации использования ресурсов при максимизации исследуемого пространства. На основе представленного алгоритма будет достигнут захват всей исследуемой территории при наименьших затратах [6].

В качестве программной реализации для сканирования местности необходимо использование специальных методов. Наиболее подходящим в рамках данной задачи является метод Template Matching (сопоставление шаблонов). Его принцип работы заключается в следующем:

1. Подготовка шаблона. Сначала создается шаблонное изображение, представляющее собой небольшой фрагмент известной местности без пожара, то есть «нормальной» местности.
2. Сканирование изображения. Алгоритм Template Matching сканирует большое изображение (например, аэрофотоснимки местности, сделанные с БПЛА) с помощью окна, которое перемещается по всей поверхности. Это окно имеет те же размеры, что и шаблон.
3. Сравнение шаблона и фрагментов изображения. Для каждого положения окна алгоритм сравнивает содержимое окна с шаблоном, используя различные метрики сходства, такие как сумма квадратов разностей (Sum of Squared Differences, SSD) или кросс-корреляция [5].
4. Выделение совпадений. Если метрика сходства между шаблоном и фрагментом изображения удовлетворяет определенному пороговому значению, то это место считается подозрительным на наличие пожара.
5. Маркировка областей пожаров. Области совпадений могут быть маркированы или выделены на изображении как потенциальные очаги пожаров [7].

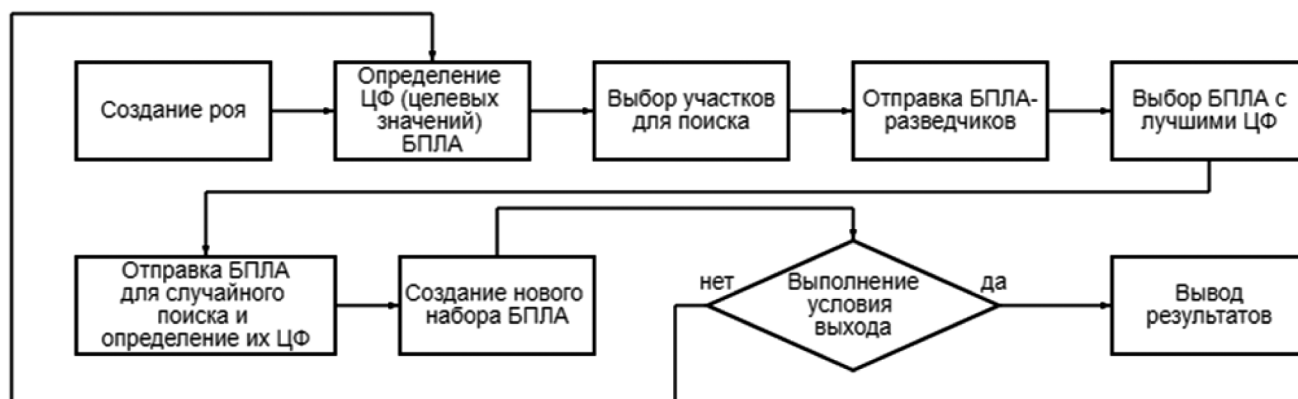


Рис. 2. Алгоритм взаимодействия группы БПЛА в воздухе

Заключительной частью формирования требований к БПЛА является аппаратное оснащение. Для выполнения задачи по обнаружению пожаров необходимо наличие таких составляющих, как камера, антенна БПЛА, наземная антенна и микропроцессор. В таблице 1 представлен перечень полных требований к аппаратно-программному оснащению БПЛА, требуемых для эффективного решения задачи по обнаружению очагов возгорания.

В качестве базового БПЛА для решения данных задач и возможности его дооснащения представленными требованиями к аппаратно-программной части необходимо взять модель российского производства груп-

пы компаний «Беспилотные системы» Supercam-350. Данная модель беспилотного летательного аппарата уже имеет встроенную камеру высокого разрешения, полученные снимки с которой могут быть обработаны представленными методами для получения наиболее объективных результатов. Также важно отметить, что универсальная конструкция данного БПЛА предусматривает возможность интеграции широкого спектра приборов и устройств на своем борту [8].

На рис. 3 представлена конструкция данного беспилотного летательного аппарата.

Соблюдение представленных требований к материально-техническому оснащению БПЛА является основой

Таблица 1.

Требования к аппаратно-программной составляющей БПЛА

№ п/п	Техническое решение	Вид аппаратно-программного обеспечения	Назначение	Требования	Пример
Этап: «Непрерывный мониторинг»					
1	Инфракрасная камера высокого разрешения	Техническое устройство	Регистрация изображений (получение фотографий); сканирование местности на вопрос наличия разности температур	Минимальное разрешение 640x512	DayCor Compact
2	Антенны для БПЛА	Приемо-передающее устройство	Связь и организация положения в пространстве с другими БПЛА	Диапазоны частот: 1800 МГц, 2.4ГГц Коэффициент усиления: 4–10дБ Быстросъемное подключение	ForaAS1225 Tallysman HC871
Этап: «Детектирование аномалий»					
3	Микропроцессор	Аппаратное обеспечение	Хранение информации и осуществление программных операций	Четырех-ядерный процессор Жесткий диск объемом 4Гб	ICE-BT COM Express T10
4	Инструмент обработки изображений	Программное обеспечение	Фотограмметрическая обработка данных	Возможность уменьшения дисперсии с целью увеличения контрастности полученного изображения	TrimbleUASMaster
Общие требования					
5	Наземная антенна	Приемо-передающее устройство	Увеличение дальности работы систем связи относительно штатных антенн	Диапазоны частот: 920 МГц, 1250 МГц, 1800 МГц, 2.4 ГГц Коэффициент усиления: 13–25 дБ	ФАР СТ-НФ-2LTFMxx

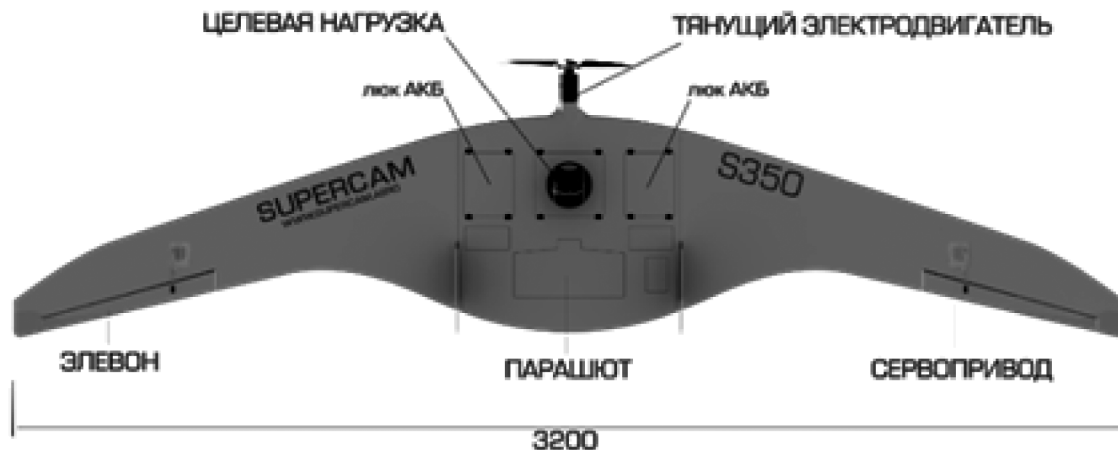


Рис. 3. Конструкция БПЛА Supercam-350

в создании наиболее эффективных решений БПЛА для решения задач по обнаружению и устранению пожаров. При этом используемые методы обработки изображений представляют возможность получения результатов сканирования в режиме реального времени с минимальной задержкой. Это позволит ведомствам принимать оперативные меры по ликвидации очагов возгорания [9].

Выводы

Таким образом, основной целью представленной статьи являлась автоматизация задач обнаружения и устранения пожаров с использованием БПЛА. Для достижения цели определена роль и актуальность применения БПЛА, а также приведены основные требования к аппаратно-программному оснащению данных аппаратов. Также в работе предложена алгоритмическая интер-

претация регулирования расположения группы БПЛА в воздухе для максимизации исследуемой территорией с минимизацией затрачиваемых ресурсов. На заключительном этапе сделан выбор в сторону использования в качестве базы для оснащения и использования в решении описываемых задач БПЛА типа Supercam-350.

В заключение необходимо отметить, что именно БПЛА представляют наиболее оптимальный инструмент для решения различных задач автоматизации по исследованию местности. При этом задачи могут сводиться не только к обнаружению пожаров, но и иных аномалий на местности, примером которых может стать утечка нефти, анализ природных катаклизмов и иные. В рамках представленной работы сформирован полный набор требований и обоснована необходимость использования БПЛА для задач по обнаружению пожаров [10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Картеничев А.Ю., Панфилова Е.В. Технологии тушения пожаров с использованием беспилотных летательных аппаратов // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2019. №10. С. 149–151.
2. Таранцев А.А., Чикитов Ю.И. Модель применения беспилотных летательных аппаратов в целях тушения крупных лесных пожаров в зоне применения наземных сил и средств // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2016. №2. С. 21–27.
3. Калашников А.А. Применение беспилотных летательных аппаратов при тушении лесных пожаров (на примере Самарской области) // Academy. 2018. №12 (39). С. 23–25.
4. Xiaofan S.P., Vasiliev M.A., Zybina O.A. Prospects for the use of miniature unmanned aerial vehicles in robotic fire detection and extinguishing systems // Scientific and Analytical journal «Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia». 2022. No. 2. pp. 17–24.
5. Сафаров И.М., Валеев З.Н., Шумаев Т.А. Проектирование автоматизированных систем управления технологическими процессами с применением методов теории графов // Инженерный вестник Дона №4(51) 2018.
6. Середа Э.А., Аксенов С.Г. Применение беспилотных авиационных систем при тушении лесных пожаров // Экономика строительства. 2023. №8. С. 34–37.
7. Скуднева О.В., Коптев С.В., Иванцов С.В. Навигационно-пилотажная система беспилотного летательного аппарата для мониторинга лесных пожаров // Известия ВУЗов. Лесной журнал. 2020. №6 (378). С. 194–207.
8. Shimon N.S., Korolev A.V. Optimization of the flight path of a UAV over a forest area during thermal imaging of a fire or search for people // Modern technologies for civil defense and emergency response. 2016. No.1 (7). pp. 385–388.
9. Ермилов А.В., Дормидонтов А.В. Применение беспилотных летательных аппаратов при изучении пожарно-тактических дисциплин // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2016. №1 (7). С. 26–28.
10. Сафин М.А., Бикбулатов Р.И., Пирогова А.М. Повышение эффективности автоматической идентификации разливов нефти с помощью беспилотных летательных аппаратов // Инженерный вестник Дона №12(2022)

© Бикбулатов Радмир Ильдарович (bikbulatov7777@mail.ru); Сафин Марат Абдулбариевич (Cmrvorkut@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДОРОЖНОГО ПЕРЕКРЕСТКА ГОРОДА МОСКВЫ И ПРОВЕДЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА В ANYLOGIC

DEVELOPMENT OF SIMULATION MODEL OF A MOSCOW ROAD INTERSECTION AND CONDUCTING AN OPTIMIZATION EXPERIMENT IN ANYLOGIC

**M. Biryukov
V. Panferova
I. Murashev**

Summary. This article describes the process of developing a simulation model — a section of the transport network of the city of Moscow with an optimization experiment in the AnyLogic program. A sufficient description of the algorithm of actions and the results obtained has been compiled.

Keywords: simulation model, optimization experiment, AnyLogic, transport.

Бирюков Михаил Алексеевич

Российский биотехнологический университет (Москва)
mikhailbiruykov@mail.ru

Панферова Валерия Сергеевна

Российский биотехнологический университет (Москва)
panferova@mail.ru

Мурасhev Игорь Дмитриевич

д.т.н., доцент, профессор,
Российский биотехнологический университет (Москва)
murashov_45@mail.ru

Аннотация. В данной статье описывается процесс разработки имитационной модели — участка транспортной сети города Москвы с проведением оптимизационного эксперимента в программе AnyLogic. Составлено достаточное описание алгоритма действий и полученных результатов работы.

Ключевые слова: имитационная модель, оптимизационный эксперимент, AnyLogic, транспорт.

Многие предприятия в настоящее время все больше стремятся к тому, чтобы предотвратить даже незначительные отклонения в работе действующих и внедряемых бизнес-процессов. Из-за чего в бизнес среде все больше стали полагаться на методы имитационного моделирования с применением специализированных программ для моделирования бизнес-процессов. Благодаря им предприятия могут фиксировать знания о связях в системах, безопасно внедрять изменения в систему, автоматически получать необходимые показатели для достижения поставленных целей с учетом установленных условий.

Имитационное моделирование — метод исследования объектов, основанный на замене изучаемого объекта имитационной моделью. С имитационной моделью проводят эксперименты, не затрагивая при этом реальный объект, чтобы получить в качестве результата информацию об изучаемом объекте. Имитационная модель при этом представляет собой информационный объект [1].

Основная цель имитационного моделирования — получение приближенных знаний о некотором параметре объекта без непосредственного измерения его значений [1].

AnyLogic — единая платформа для имитационного моделирования любых бизнес-систем, поддерживает

такие подходы как: дискретно-событийный, агентный, системная динамика. Все эти методы могут быть скомбинированы в ней в различных вариациях на базе одной программы для моделирования бизнес системы любой сложности. Данное ПО поддерживает также визуальные языки моделирования, среди которых: диаграммы процессов, диаграммы состояний, блок-схемы и диаграммы потоков и накопителей [2].

Для разработки нашей имитационной модели участка транспортной сети мы сформулировали общее описание этой системы, руководствуясь представлением о существующем реальном объекте — перекрестке в городе Москве на улице Охотный ряд [3].

Исходя из данных с рисунка 1, исследуемый нами перекресток — это регулируемый у-образный перекресток, состоящий из 4 дорог смыкающихся вместе, по которым перемещаются автомобили и автобусы, и который регулируется посредством светофора [4]. На дорогах имеется строгая разметка, по которой нужно следовать и которую запрещено пересекать. Имеются знаки запрещающие остановку.

Вторым шагом является перечисление исходных данных имитационной модели (предполагается, что мы предварительно получили данные о реальном объекте). В нашем случае мы определили следующие:

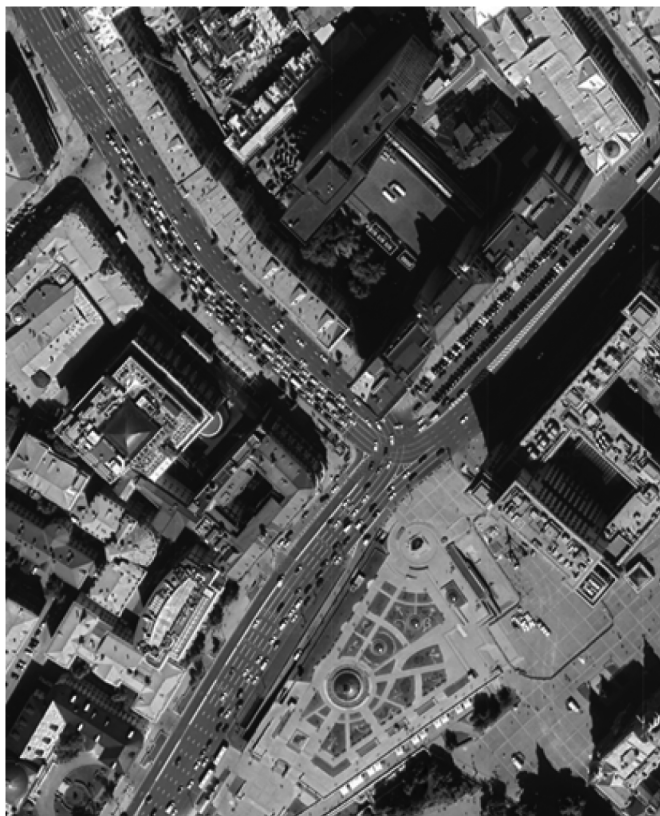


Рис. 1. Снимок со спутника участка транспортной сети города Москвы

Единицы модельного времени — секунды;

Количество автомобилей, которые генерируются на каждой дороге — 1000 в час;

Количество автобусов, которые генерируются на специально отведенной дороге — 500 в час;

Средняя скорость: автомобиля — 60 км/ч, автобуса — 50 км/ч;

Средняя длина автомобиля — 5 метров, автобуса — 12 метров;

Время светофора, которое выделено на каждую стадию: красный и зеленый 30 секунд, желтый 5 секунд (красный — автобусы стоят, зеленый — автобусы едут, желтый — движение запрещается для всех);

Таким образом, мы описали все достаточные параметры. Более детально описывать систему мы не стали, так как все необходимые дополнительные значения задаются у объектов в AnyLogic по умолчанию.

Третьим и самым ответственным шагом является реализация нашей имитационной модели в AnyLogic. В ней есть ряд разнообразных библиотек, подходящих под

реализацию конкретной задачи конструирования имитационной модели. В нашем случае нам понадобились следующие библиотеки: «Библиотека дорожного движения», «Библиотека моделирования процессов», «Презентация», «Агент».

Описание каждого элемента на рисунке 2 с учетом ключевых слов в названии:

carSource и busSource — генератор автомобилей и автобусов, который имеет задающиеся параметры, такие как: генерация X объектов в час, место генерации — дорога или парковка, дорогу (например, дорога 1, полоса — основная (со стрелкой) или встречная), поля характеристик агентов, где указываются их: длина, начальная скорость, предпочитаемая скорость, максимальное ускорение, максимальное торможение;

selectRoad — ветвление, принимающее параметры отбора в виде условия или заданной вероятности, по которым определяется к какому маршруту нужно двигаться, в нашем случае мы определяем выполнение по вероятности;

carMoveTo — это объекты, указывающие на дорогу, к которой будет двигаться появившаяся машина, их параметр — название дороги;

Dispose — утилизатор генерируемых объектов — он не имеет параметров.

trafficLight — это список правил включения светофоров, в нем задаются следующие параметры: ссылка на дорогу на визуальной модели (рис. 3), стадии (красный, зеленый, желтый), время для каждой стадии;

roadNetworkDescriptor — объект, отвечающий за описание уровня пробок на участках дороги визуальной имитационной модели: красный — высокий уровень, желтый — средний и зеленый — низкий;

trafficLight<Color> — параметр, отвечающий за время длительности определенной стадии светофора.

cars и buses — популяции определенных нами объектов Car и Bus, отвечают за хранение этих объектов;

timeInModel — хранилище учтенного времени (в секундах), которое потребовалось машине, чтобы выйти из участка транспортной сети.

Описание каждого элемента на рисунке 3 по часовой стрелке:

Построенный участок транспортной сети по снимку со спутника с масштабом 1:45 метрам;

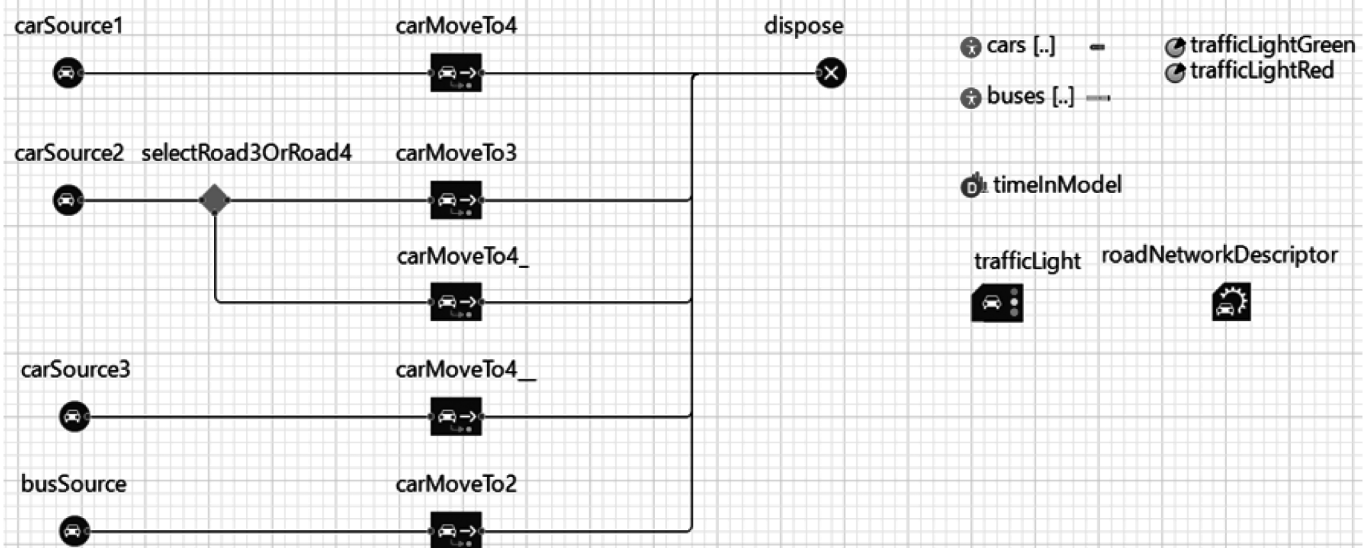


Рис. 2. Созданная в программе структура имитационной модели — участка транспортной сети города Москвы

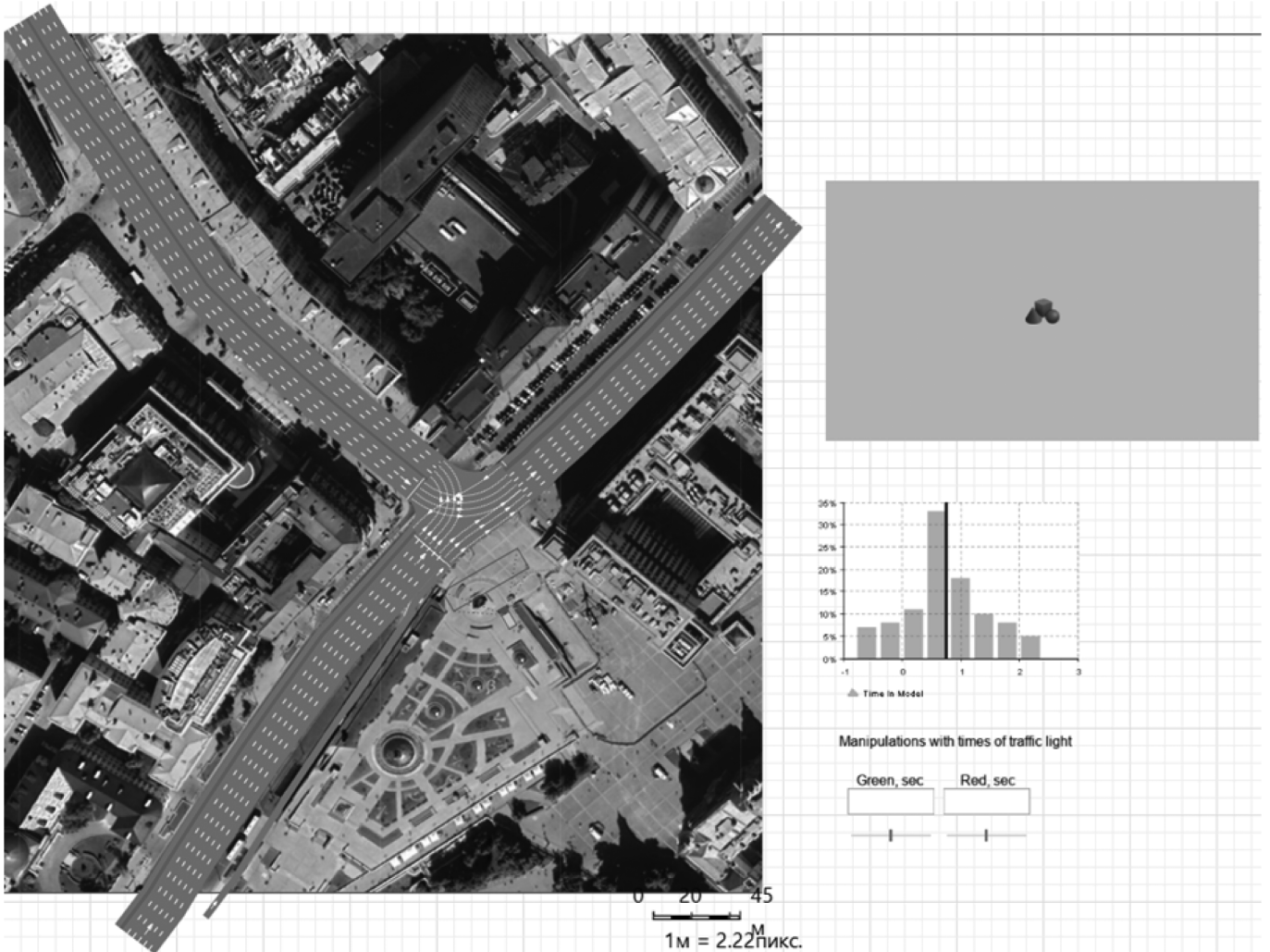


Рис. 3. Созданная в программе визуальная часть имитационной модели — участка транспортной сети города Москвы

3D окно для дополнительной визуализации перемещения машин;

Гистограмма для отображения изменения времени, которое необходимо машине, чтобы выйти из участка транспортной сети в нужном ей направлении;

Графический интерфейс для изменения параметров времени светофора, для стадий красного и зеленого цвета на светофоре.

Для получения данных о времени, которое потребовалось для выхода машин из участка транспортной сети, у агентов Car и Bus мы установили параметр startTime, который будет принимать значение времени при создании машины, и инструкцию при уничтожении машины, которая вносит разность времени уничтожения и создания в хранилище timeInModel.

При помощи визуализации процесса перемещения машин по перекрестку восприятие информации становится более быстрым (рисунок 3). Помимо этого, в AnyLogic такое визуальное описание является обязательным и в случае неверно заданных инструкций и параметров программа сообщит о невозможности

проведения симуляции, так как заданные условия могут противоречить друг другу и их исполнение приведет к ошибке.

Благодаря встроенным средствам библиотек «Библиотека дорожного движения» и «Презентация» мы с легкостью можем обнаружить изъяны нашего имитируемого объекта при работе системы (рис. 4). В нашем случае мы можем заметить, что основное движение 3 и встречное движение 4 дорог имеет высокий уровень пробок при заданных параметрах времени стадий работы светофора. Также по полученной имитационной модели мы можем обнаружить, что в целом нагрузка на дорогах низкая. Среднее время выхода машин 48,02 секунды. Исходя из этой информации, мы можем доработать нашу модель для получения необходимых для нас результатов.

Созданный нами пользовательский интерфейс с помощью библиотеки «Презентация» позволяет нам увидеть процесс работы системы в деталях. Исходя из нашего примера, мы можем увидеть уровень пропускной способности нашей системы, 3D анимацию движения машин. Помимо этого, у нас в распоряжении имеются инструменты для регулировки параметров времени

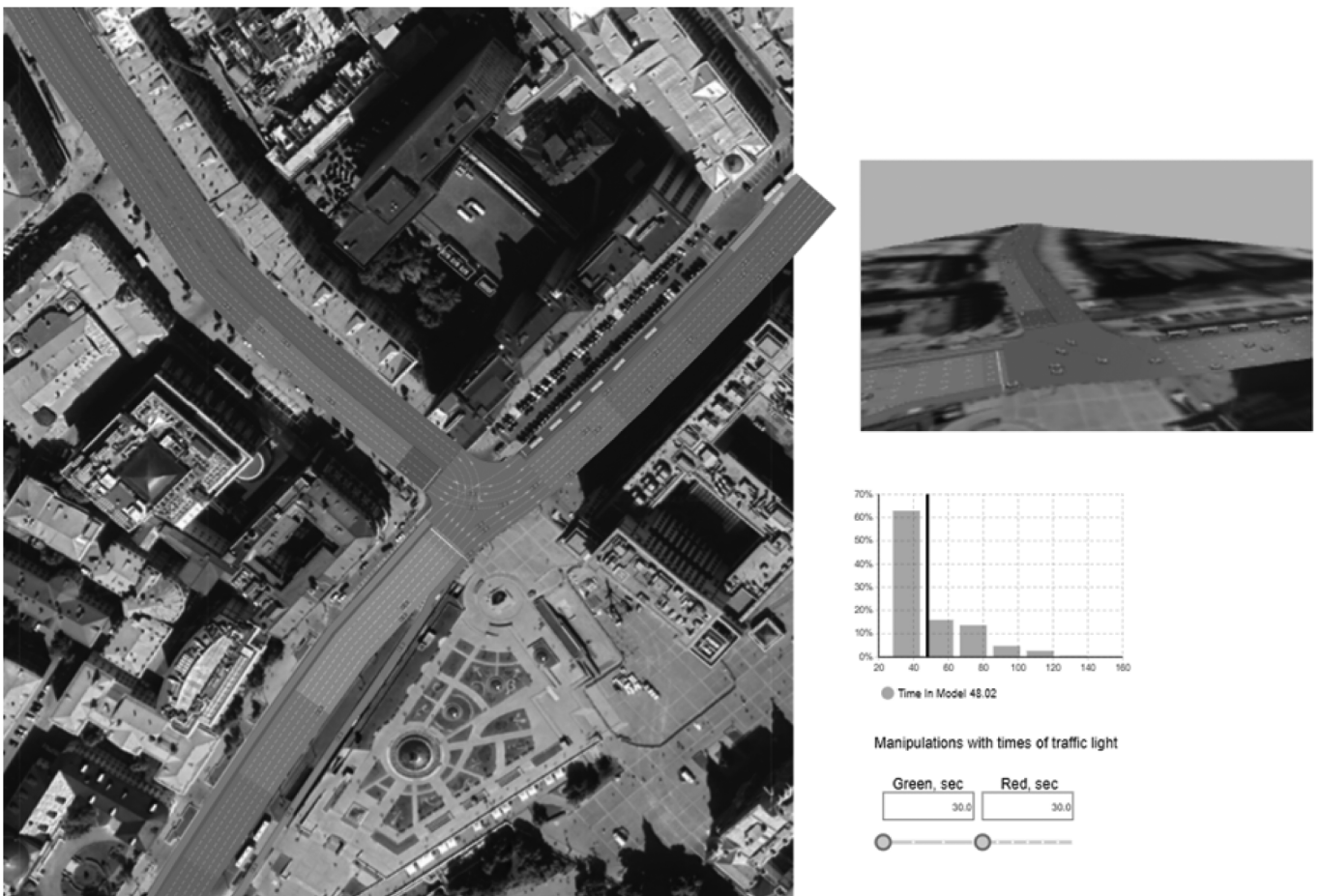


Рис. 4. Процесс симуляции работы перекрестка

стадий работы светофоров. Все это дает нам возможность проверить обоснованность какой-либо гипотезы на примере спроектированной нами имитационной модели.

Заключительным действием моделирования перекрестка является проведение оптимизационного эксперимента. Его главная функция является получение параметров системы, при которых какое-либо заданное нами выражение целевой функции достигает своего оптимума. С помощью него мы можем проверить нашу гипотезу, повысить производительность разрабатываемой нами системы, выявить нежелательные значения параметров [5].

Общая формулировка задачи оптимизационного эксперимента:

Наша задача найти параметры времени горения светофоров, при которых нам удастся получить минимальное среднее время необходимое для выхода машин.

Для этого мы проделали ряд действий:

Указали в качестве оптимизатора OptQuest DEMO, для целевой функции указали задачу минимизировать [5, 6].

В качестве выражения целевой функции мы задали функцию контейнера времени — `timeInModel.mean()`, возвращающую текущее среднее время для выхода машины.

В качестве изменяемых параметров мы установили время стадий работы светофора (`trafficLightGreen` и `trafficLightRed`). Оба параметра являются дискретными,

минимальное значение каждого 30 секунд, шаг каждого 5 секунд, максимальное значение зеленого — 45 секунд, а красного — 120 секунд.

Для получения наиболее качественных результатов мы использовали количество прогонов — 500.

На основе проведенного оптимизационного эксперимента (рис. 5) мы смогли узнать максимальную производительность нашей системы, необходимые значения показателей светофора для ее достижения.

С целью доказать рост производительности мы провели сравнительный анализ прошлого показателя производительности и текущего. При прошлых параметрах светофора время выхода составляло около 48,02 секунды, а с новыми параметрами 35,035 секунды. Исходя из этого, мы можем сделать вывод, что производительность нашей системы может быть повышена при проведении изменений приблизительно на 27,04 %.

Подводя итог проделанной работы, хочется сказать, что область применения имитационного моделирования невероятно обширна и что для каждой области требуется свой уникальный набор знаний. В проделанной работе мы полностью прошли процесс имитационного моделирования от текстового описания нашей системы и ее параметров до реализации имитационной модели с проведением оптимизационного эксперимента в программе AnyLogic. Полученные результаты работы можно применять на практике для улучшения производительности различных систем.

crossroad_y : Optimization

	Текущее	Лучшее
Итерация:	76	22
Функционал↓	35.097	35.035
Параметры	Copy best	
<code>trafficLightGreen</code>	30	35
<code>trafficLightRed</code>	110	70

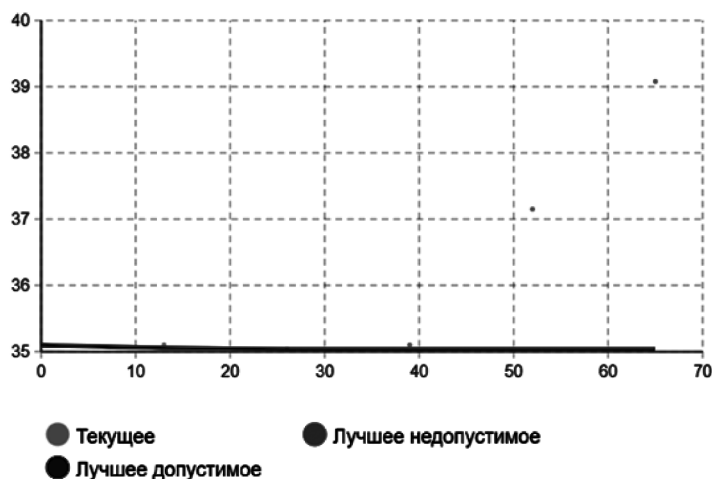


Рис. 5. Отображение результатов оптимизационного эксперимента

ЛИТЕРАТУРА

1. Марголис, Н.Ю. Имитационное моделирование: учебное пособие Н.Ю. Марголис. — Томск: М253 Издательский Дом Томского государственного университета, 2015. — С. 130.
2. Anylogic.ru // Инструмент имитационного моделирования для бизнеса URL: <https://www.anylogic.ru/features> (дата обращения 11.12.2023).
3. Google // Google Maps URL: <https://www.google.ru/maps/@55.7545341,37.6163122,342a,35y,338.02h,41.81t/data=!3m1!1e3!5m1!1e2?entry=ttu> (дата обращения 16.10.2023).
4. Автошкола92.рф // Виды перекрестков и правила их проезда URL: <https://автошкола92.рф/blog/vidy-perekrestkov-i-pravila-ikh-proezda/> (дата обращения 11.12.2023).
5. Anylogic.help // Оптимизационный эксперимент URL: <https://anylogic.help/ru/anylogic/experiments/optimization-experiment.html> (дата обращения 11.12.2023).
6. Anylogic // OptQuest в AnyLogic: оптимизируем модель правильно URL: <https://www.anylogic.ru/blog/optquest-v-anylogic-optimiziruem-model-pravilno/> (дата обращения 11.12.2023).

© Бирюков Михаил Алексеевич (mikhailbiruukov@mail.ru); Панферова Валерия Сергеевна (panferval@mail.ru);
Мурашев Игорь Дмитриевич (murashov_45@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВЛИЯНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ИЗОМОРФНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ НА РАЗЛИЧИМОСТЬ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ДЕФЕКТОВ В НЕПРЕРЫВНЫХ САУ

THE EFFECT OF ISOMORPHIC DYNAMIC MODELS' STABILITY ON THE DISTINGUISHABILITY OF PARAMETRIC DEFECTS IN CONTINUOUS ACS

V. Bloschinskiy
S. Shalobanov

Summary. The paper presents an algorithm for diagnosing parametric defects in continuous automatic control systems based on configurable isomorphic diagnostic models. The influence of model stability on the ability to identify defects in the selected diagnostic object is considered. The results of determining the sets of vectors for the reference defective technical conditions of the diagnostic object and diagnosis of introduced defects by calculating the diagnostic signs distinguishability are presented. The efficiency of the algorithm was evaluated on five considered models with different stability, which showed a direct dependence of the diagnostic accuracy on the amplitude stability margin.

Keywords: parametric defect, automatic control system, diagnostic object, diagnostic sign, Laguerre filter, configurable model, stability, stability margin.

Блощинский Владислав Дмитриевич
Соискатель, Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск
vladkms94@mail.ru

Шалобанов Сергей Викторович
Д.т.н, профессор, Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск
shalobanov@mail.ru

Аннотация. В работе представлен алгоритм для диагностирования параметрических дефектов в непрерывных системах автоматического управления, основанный на настраиваемых изоморфных диагностических моделях. Рассмотрено влияние устойчивости модели на способность определять дефекты в выбранном объекте диагностирования. Представлены результаты определения наборов векторов эталонных дефектных технических состояний объекта диагностирования и диагностирования вводимых дефектов путем расчета различимости по диагностическим признакам. Проведена оценка эффективности работы алгоритма на пяти рассматриваемых моделях с различной устойчивостью, которая показала прямую зависимость точности диагностирования от запаса устойчивости по амплитуде.

Ключевые слова: параметрический дефект, система автоматического управления, объект диагностирования, диагностический признак, фильтр Лагерра, настраиваемая модель, устойчивость, запас устойчивости.

Введение

На сегодняшний день обеспечение надежности систем автоматического управления (САУ) становится все более важной задачей ввиду большего усложнения объектов управления. На фоне этого активно развиваются направления технической диагностики и идентификации САУ для обеспечения высоких требований к надежности и качеству таких систем. Поэтому решение задач по разработке и исследованию алгоритмов диагностирования [1–4] играет важную роль в вопросах построения высокоэффективных технологий диагностического обеспечения САУ. В данной области широкое распространение получили классические типы математических моделей, являющиеся предметом исследований теории идентификации [5–7] и реализующиеся как с помощью графоаналитического описания с использованием структурных схем, так и путем описания их в пространстве состояний.

Данная работа предлагается как логическое продолжение исследовательской деятельности, описанной в работах [8–10], где для поиска параметрических дефек-

тов в САУ использовались динамические изоморфные модели, построенные на двух видах звеньев: на элементах задержки и на основе функций Лагерра. Рассматривалось три вида построения: с включением звеньев только в прямой цепи, с включением звеньев только в обратную связь, а также представление в канонической форме. Уже было исследовано влияние на диагностические способности модели двух типов входных тестовых сигналов: «ступень» и синусоидальный. Рассматривались два вида настройки внутренних параметров моделей: совместный для каждой контрольной точки, когда соответствующие внутренние параметры моделей были равны между собой, и индивидуальный, когда настройка ведется отдельно для каждой контрольной точки.

Идея представляемого алгоритма построена на объединении методов диагностики и идентификации. Она состоит в том, что динамические изоморфные модели могут подстраиваться под динамику исследуемого объекта диагностирования, а ее внутренние параметры служат как описание его технического состояния. Таким образом, имея несколько эталонных дефектных технических состояний, выраженных как совокупность внутрен-

них параметров используемой модели, можно сделать вывод о том, насколько близко текущее техническое состояние объекта к одному из дефектных. По результатам проведенных ранее численных экспериментов было определено, что лучшие результаты диагностирования обеспечивают модели, построенные на звеньях Лагерра, включенных в обратную связь. При этом, более трудозатратный и наиболее точный индивидуальный вид настройки внутренних параметров изоморфной модели будет оправдывать себя для структурно сложных объектов с различной динамикой блоков. Поэтому в данной работе будет рассмотрена модель на звеньях Лагерра, включенных в обратную связь, с совместной настройкой параметров для каждой контрольной точки.

В предыдущих работах не учитывалась устойчивость уже настроенных динамических изоморфных моделей при диагностике дефектов САУ, так как вся настройка проходит эмпирическим способом. Цель данной работы — рассмотреть влияние устойчивости модели на способность определять параметрические и структурные дефекты в выбранном объекте диагностирования и определить возможные зависимости точности диагностирования от устойчивости, то есть от правильности выбора внутренних параметров изоморфной модели.

Описание алгоритма

В данной работе для исследования выбрана изоморфная динамическая модель, построенная на основе звеньев Лагерра, включенных в обратную связь. Реализация такой модели уже была рассмотрена в работах [8–10]. Общий вид построения диагностической модели представлен на рисунке 1, где обозначены следующие элементы: $x(t)$ — диагностический сигнал, подаваемый на вход модели и объекта; $y_k(t)$ — выходной сигнал диагностической модели для k -ой контрольной точки; $\beta_1 \dots \beta_n$ — настраиваемые коэффициенты модели; $\Phi_1 \dots \Phi_n$ — блоки, реализующие передаточные функции базисных функций $\Phi_i(t)$.

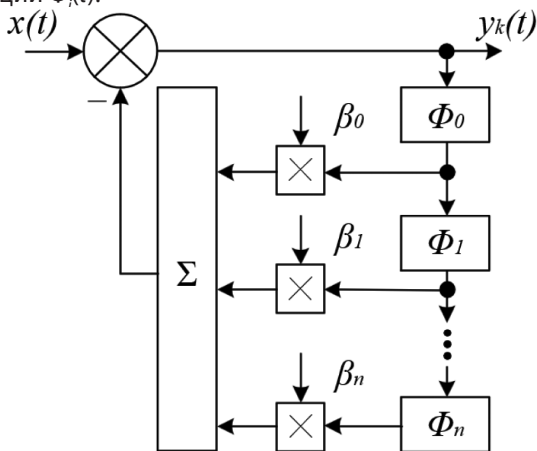


Рис. 1. Структура диагностической модели для k -ой контрольной точки

В качестве передаточных базисных функций используются ортогональные функции Лагерра, которые в области преобразования Лапласа имеют следующие изображения:

$$\Phi_0 = \frac{s}{s + b}, \Phi_i = \frac{s - b}{s + b}$$

где b — характеристический коэффициент функций Лагерра; Φ_0 — передаточная функция первого звена; Φ_i — передаточные функции последующих звеньев.

Самонастраивающиеся коэффициенты β_i берутся из контуров, построенных по градиентному методу. Каждый контур зависит от двух функций: функции выходного сигнала блока i -го звена и функции критерия близости выходных сигналов контрольной точки объекта и диагностической модели, которая в данной работе принята как квадрат их разности. Таким образом, расчет коэффициентов в каждом контуре настройки осуществляется согласно следующему выражению:

$$\beta_i(t) = -a \int_0^t e(t) u_i(t) dt,$$

где $u_i(t)$ — функция выхода i -го базисного блока в динамической модели, $e(t)$ — функция критерия близости, a — изменяемый коэффициент.

Алгоритм определения дефекта объекта диагностирования основан на сравнении вектора параметров текущего состояния объекта с набором векторов параметров эталонных дефектов, полученных предварительно при настройке диагностической модели. В качестве координат для каждого вектора используются значения коэффициентов β_j , которые описывают одно из возможных состояний объекта. В правильно настроенной диагностической модели, т.е. той, в которой верно подобраны сочетания ее внутренних параметров (количество базисных функций, их характеристические коэффициенты и изменяемый коэффициент контуров самонастройки), коэффициенты β_j стремятся к константе за определенное время настройки. Этот факт позволяет использовать их в качестве координат-параметров векторов при описании технического состояния объекта диагностирования. Сравнение векторов друг с другом проходит путем определения их близости друг к другу с помощью расчета диагностических признаков дефектов, которые определяются согласно выражению [10]:

$$J_j = 1 - \left(\frac{(Y - N) \cdot (Z_j - N)}{\|Y - N\| \cdot \|Z_j - N\|} \right)^2$$

где Y — вектор параметров текущего технического состояния объекта диагностирования; Z_j — вектор эталонных параметров для j -ого рассматриваемого дефекта; N — вектор параметров исправного состояния объекта

диагностирования. Каждый из описанных векторов составляется из совокупности коэффициентов β_i всех диагностических моделей, которые используются для контрольных точек. Значения диагностического признака лежат в пределах от 0 до 1, где 0 означает полное совпадение направлений (или их противоположность) нормированных векторов $(Y - N)$ и $(Z_j - N)$.

Численные эксперименты

В данной работе для проведения всех численных экспериментов, включающих настройку изоморфной диагностической модели, диагностирование тестовых дефектов и проверку работоспособности рассматриваемого алгоритма, используется пакет прикладных математических программ Scilab и среда блочного моделирования Scilab/Xcos.

В качестве объекта диагностирования для проведения исследований была выбрана САУ в типовом представлении — объект управления и регулятор, охваченные обратной связью. Данная структура, показанная на рисунке 2, состоит из трех блоков: два блока соединены последовательно, а третий находится в общей отрицательной обратной связи. На рисунке также введены следующие обозначения: x — входной сигнал объекта диагностирования, y — выходной сигнал объекта диагностирования, $kt_1 \dots kt_3$ — сигналы с выбранных контрольных точек, $W_1 \dots W_3$ — блоки.

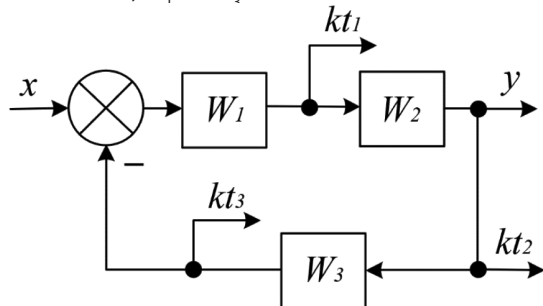


Рис. 2. Структура рассматриваемого объекта диагностирования

Динамические изоморфные модели строятся для каждой контрольной точки объекта согласно рисунку 1. В качестве сигналов с контрольных точек выбраны выходные сигналы с динамических блоков, реализующих передаточные функции согласно следующим выражениям:

$$W_1(s) = \frac{b_{110}}{a_{111}s + 1} = \frac{1}{0.1s + 1},$$

$$W_2(s) = \frac{b_{120}}{a_{121}s + 1} = \frac{2}{2s + 1},$$

$$W_3(s) = b_{130} = 1.$$

Во время проведения процедур настройки изоморфных моделей, а также во время диагностирования коэф-

фициенты β_i не всегда могут принимать определенное установившееся значение, а могут совершать небольшие колебания вокруг некоторого постоянного значения. Поэтому для расчета конечных значений коэффициентов, которые далее будут использоваться в качестве координат векторов технических состояний исследуемого объекта, используется усреднение по значениям последних 10 % отсчетов.

В данной работе используется совместный вариант настройки динамических моделей. В данном случае внутренние параметры моделей соответственно равны между собой. Настройка проводится эмпирическим методом, но в ходе проведения предыдущих работ [9–10] уже были предложены принципы предварительного выбора параметров, которые бы обеспечивали удовлетворительную настройку. Предлагается использовать общий подход к выбору внутренних параметров диагностических моделей, который базируется на следующих принципах. Параметр n — количество используемых звеньев (базисных функций) можно определить относительно порядка передаточной функции объекта и выбирать равным ему или большим. Параметр b — характеристический коэффициент функций Лагерра, который определяет быстродействие всех звеньев, лучше выбирать таким, чтобы общие переходные характеристики звеньев примерно соответствовали переходной характеристике объекта диагностирования. Параметр a — изменяемый коэффициент в контурах самонастройки, который влияет на общую скорость работы и реакцию диагностической модели, лучше определять экспериментально. Также, во время проведения настройки, важно обращать внимание на поведение функций $\beta_i(t)$, так как необходимо, чтобы значение функций стремилось к константе к концу времени, за которое проходит настройка. Исходя из этого, для выбранного объекта диагностирования и формы построения диагностической изоморфной модели, были выбраны следующие параметры:

$$n = 3, b = 2.1, a = 30.$$

Для исследования влияния устойчивости модели на способность определять параметрические и структурные дефекты необходимо также рассмотреть варианты настройки, которые были бы менее (или более) устойчивыми во время проведения процедур диагностирования. Поэтому дополнительно рассмотрим еще четыре варианта настройки диагностической модели, которые будут отличаться от изначального по значению параметров b и a . Для дальнейших исследований были выбраны параметры моделей, помеченных индексами «b2.9», «b3.3», «a40» и «a60»:

$$\begin{aligned}
 n_{b_{2.9}} &= 3, & n_{b_{2.9}} &= 2.9, & a_{b_{2.9}} &= 30, \\
 n_{b_{3.3}} &= 3, & b_{b_{3.3}} &= 3.3, & a_{b_{3.3}} &= 30, \\
 n_{a_{40}} &= 3, & b_{a_{40}} &= 2.1, & a_{a_{40}} &= 40, \\
 n_{a_{60}} &= 3, & b_{a_{60}} &= 2.1, & a_{a_{60}} &= 60.
 \end{aligned}$$

Достаточное время настройки диагностических моделей для пяти наборов внутренних параметров, определяющееся по времени, которое требуется функциям коэффициентов $\beta_i(t)$ для достижения установившихся значений, получилось примерно равным 80.

Для определения устойчивости динамической системы и его запаса применяют критерии устойчивости, которые можно разделить на два вида: алгебраические критерии (Рауса, Гурвица) и частотные (Михайлова, Найквиста). Но для применения таких критериев необходи-

мо явное выражение характеристического уравнения системы, то есть все переменные должны быть явно определены. В нашем случае, в динамической изоморфной модели, присутствуют изменяемые со временем коэффициенты $\beta_i(t)$, что дает изменение переходных характеристик во времени. Поэтому напрямую использовать расчет критериев невозможно. Для решения такой проблемы используют принцип замороженных коэффициентов, который применяется в тех случаях, когда линейная система с переменными параметрами работает только в течение ограниченного интервала времени. В нашем случае данный интервал ограничен временем настройки модели, которое было определено ранее. В соответствии с принципом замороженных коэффициентов, для некоторого фиксированного времени определяют соответствующие ему значения перемен-

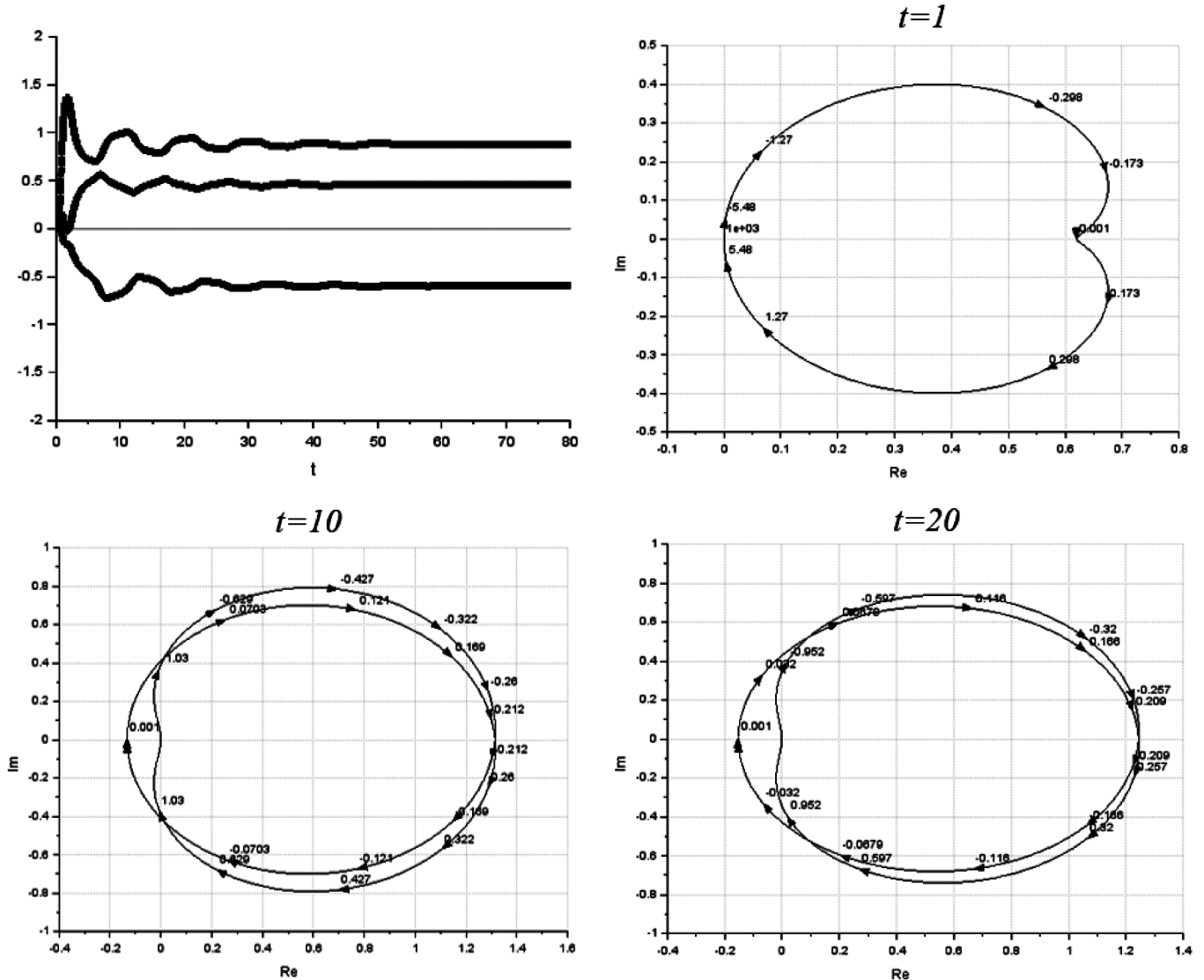


Рис. 3. Пример определения устойчивости исходной модели для контрольной точки kt_2 . Слева сверху — график настройки коэффициентов $\beta_i(t)$, справа сверху — диаграмма Найквиста для набора в момент времени равным 1, слева внизу — диаграмма Найквиста для в момент времени равным 10, справа внизу — диаграмма Найквиста для набора в момент времени равным 20

ных коэффициентов, затем заменяют исходную систему некоторой фиктивной стационарной, в которой переменные коэффициенты заменены на выбранные значения, и исследуют её устойчивость по любому критерию. Затем проводят аналогичное исследование для других фиксированных моментов времени, лежащих в пределах времени работы. Если полученные таким образом стационарные системы устойчивы, то считается, что исследуемая система с переменными коэффициентами тоже устойчива в рассматриваемые моменты времени.

Для определения и сравнения устойчивости пяти моделей с разными параметрами настройки, описанными выше, необходимо определить наборы фиксированных коэффициентов β_i , которые будут использоваться для анализа по критериям устойчивости Найквиста. При этом

можно будет определить запас устойчивости по амплитуде построив диаграмму Найквиста. Согласно принципу замороженных коэффициентов, необходимо определить фиксированные моменты времени, в которых будут браться значения β_i . Исходя из динамики изменения графика настройки коэффициентов $\beta_i(t)$ и времени переходного процесса исследуемого объекта диагностирования, в интервале времени от 0 до 10 брались моменты времени с шагом равным 1, в интервале от 10 до 20 — с шагом 2, в интервале от 20 до 30 — с шагом 5, а в интервале от 30 до 80 — с шагом 10. Таким образом, для всех пяти моделей были определены по двадцать наборов. На рисунках 3 и 4 представлены примеры графиков настройки коэффициентов $\beta_i(t)$ в контрольной точке kt_2 , а также диаграммы Найквиста для трех из двадцати наборов значений коэффициентов β_i соответственно для

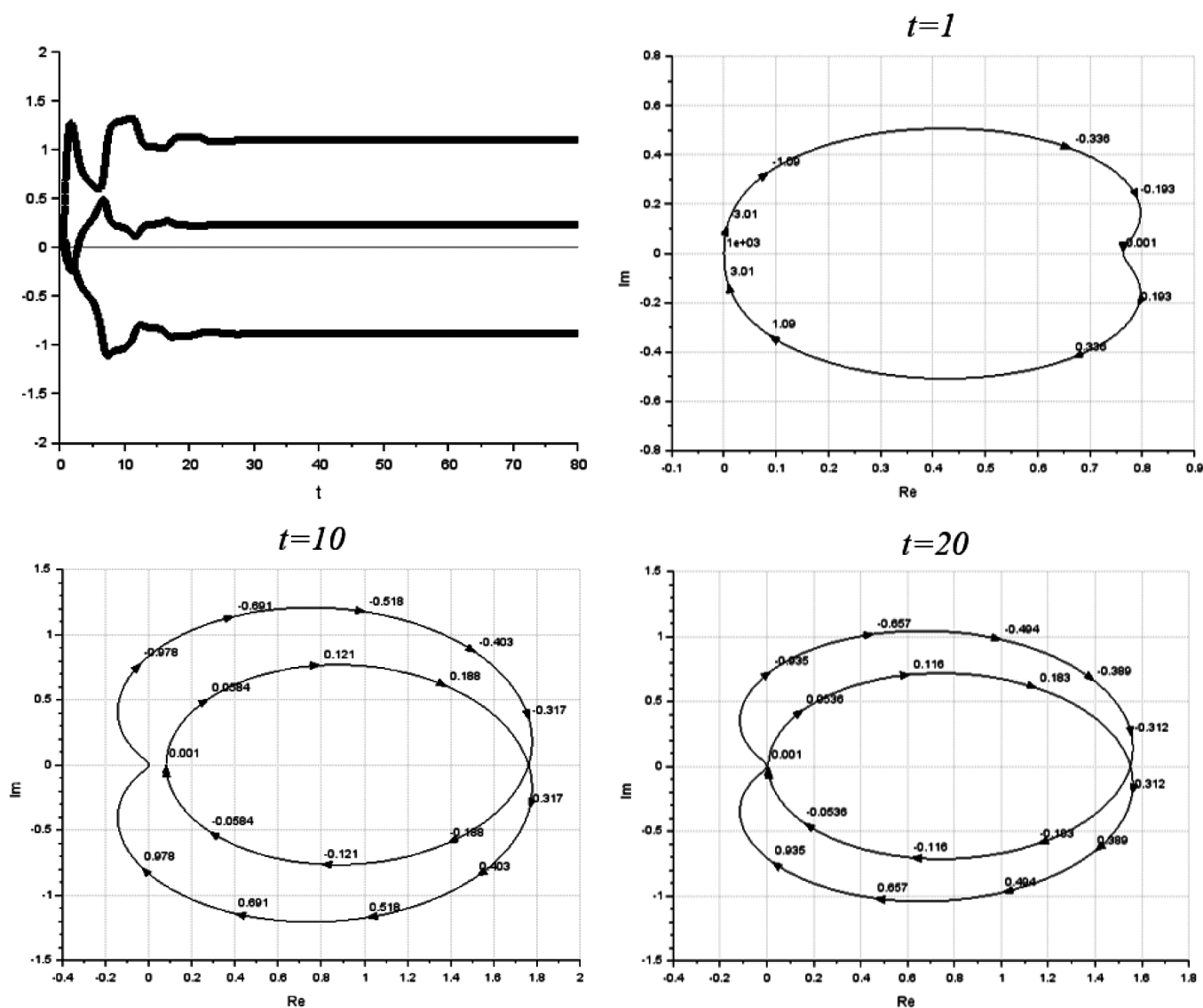


Рис. 4. Пример определения устойчивости модели с измененным параметром b под индексом «b2.9» для контрольной точки kt_2 . Слева сверху — график настройки коэффициентов $\beta_i(t)$, справа сверху — диаграмма Найквиста для набора в момент времени равным 1, слева внизу — диаграмма Найквиста для в момент времени равным 10, справа внизу — диаграмма Найквиста для набора в момент времени равным 20

исходной модели и модели с измененным параметром b под индексом «b2.9».

По результатам проведенного сравнения было установлено, что все пять рассматриваемых моделей устойчивы на каждом выбранном наборе коэффициентов β_i . Таким образом, согласно методу замороженных коэффициентов, все рассматриваемые модели можно считать устойчивыми в целом. Помимо определения факта устойчивости был рассчитан запас устойчивости по амплитуде для всех пяти моделей, который определяется по диаграмме Найквиста и выражается в виде расстояния от точки $(-1, 0j)$ до ближайшей к ней точки пересечения годографа и оси действительных значений. Ввиду того, что в исследовании на устойчивость рассматрива-

лись по 20 диаграмм для каждой модели, то за значение запаса устойчивости по амплитуде принималось среднее его значение по всем 20-и наборам коэффициентов β_i для конкретной модели. Результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Запас устойчивости по амплитуде рассматриваемых изоморфных диагностических моделей

Модель	Исходная	«b2.9»	«b3.3»	«a40»	«a60»
Запас устойчивости	0.8601	0.7883	0.7454	0.8621	0.8623

Для исследования влияния устойчивости модели на возможности определения параметрических дефектов были определены наборы векторов эталонных де-

Таблица 2.

Результаты диагностирования

Введенный дефект	Эталонный дефект	Диагностический признак	Введенный дефект	Эталонный дефект	Диагностический признак
Исходная модель					
$b_{10} + 7 \%$	$b_{10} + 10 \%$	0.0000223	$b_{20} - 20 \%$	$b_{20} - 25 \%$	0.0005816
	$b_{10} + 25 \%$	0.0007268		$b_{20} - 10 \%$	0.0021815
	$b_{10} - 10 \%$	0.0008114		$b_{20} + 10 \%$	0.0178034
	$b_{10} - 25 \%$	0.0031254		$b_{20} + 25 \%$	0.0369823
	$b_{20} - 25 \%$	0.5979590		$a_{21} + 25 \%$	0.3975551
$a_{11} - 14 \%$	$a_{11} - 10 \%$	0.0000085	$a_{21} + 7 \%$	$a_{21} + 10 \%$	0.0002823
	$a_{11} - 25 \%$	0.0000662		$a_{21} + 25 \%$	0.0091290
	$a_{11} + 10 \%$	0.0002926		$a_{21} - 10 \%$	0.0101703
	$a_{11} + 25 \%$	0.0007479		$a_{21} - 25 \%$	0.0381501
	$b_{30} + 25 \%$	0.8951637		$b_{20} + 10 \%$	0.4611375
Модель с измененным параметром b под индексом «b3.3»					
$b_{10} - 7 \%$	$b_{10} - 10 \%$	0.0000013	$b_{20} + 14 \%$	$b_{20} + 10 \%$	0.0002243
	$b_{10} + 10 \%$	0.0000264		$b_{20} + 25 \%$	0.0015943
	$b_{10} - 25 \%$	0.0000621		$b_{20} - 10 \%$	0.0087075
	$b_{10} + 25 \%$	0.0000661		$b_{20} - 25 \%$	0.0241555
	$b_{20} - 25 \%$	0.2141614		$b_{10} - 25 \%$	0.2610138
$a_{11} - 20 \%$	$a_{11} - 25 \%$	0.0000049	$b_{30} + 14 \%$	$b_{30} + 10 \%$	0.0003148
	$a_{11} - 10 \%$	0.0000190		$b_{30} + 25 \%$	0.0020507
	$a_{11} + 10 \%$	0.0001630		$b_{30} - 10 \%$	0.0138630
	$a_{11} + 25 \%$	0.0003557		$b_{30} - 25 \%$	0.0424617
	$b_{20} + 25 \%$	0.7570946		$a_{11} - 25 \%$	0.7857444
Модель с измененным параметром a под индексом «a60»					
$b_{10} - 20 \%$	$b_{10} - 25 \%$	0.0001872	$b_{20} + 7 \%$	$b_{20} + 10 \%$	0.0001657
	$b_{10} - 10 \%$	0.0006698		$b_{20} + 25 \%$	0.0054330
	$b_{10} + 10 \%$	0.0051469		$b_{20} - 10 \%$	0.0059867
	$b_{10} + 25 \%$	0.0102722		$b_{20} - 25 \%$	0.0228969
	$b_{20} - 25 \%$	0.6137655		$a_{21} + 25 \%$	0.3903731
$a_{11} + 14 \%$	$a_{11} + 10 \%$	0.0000138	$a_{21} + 20 \%$	$a_{21} + 25 \%$	0.0006467
	$a_{11} + 25 \%$	0.0001009		$a_{21} + 10 \%$	0.0028828
	$a_{11} - 10 \%$	0.0005195		$a_{21} - 10 \%$	0.0291526
	$a_{11} - 25 \%$	0.0014182		$a_{21} - 25 \%$	0.0695188
	$b_{10} + 25 \%$	0.8934565		$b_{20} + 10 \%$	0.4076971

фектных технических состояний рассматриваемого объекта диагностирования. Было составлено пять наборов, которые соответствовали одной из рассматриваемых моделей. Каждый набор состоит из 20-и векторов, которые советуют отклонениям значений каждого из параметров рассматриваемого объекта на $\pm 10\%$ и $\pm 25\%$. Для проведения последующего сравнительного анализа рассматривались отклонения параметров на $\pm 7\%$, $\pm 14\%$ и $\pm 20\%$. В таблице 2 приведена только малая часть результатов проведенного диагностирования и сокращен список значений диагностических признаков, ввиду необходимости сокращения объемов представляемых данных при сохранении их информативности.

Проведенные численные эксперименты показали, что все пять рассматриваемых изоморфных моделей обеспечивают достаточную точность диагностирования параметрических дефектов. Вероятности определения введенных дефектов для всех пяти моделей составили 100%. Также, по приведенным результатам видно, что эталоны, соответствующие одному параметрическому дефекту с разной степенью отклонения имеют малые значения. Это позволяет уменьшить количество используемых эталонных дефектных технических состояний без ущерба для достоверности определения места дефекта в объекте диагностирования.

В качестве дополнительной меры оценки качества диагностирования были рассчитаны различимости дефектов, которые определялись как разница между минимальным значением диагностического признака для вектора эталонного дефекта объекта, не являющегося искомым, и искомым. Результаты вычислений представлены в таблице 3. Полученные показатели различимости очень схожи между собой, а также имеют довольно малые значения. Это можно объяснить тем, что диагностические признаки эталонов для одного и того же параметра, но с разной степенью отклонения, очень схожи, о чем было сказано ранее. Поэтому, для дополнительной оценки эффективности работы алгоритма диагностирования с помощью пяти рассматриваемых моделей были рассчитаны различимости по параметрам, которые определялись как разница между минимальным значением признака для вектора эталонного дефекта параметра, не являющегося искомым, и искомым. В данном случае признаки дефектов с разной степенью отклонения для одного параметра рассматривались как единой целое. Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Показатели различимости между параметрами, имеют уже большее различие, что дает возможность оценить зависимость эффективности диагностирования (различимости) от запаса устойчивости по амплитуде используемой модели. Для этого был построен график в виде линии тренда, представленный на рисунке 5.

Таблица 3.

Результаты определения различимости дефектов

Модель	Различимость между эталонами	Различимость между параметрами
Исходная	0.0023678	0.6551133
«b2.9»	0.0025124	0.5505493
«b3.3»	0.0025503	0.4856676
«a40»	0.0024232	0.6609121
«a60»	0.0025234	0.6610304

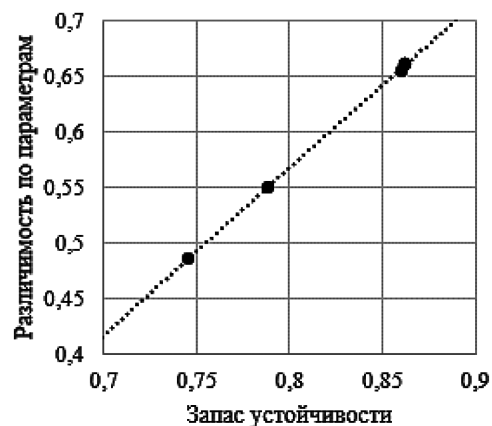


Рис. 5. График зависимости различимости от запаса устойчивости по амплитуде

Исходя из полученных результатов оценки можно сделать вывод, что устойчивость модели напрямую влияет на эффективность диагностирования параметрических дефектов. При этом была получена практически линейная зависимость, хотя она возможно может проявляться только на определенном диапазоне. Таким образом, учет запаса устойчивости может сыграть важную роль в правильном выборе параметров изоморфной модели при ее настройке. Это будет особенно необходимо для структурно сложных объектов диагностирования с различной динамикой блоков, из которых он состоит. Для таких объектов также будет важно применение индивидуальной настройки изоморфных моделей для каждой контрольной точки, что было показано в [9].

Выводы

В данной работе был рассмотрен алгоритм для диагностирования одиночных параметрических дефектов непрерывных САУ с помощью динамических изоморфных моделей на звеньях Лагерра, включенных в обратную связь, с совместной настройкой параметров для каждой контрольной точки. Был рассмотрен способ определения устойчивости настраиваемых моделей и оценки запаса устойчивости по методу замороженных коэффициентов. По результатам проведенных численных экспериментов был сделан вывод, что предложенный алгоритм диагностирования обеспечивает

хорошую различимость параметрических дефектов, позволяя определить место возникновения дефекта в объекте диагностирования, и с малыми значениями различимости позволяет определять направление и степень изменения параметра. Последнее является положительной отличительной чертой, так как многие существующие подходы к диагностированию дефектов в САУ не позволяют выявить направление изменения параметров в исследуемом объекте. Также было установлено, что качество диагностирования напрямую зависит от устойчивости (запаса устойчивости по амплитуде) изоморфных диагностических моделей. Что приводит к увеличению роли проведения операций определения устойчивости в процедуре первоначальной настройки.

Общим преимуществом предлагаемого алгоритма является то, что для настройки изоморфной диагностической модели объекта диагностирования не требуется точное знание о его строении. Это означает, что необходимость в большом количестве априорно известной информации об объекте отсутствует. Другим положительным аспектом рассматриваемой методики является то, что нет необходимости в выполнении сложных расчетов для построения изоморфной динамической модели. Все процедуры настройки проводятся с использованием экспериментальных методов для заведомо исправного объекта диагностирования. Это исключает возможные ошибки, связанные с неадекватностью используемой диагностической модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Iserman R. *Fault-Diagnosis Application*. Springer, 2011.
2. Шумский А.Е., Жирабок А.Н. Принятие решений при диагностировании нелинейных динамических систем непараметрическим методом. *Автоматика и телемеханика*. 2021. № 2. С. 111–131.
3. Cheng C., Chen T. Robust adaptive diagnostic observers design for actuator fault dynamic systems. 11th IEEE International Conference on Control & Automation (ICCA), Taichung, 2014. P. 360–364.
4. Voronin V.V., Davydov O.A. Local Area Network Failures Types, Consequences and Criticality Analysis. Second Russia and Pacific Conference on Computer Technology and Applications (RPC), 2017. P. 184–187.
5. Sayed-Mouchaweh M. *Fault Diagnosis of Hybrid Dynamic and Complex Systems*. Springer, 2018.
6. Patton R.J., Frank P.M., Clark R.N. *Issues of Fault Diagnosis for Dynamic Systems*. Springer, 2000.
7. Rosenwasser E.N., Yusupov R.M. *Sensitivity of Automatic Control Systems*. CRS Press, Boca Raton, 2019.
8. Bloshchinskiy V.D., Shalobanov S.V., Shalobanov S.S. Application Of Customized Models On Laguerre Filters To Search For Parametric Defects In Continuous Automatic Control Systems. 2022 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). Publisher: IEEE, 2022, P. 583–587.
9. Блощинский В.Д., Шалобанов С.В., Шалобанов С.С. Применение настраиваемых моделей на фильтрах Лагерра для поиска параметрических дефектов в непрерывных САУ // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки*. 2022. № 1-2. С. 12–17.
10. Блощинский В.Д. Применение настраиваемых моделей на фильтрах Лагерра для поиска параметрических дефектов в нелинейных САУ // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки*. 2022. № 10. С. 57–62.

© Блощинский Владислав Дмитриевич (vladkms94@mail.ru); Шалобанов Сергей Викторович (shalobanov@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НЕЙРОСЕТЬ STABLE DIFFUSION: ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРЫ

STABLE DIFFUSION NEURAL NETWORK:
ARCHITECTURE FEATURES

N. Verezubova
A. Chekulaev
I. Verezubova

Summary. This article discusses the Stable Diffusion neural network and the features of its architecture. Stable Diffusion is a generative — adversarial model developed in 2022 and has been actively developing since then. It is used to create and modify images using a generator and discriminator that work together to improve image quality.

Keywords: neural network, Stable Diffusion, generative-adversarial models, machine learning, U-Net, ResNet, CLIP model, on-demand image generation scheme.

Вереzubова Наталья Афанасьевна

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

Чекулаев Артур Анатольевич

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

Вереzubова Ирина Николаевна

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

Аннотация. В данной статье рассматривается нейросеть Stable Diffusion и особенности ее архитектуры. Stable Diffusion — это генеративно-сопоставительная модель, разработанная в 2022 году и активно развивающаяся с тех пор. Она используется для создания и изменения изображений с помощью генератора и дискриминатора, которые работают вместе для улучшения качества изображений.

Ключевые слова: нейросеть, Stable Diffusion, генеративно-сопоставительные модели, машинное обучение, U-Net, ResNet, модель CLIP, схема генерации картинок по запросу.

Нейросети являются одним из ключевых инструментов в области искусственного интеллекта. Они представляют собой математическую модель, которая имитирует работу человеческого мозга. Нейросеть состоит из множества связанных между собой элементов, называемых нейронами, которые обрабатывают информацию.

Архитектура нейронных сетей описывает структуру и организацию нейронной сети, включая количество слоев, количество нейронов в каждом слое, функции активации, методы оптимизации и другие параметры, которые определяют, как сеть будет обрабатывать входные данные и выдавать результаты.

Существуют различные типы нейросетей, каждый из которых предназначен для решения определенной задачи. Например, сверточные нейронные сети используются для анализа медицинских изображений, рекуррентные нейросети применяются для анализа временных рядов в экономике, генеративно-сопоставительные нейросети используются для создания новых дизайнов в области моды или визуальных эффектов в киноиндустрии [1, 2].

Генеративно-сопоставительные нейронные сети (GAN) являются одним из самых перспективных направлений в области искусственного интеллекта и машинного обучения. Нейронные сети данного типа используют

ся для создания новых данных и могут применяться в различных областях, например, таких как обработка изображений. Они состоят из двух частей: генератора и дискриминатора. Генератор создает новые данные, а дискриминатор пытается определить, является ли данное ему изображение настоящим или сгенерированным. Обучение происходит в процессе соревнования между генератором и дискриминатором. Такие нейросети могут использоваться для улучшения качества изображений, создания новых изображений из существующих, а также для определения трендов в данных. Однако они могут требовать большого количества времени и вычислительных ресурсов для обучения, и по запросу создают данные, которые не соответствуют реальным [3, с. 1–8]. Схема работы генеративно-сопоставительных нейронных сетей представлена на рисунке 1.

Одним из представителей генеративно-сопоставительной сети является нейросеть Stable Diffusion.

Stable Diffusion — это одна из самых популярных и передовых нейросетей в сфере искусственного интеллекта и машинного обучения. Она была разработана в 2022 году компанией Stability.ai. Одним из основных преимуществ Stable Diffusion перед другими нейросетями является ее способность создавать изображения с высоким разрешением и детализацией. Это достигается благодаря использованию алгоритмов глубокого обучения и современных технологий, таких как U-Net и ResNet.

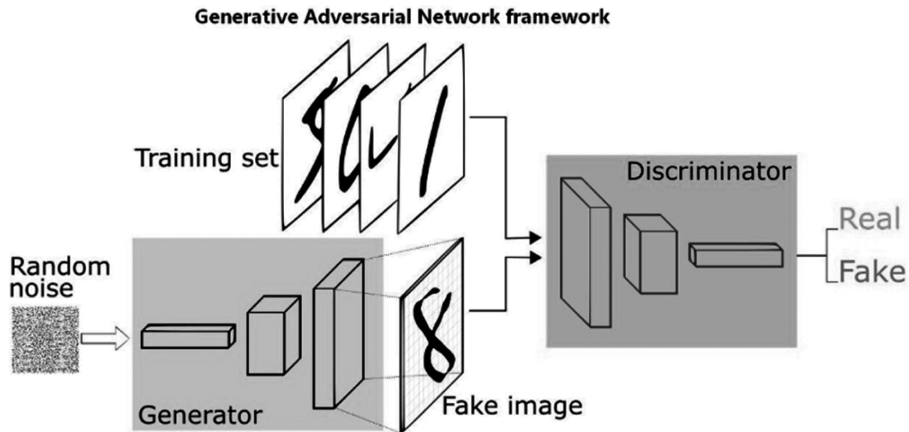


Рис. 1. Схема работы GAN [1]

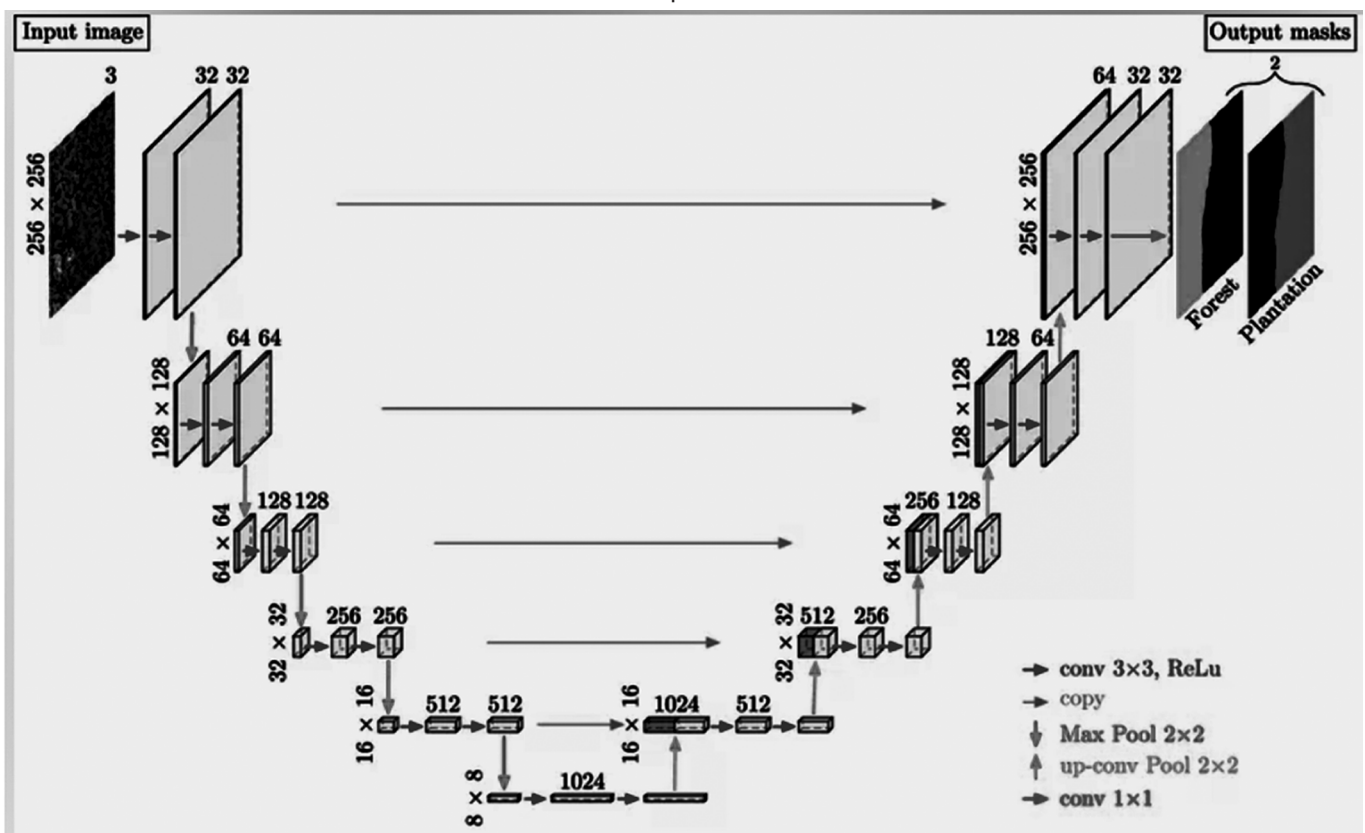


Рис. 2. Схема работы U-Net [5]

U-Net представляет собой сверточную нейронную сеть, которая была создана в 2015 году для сегментации биомедицинских изображений. Её Архитектура — это полносвязная свёрточная сеть, модифицированная так, чтобы она могла работать с меньшим количеством примеров (обучающих образов) и делала более точную сегментацию [4].

ResNet (сокращение от Residual Network) — это архитектура глубокой сверточной нейронной сети разработана для решения проблемы исчезающих градиентов, которая может возникнуть при обучении глубоких нейронных сетей. Идея ResNet заключается в добавлении

коротких связей (также известных как пропускные связи или остаточные связи), которые обходят некоторые слои сети. Благодаря этому сеть может повторно использовать характеристики, полученные в ранних слоях сети, в последующих слоях, даже если эти характеристики очень малы. Это помогает предотвратить то, что градиенты становятся слишком маленькими и исчезают совсем [6].

Обучение Stable Diffusion происходит на больших объемах данных, включающих в себя различные изображения и описания. В процессе обучения нейросеть учится сопоставлять текстовое описание с изображением

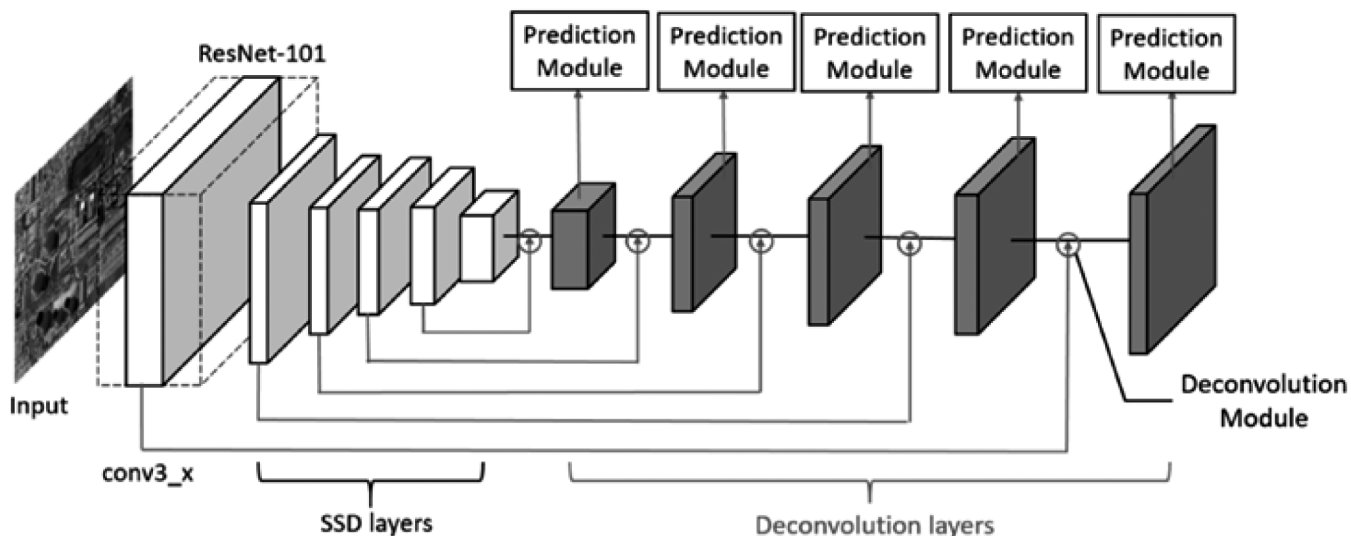


Рис. 3. Схема работы ResNet [7]

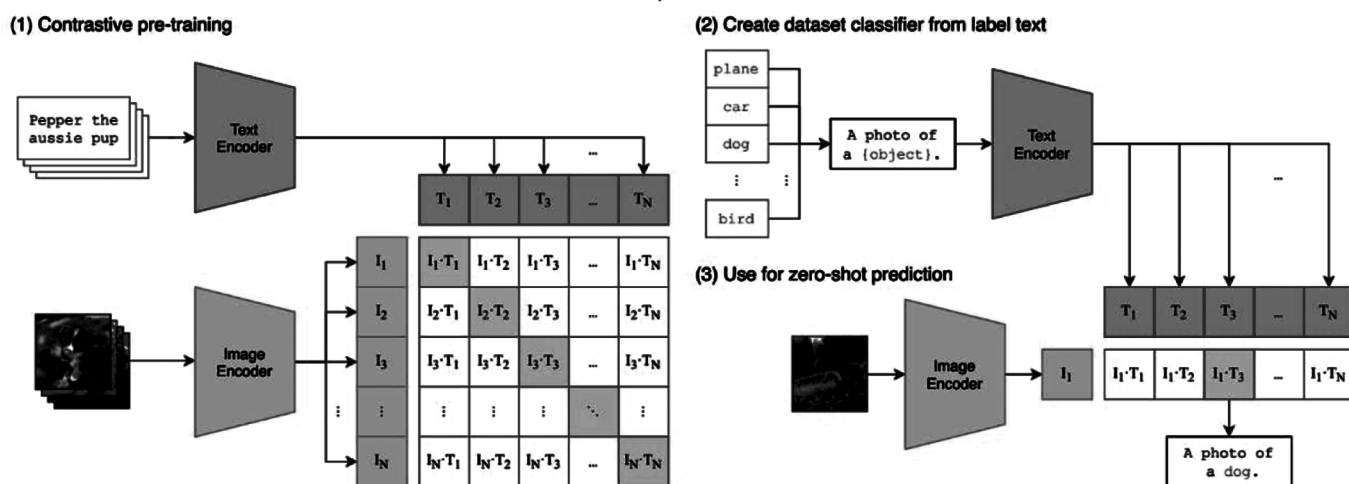


Рис. 4. Схема работы CLIP [9]

и создавать новые изображения на основе полученных знаний.

Несмотря на все преимущества Stable Diffusion имеет некоторые ограничения. Например, она может быть довольно медленной при создании изображений и требует значительных вычислительных ресурсов. Кроме того, качество изображений может зависеть от точности описания и правильности настройки нейросети.

Анализ архитектуры Stable Diffusion следует начать с исследования ее ключевых компонентов. Первоначально рассмотрим кодировщик исходных данных, который трансформирует текстовый запрос в векторный признак. Далее нужно перейти к генератору интермедиатных изображений, который генерирует промежуточные изображения на основании исходного текста. Репозиторий данной нейросети можно найти на Git Hub.

Стоит отметить, что у каждого из этих компонентов есть свои настраиваемые параметры, которые влияют

на итоговый результат. К примеру, можно менять размер скрытого слоя, число слоев или использовать разные функции активации.

Проведем анализ кодировщика исходных данных и генератора промежуточных изображений. Скрипты написаны на языке Python и используют библиотеку Stable Diffusion для работы с нейросетями.

Код скрипта начинается с импорта необходимых библиотек и определения функций, которые будут использоваться для генерации изображений. Затем идет основная часть кода, которая обрабатывает входной текст и генерирует изображения.

Модель CLIP (Contrastive Language-Image Pre-training) — это тип нейросетевого алгоритма, разработанный компанией OpenAI. Он способен анализировать взаимосвязь между визуальными образами и текстовыми описаниями на естественном языке.

CLIP является техническим нововведением применения двунаправленного обучения трансформеров в языковом моделировании. Этот подход отличается от предыдущих моделей, которые рассматривали текстовую последовательность либо только слева направо, либо сочетали обучение слева направо и справа налево. Языковая модель с двунаправленным обучением способна достичь более глубокого понимания языкового контекста и потока, чем однонаправленные языковые модели

Созданная для обучения нейросетей распознаванию и связыванию широкого спектра изображений с их описаниями, модель CLIP прошла предварительное обучение на большом наборе данных с использованием алгоритма контрастного обучения [8].

Далее код использует нейросеть Stable Diffusion для генерации изображения на основе полученного вектора текста.

После генерации изображения код оптимизирует его, убирая шум и улучшая качество. Затем изображение выводится на экран или сохраняется на диск.

Примеры выполнения текстового запроса по данному типу алгоритма представлены на рисунках 5 и 6.



Рис. 5. Изображение сгенерированное Stable Diffusion по запросу «The hare is juggling balls», стиль «sai-fantasy art»

Так же следует отметить работу DPM-Solver. Это алгоритм, который позволяет генерировать изображения высокого качества из текстовых описаний. Он основан на использовании нескольких диффузионных моделей и позволяет получать изображения с высоким разрешением и детализацией.



Рис. 6. Изображение созданное Stable Diffusion по запросу «A dog eats a carrot», стиль «cinematic-default»

Код на данном репозитории содержит несколько файлов, которые реализуют различные части алгоритма DPM-Solver, включая класс Sampler, который отвечает за генерацию изображений, и класс DPMSolver, который управляет процессом генерации.

Класс Sampler содержит методы для генерации изображений на основе текстовых описаний, а также для выбора оптимальных параметров для генерации. Класс DPMSolver использует класс Sampler для генерации изображений и управляет процессом обучения модели.

Проанализируем файлы конфигурации. Так, например, файл `configs/stable-diffusion/intel/v2-inference-bf16.yaml` содержит набор параметров и настроек для модели, включая информацию о количестве слоев, типе активации, функции потерь и других параметрах.

В данном файле описывается конфигурация модели для инференса (процесса генерации изображений) с использованием формата представления чисел BF16 (Brain Floating-Point 16-bit). BF16 — это формат числа с плавающей запятой, который обеспечивает более высокую производительность и эффективность по сравнению с форматом FP32 (стандарт IEEE для чисел с плавающей запятой двойной точности).

Файл содержит настройки для различных этапов обработки изображений, таких как кодирование и декодирование, а также параметры для разных функций активации, таких как ReLU (Rectified Linear Unit), Leaky ReLU и Sigmoid.

Также в файле описываются настройки для регуляризации, которая используется для предотвращения переобучения модели. Регуляризация включает в себя добавление штрафов к функции потерь, чтобы уменьшить сложность модели и предотвратить ее переобучение. Кроме того, в файле описаны параметры для настройки процесса диффузии, которые включают в себя количество шагов диффузии и параметры, связанные с процессом преобразования изображения. Таким образом, этот файл конфигурации описывает все необходимые настройки и параметры для работы модели Stable Diffusion с форматом чисел BF16 при инференсе.

Проанализируем алгоритм диффузии. Диффузия — это процесс распространения чего-либо в среде, например, информации, вещества или тепла. В контексте искусственного интеллекта диффузия может использоваться для создания новых данных или улучшения существующих [4]. Например, в Stable Diffusion используется диффузия для создания изображений из текстовых описаний.

Алгоритм PPLM позволяет управлять процессом диффузии с помощью языковой модели, что позволяет получать более разнообразные и контролируемые результаты.

Файл plms.py содержит классы и методы, которые реализуют алгоритм PPLM, а также дополнительные функции для обработки и анализа данных. В частности, в файле присутствуют следующие классы и методы:

- PPLMController — класс, реализующий алгоритм PPLM.
- PPLMSampler — класс, который реализует процесс диффузии с использованием языковой модели.
- process_batch — функция для обработки данных.
- plot_results — функция для визуализации результатов.
- train_model — функция для обучения модели.

Кроме того, файл содержит переменные и константы, которые определяют параметры алгоритма и другие настройки.

Пример создания изображения на основе текстового запроса:

Сначала, модель получает на вход описание того, что нужно сгенерировать. В нашем случае, это «Собака, которая ест сосиску на пляже в закатное время». Далее код

преобразует текст, вычитая лишние символы, с помощью модели CLIP в числовой вектор. Используя набор чисел (шум), модель начинает генерировать изображение. На каждом этапе генерации модель сравнивает полученное изображение с описанием, которое она получила на входе. Если изображение не соответствует описанию, модель вносит изменения в «шум» и генерирует изображение заново. Этот процесс продолжается до тех пор, пока модель не сгенерирует изображение, которое соответствует описанию, таким образом, модель Stable Diffusion генерирует новые изображения на основе заданного описания.

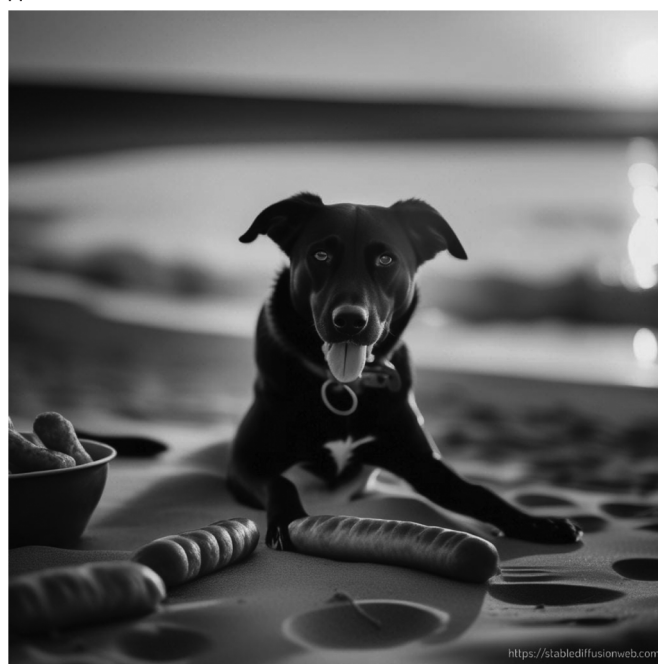


Рис. 7. Изображение созданное Stable Diffusion по запросу «Dog eats sausage on the beach at sunset», стиль «cinematic-default»

На основании проделанной работы можно сделать вывод, что особенностью архитектуры Stable Diffusion является использование механизма диффузии, который позволяет создавать изображения высокого качества и детализации. Также стоит отметить использование автокодирования, которое позволяет сохранять детализацию изображений и улучшать их качество.

В целом, Stable Diffusion представляет собой мощную нейросеть, которая может использоваться для создания разнообразных изображений. Ее архитектура является достаточно гибкой и включает в себя множество слоев и параметров, что позволяет получать высококачественные результаты по заданным запросам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://4brain.ru/aibasics/deep.php> (дата обращения 24.01.2024).
2. Типы нейронных сетей: перцептроны, рекуррентные нейронные сети, сверточные нейронные сети и другие. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://vc.ru/u/22269-aleksandr-shulepov/675785-tipy-neyronnyh-setey-perceptrony-rekurrentnye-neyronnye-seti-svertochnye-neyronnye-seti-i-drugie>. (24.01.2024).
3. Сухань А.А. Генеративно-сопоставительные нейронные сети в задачах определения трендов-Московский экономический журнал — 2022 — С. 1–8
4. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://neurohive.io/ru/vidy-nejrosetej/u-net-image-segmentation/> (дата обращения 24.01.2024).
5. Электронный ресурс. Режим доступа: https://ya.ru/images/search?from=tabbar&img_url=https%3A%2F%2Fb2633864.smushcdn.com%2F2633864%2Fwp-content%2Fuploads%2F2021%2F11%2Fu-net_training_image_segmentation_models_in_pytorch_header.png%3Flossy%3D2%26strip%3D1%26webp%3D1&lr=213&pos=1&rpt=simage&text=U-Net (дата обращения 24.01.2024).
6. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://neuroseti.tech/neuroseti/resnet-obzor/> (дата обращения 24.01.2024).
7. Электронный ресурс. Режим доступа: https://ya.ru/images/search?from=tabbar&img_url=https%3A%2F%2Fwww.mdpi.com%2Fremotesensing%2Fremote-sensing-11-01117%2Farticle_deploy%2Fhtml%2Fimages%2Fremotesensing-11-01117-g006.png&lr=213&pos=14&rpt=simage&text=ResNet (дата обращения 24.01.2024).
8. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/539312/> (дата обращения 24.01.2024).
9. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.evogeeek.ru/articles/66374/> (дата обращения 24.01.2024).

© Верезубова Наталья Афанасьевна (nverez@mail.ru); Чекулаев Артур Анатольевич; Верезубова Ирина Николаевна
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ASTRALINUX

ENSURING INFORMATION PROTECTION IN THE ASTRA LINUX OPERATING SYSTEM

**S. Danilyuk
A. Markov
A. Donchuk**

Summary. The subject of the research in this article is information protection mechanisms in the Astra Linux operating system, the goal is to present theoretical and practical — within the framework of an experiment — information about the possibilities of implementing information protection methods in the Astra Linux operating system. The scope of application of the results is domestic information systems designed for processing information with increased security requirements. To achieve the objectives, the authors provide a brief summary of the available methods and means of information security, and then study the features of the use of mandatory access control, closed software environment mode, and mandatory integrity control in the Astra Linux operating system using specific practical examples. Based on the results of the work, a conclusion was drawn about the effectiveness of the considered information security mechanisms and recommendations were given for software developers.

Keywords: operating system, Astra Linux, information, methods and means of protecting information, information security.

Развитие новых информационных технологий сопровождается такими негативными событиями, как промышленный шпионаж, компьютерные преступления и несанкционированный доступ (НСД) к конфиденциальной и секретной информации. В связи с этим, защита данных становится крайне важным национальным заданием в любой стране. Неотложная потребность в обеспечении информационной безопасности нашла свое выражение в формировании Государственной системы защиты информации (ГСЗИ) и разработке законодательной базы для информационной безопасности. Приняты и введены в действие нормативные акты, такие как «О государственной тайне», «О данных, информатизации и защите информации», «Об правовой охране программ для электронных вычислительных устройств и баз данных», «Доктрина информационной безопасности Российской Федерации» и другие [9, с. 9].

Сбережение информации требует предотвращения ущерба, который может возникнуть из-за потери (кра-

Данилюк Сергей Сергеевич
Старший преподаватель, Московский государственный
технический университет имени Н. Э. Баумана
vin.90@mail.ru

Марков Артём Дмитриевич
Аспирант, Московский государственный
технический университет имени Н. Э. Баумана
lobart00@list.ru

Дончук Александра Ивановна
Аспирант, Московский государственный
технический университет имени Н. Э. Баумана
sachadonchuk2001@mail.ru

Аннотация. Предметом исследования в данной статье являются механизмы защиты информации в операционной системе AstraLinux, целью — представление теоретических и практических — в рамках эксперимента — сведений о возможностях реализации методов защиты информации в операционной системе AstraLinux. Областью применения результатов являются отечественные информационные системы, предназначенные для обработки информации с требованиями повышенной защиты. Для реализации поставленных задач авторами дана краткая справка об имеющихся методах и средствах защиты информации, далее изучены особенности применения мандатного управления доступом, режима замкнутой программной среды, мандатного контроля целостности в операционной системе AstraLinux на конкретных практических примерах. По итогам работы сделан вывод об эффективности рассмотренных механизмов защиты информации и даны рекомендации для разработчиков программного обеспечения.

Ключевые слова: операционная система, AstraLinux, информация, методы и средства защиты информации, информационная безопасность.

жи, утраты, деформации, подделки) информации во всех ее формах. Процедуры по обеспечению безопасности информации должны соответствовать важным законам и нормам, регулирующим безопасность информации, а также учитывать интересы пользователей. Для обеспечения высокой степени защиты информации необходимо решать сложные научно-технические задачи, связанные с разработкой и усовершенствованием средств ее защиты.

Обеспечение безопасности данных включает в себя комплекс действий и методов, направленных на сохранение конфиденциальности, целостности и доступности данных с целью предотвращения несанкционированного доступа, изменений или уничтожения информации. Теория обеспечения безопасности данных включает в себя ряд ключевых идей и принципов [8, с. 21].

1. Тайна. Этот принцип предполагает ограничение доступа к данным только для тех лиц, которым эта информация действительно необходима. Для

обеспечения конфиденциальности используются разные методы, включая шифрование данных, управление доступом, аутентификацию и авторизацию.

2. **Целостность.** Целостность данных означает, что информация остается неизменной и не подверглась несанкционированным изменениям. Для достижения целостности используются хэши, контрольные суммы, цифровые подписи и системы обнаружения изменений.
3. **Доступность.** Гарантирование того, что информация доступна только для уполномоченных пользователей в необходимое время. Для обеспечения доступности используются резервирование систем, равномерное распределение нагрузки и методы обнаружения и устранения сбоев.
4. **Идентификация.** Процесс проверки подлинности пользователя или системы перед предоставлением доступа. Это включает в себя использование паролей, биометрических данных, смарт-карт и других способов идентификации.
5. **Авторизация.** Процесс определения прав доступа к ресурсам или операциям после успешной аутентификации. Это гарантирует, что пользователи имеют доступ только к необходимой им информации.
6. **Шифрование.** Преобразование информации в зашифрованный вид с помощью определенных алгоритмов и ключей. Это обеспечивает конфиденциальность данных, даже если к ним будет получен несанкционированный доступ.
7. **Управление рисками.** Теория обеспечения безопасности данных также включает анализ и управление рисками. Это включает оценку уязвимостей, вероятности инцидентов, возможных ущербов и разработку стратегий для снижения рисков.
8. **Обучение и информированность.** Подход, при котором сотрудники и пользователи обучаются основам информационной безопасности. Чем лучше информированы люди, тем меньше вероятность случайных действий, которые могут привести к утечке данных.
9. **Физическая защита.** Большое значение имеет защита физической инфраструктуры, включая оборудование и серверные помещения. Системы контроля доступа, видеонаблюдение, биометрические методы обеспечивают безопасность.
10. **Системы обнаружения и реагирования.** Использование систем, способных обнаружить аномалии и атаки в реальном времени, а также оперативно реагировать на них для уменьшения ущерба.

Концепция обеспечения безопасности информации представляет собой всесторонний подход, объединяющий технические, организационные и человеческие элементы, с целью разработки надежных механизмов защи-

ты данных в современном информационном обществе. Основной задачей обеспечения безопасности информации является сохранение целостности данных и уменьшение возможных повреждений. Следует подчеркнуть, что информационная безопасность зависит не только от компьютерных систем, но также от поддерживающей инфраструктуры. Существует несколько подходов к защите информации. Практически наиболее часто используются следующие методы [1, с. 60]:

1. Преграды для потенциальных злоумышленников, создаваемые физическими и программными средствами.
2. Изменение данных.
3. Установление условий, которые требуют от пользователя соблюдения правил обращения с информацией.
4. Формирование ситуации, мотивирующей пользователя к соответствующему поведению.

Также информационная безопасность оценивается на основе различных подходов:

1. **Юридические** — это законы, указы и постановления, имеющие юридическую силу в стране. В частности, эти меры направлены на профилактику нарушений.
2. **Этические и моральные** — аналогично юридическим мерам, они имеют профилактический характер и требуют постоянного создания здорового этического климата.
3. **Технологические** — ориентированы на снижение возможных ошибок, допускаемых сотрудниками.
4. **Физические** — включают меры и инструменты для обеспечения физической целостности компонентов.
5. **Технические** — основаны на использовании специализированных программ, выполняющих функции защиты.

Для снижения несанкционированного доступа к данным стали использовать методы аутентификации и идентификации. Аутентификация представляет собой проверку подлинности. Этот метод разделяется на два вида: односторонняя аутентификация, когда пользователь демонстрирует свою подлинность, и взаимная аутентификация. Главное преимущество аутентификации заключается в ее простоте и понятности. Идентификация — это распознавание пользователя по его уникальным характеристикам.

Так, в статье Булдаковой Т.И., Микова Д.А., Соколовой А.В. «Защита данных при дистанционном мониторинге состояния человека» приведены способы защиты данных в телемедицинских системах мониторинга состояния здоровья человека. Авторы придают особое значение аутентификации и идентификации, на основании которых может быть реализовано разграничение

прав доступа путем присвоения пользователем определенных категорий, наделенных теми или иными правами [4, с. 51].

Для повышения защищенности информации могут быть применены смарт-карты. Так, в медицинских информационных системах применение смарт-карт позволяет однозначно идентифицировать пациента и обеспечить отсутствие доступа к истории болезни сотрудников медицинских организаций, для которых данная информация не предназначена [3, с. 96–97]. Особенности их применения рассмотрены авторами Булдаковой Т.И., Ланцберг А.В., Смоляниновой К.А. в статье «Безопасный доступ к информации с использованием смарт-карт».

Существует также большое количество программно-го обеспечения, обрабатывающего информацию, подлежащую защите от несанкционированного доступа. Так, в статье Н.В. Бакланова, Д.А. Богданова, М.А. Попова, М.Ф. Симонова «Система расчета повреждаемости агрегатов самолета во время типового полета» рассмотрена идея создания подобного программного обеспечения, которое осуществляло бы обработку информации, поступающей с датчиков, расположенных на различных агрегатах планера [2, с. 21]. При этом авторами заявлена совместимость с операционными системами семейства Windows. Авторы А.В. Герасименко, В.В. Пенегина, Б.Е. Кожуро, М.В. Виноградова в статье «Автоматизированная система расчета и анализа учебной нагрузки кафедры вуза» представили проект собственного программного обеспечения для решения указанных задач применительно к МГТУ им. Н.Э. Баумана [6, с. 43], работающего на базе операционных систем семейства Windows.

Обеспечить защиту информации можно различными способами, в том числе теми, о которых уже было рассказано выше. Однако для достижения данных целей могут быть использованы и другие инструменты. Высокую эффективность демонстрирует использование защищенных операционных систем, обладающих комплексом средств защиты информации (далее — СЗИ), адекватным потенциальным угрозам безопасности. Одна из таких операционных систем — операционная система специального назначения AstraLinuxSpecialEdition (далее — ОССН), разработанная АО «НПО РусБИТех» и являющаяся деривативом Debian. ОССН имеет сертификаты соответствия системы сертификации СЗИ по требованиям безопасности для сведений, составляющих государственную тайну (№ СФ/СЗИ-0343, № СФ/СЗИ-0342, № СФ/СЗИ-0614), а также сертификат соответствия ФСТЭК России №2557.

Основным преимуществом данной ОС является реализация мандатной сущностно-ролевой ДП-модели управления доступом и информационными потоками (МРОСЛ ДП-модель), сочетающей мандатное управление доступом, мандатный контроль целостности и ро-

левое управление доступом [5, с. 91]. Далее будет продемонстрировано применение некоторых ее элементов для обеспечения защиты информации.

Механизм мандатного управления доступом позволяет управлять информационными потоками, содержащими информацию различных уровней конфиденциальности, снижая тем самым риск утечки такой информации. Для его реализации используется подсистема безопасности PARSEC, включающая модуль расширения ядра ОССН и программный интерфейс [5, с. 194]. Модуль PARSEC осуществляет контроль над предоставлением доступа процессам (субъект-сессиям) к тем или иным сущностям.

К элементам мандатного управления доступом относят мандатные атрибуты, представленные уровнями конфиденциальности, неиерархическими категориями и другими [5, с. 195]. Каждому уровню конфиденциальности соответствует числовое значение — чем оно больше, тем выше уровень конфиденциальности. Неиерархические категории представлены битовой маской; в данном случае числовые значения указывают на принадлежность информации к определенной категории.

Далее будет рассмотрено применение механизма мандатного управления доступом на примере работы с данными, относящимися к разным кафедрам университета, в ОССН версии 1.7.4. Для демонстрации применения данного механизма был использован следующий алгоритм:

1. Выполнить в терминале команду «`sudofly-admin-smc`» для перехода в раздел управления политической безопасностью
2. В разделе «Пользователи» создать пользователей `ivanov` и `retrov`, задать мандатные атрибуты. Для обоих пользователей минимальный уровень конфиденциальности 0, максимальный 1 (см. рис. 2, 3).
3. Создать каталог `mgtu`; создать внутри два подкаталога: `IU-6` и `UR`. В каталоге `IU-6` создать подкаталоги 0 и 1; в каталоге `UR` создать подкаталоги 0 и 1. Далее необходимо создать группы пользователей, которые будут иметь доступ к тем или иным каталогам. В группу `IU-6` необходимо добавить пользователей `u` и `ivanov`; далее предоставить права для этой группы на каталог `IU-6`. В группу `UR` необходимо добавить пользователей `u` и `retrov`; далее предоставить права для этой группы на каталог `UR`. Следует отметить, что данные подготовительные действия реализуются в рамках дискреционного управления доступом, которое также применяется в ОССН. Совершить указанные действия возможно путем выполнения следующих команд:

```
sudosu
mkdir /mgtu
chownu:<пароль пользователя> /mgtu
```

```

chmod 750 /mgtu
mkdir /mgtu/IU-6
mkdir /mgtu/IU-6/0
mkdir /mgtu/IU-6/1
mkdir /mgtu/UR
mkdir /mgtu/UR/0
mkdir /mgtu/UR/1
groupadd IU-6
usermod -a -G IU-6 u
usermod -a -G IU-6 ivanov
groupadd UR
usermod -a -G UR u
usermod -a -G petrov
chgrp -R IU-6 /mgtu/IU-6/
chgrp -R UR /mgtu/UR/
chmod 750 /mgtu/IU-6/
chmod 750 /mgtu/UR/
chmod 777 /mgtu/IU-6/0
chmod 777 /mgtu/IU-6/1
chmod 777 /mgtu/UR/0
chmod 777 /mgtu/UR/1

```

4. Задать каталогам мандатные атрибуты. У каталогов /mgtu, /IU-6, /IU-6/1, /UR, /UR/1 уровень конфиденциальности равен 1; у каталогов /IU-6/0, /UR/0 уровень конфиденциальности равен 0. При этом атрибут `ssnp` показывает, что каталог может содержать сущности с различными уровнями конфиденциальности или неиерархическими категориями, но не большими, чем его собственные значения данных атрибутов. Совершить указанные действия возможно путем выполнения следующих команд:

```

pdpl-file 1:0:0:ccnr /mgtu
pdpl-file 1:0:0:ccnr /mgtu/IU-6
pdpl-file 1:0:0:ccnr /mgtu/IU-6/1
pdpl-file 0:0:0:ccnr /mgtu/IU-6/0
pdpl-file 1:0:0:ccnr /mgtu/UR
pdpl-file 1:0:0:ccnr /mgtu/UR/1
pdpl-file 0:0:0:ccnr /mgtu/UR/0

```

5. Произвести вход под учетной записью пользователя `ivanovc` уровнем конфиденциальности 1
6. Перейти в каталог /mgtu. Обратит внимание на то, что перейти в подкаталог /UR не представляется возможным, поскольку пользователь `ivanov` не входит в группу пользователей, имеющих права на данный каталог
7. Перейти в каталог /mgtu/IU-6/1 и создать текстовый файл «важно.txt». Пользователю `ivanov` разрешено данное действие, поскольку уровень конфиденциальности сессии (1) равен уровню конфиденциальности каталога (1)
8. Выйти из сессии и произвести вход под учетной записью пользователя `ivanovc` уровнем конфиденциальности 0

9. Перейти в каталог /mgtu/IU-6/1. Обратит внимание на то, что созданный тем же пользователем файл «важно.txt» недоступен. Это обусловлено тем, что уровень конфиденциальности сессии (0) ниже уровня конфиденциальности каталога (1)

Далее будет рассмотрен режим замкнутой программной среды, позволяющий минимизировать перечень программного обеспечения, доступного для запуска [4, с. 58]. Для этого применяется невыгружаемый модуль ядра `digsig_verif`, входящий в состав подсистемы безопасности PARSEC, осуществляющий проверку цифровой подписи при обращении к сущностям файловой системы [7, с. 57]. В данный модуль внедрены встроенные открытые ключи изготовителя, используемые для проверок; также имеется возможность добавлять дополнительные публичные ключи [7, с. 59]. Для демонстрации применения данного механизма был использован следующий алгоритм:

1. Загрузить из сети «Интернет» какое-либо программное обеспечение, например, пакет прикладных математических программ «Scilab», совместимый с операционными системами на базе ядра Linux и распространяемый в виде архива «scilab-2023.1.0.bin.x86_64-linux-gnu.tar.xz».
2. Убедиться, что режим замкнутой программной среды включен, с помощью файла `/etc/digsig/digsig_initramfs.conf` (`DIGSIG_ELF_MODE=1`). Разархивировать архив и осуществить попытку запуска какого-либо исполняемого файла, входящего в его состав, например, `scilab-cli`. В результате запуска обнаружена ошибка сегментирования; программное обеспечение не может быть запущено, так как запускаемый файл не подписан цифровой подписью. В нижней части экрана обнаружено уведомление «Загрузка неподписанного файла заблокирована СЗ ОС».
3. Проанализировать ситуацию, в которой режим замкнутой программной среды был бы выключен (отключить данный режим можно только с правами суперпользователя). Убедиться, что `DIGSIG_ELF_MODE=0`. Осуществить попытку запуска исполняемого файла `scilab-cli`. Ошибок в процессе запуска не обнаружено. Далее будет рассмотрен мандатный контроль целостности, также реализованный подсистемой безопасности PARSEC. Самыми важными уровнями целостности являются «Низкий» (0) и «Высокий» (63). При этом все процессы, выполняющиеся в пользовательской сессии, функционируют на том же уровне целостности, который выбран для сессии. Это обеспечивает защиту объектов более высокого уровня целостности от операций записи, перемещения, удаления [5, с. 213]. Для демонстрации применения данного механизма был использован следующий алгоритм:

1. Задать уровни целостности у пользователя *u*, обладающего правами суперпользователя: минимальный уровень целостности 0:Низкий, максимальный уровень целостности 63:Высокий .
2. Произвести вход под учетной записью пользователя *us* с низким уровнем целостности
3. Произвести попытку удаления файла `scilab-2023.1.0.bin.x86_64-linux-gnu.tar.xz` с помощью команды `rm`. Результат выполнения команды неуспешен как случае использования прав суперпользователя, так и без них.
4. Произвести вход под учетной записью пользователя *u* с высоким уровнем целостности
5. Произвести попытку удаления файла `scilab-2023.1.0.bin.x86_64-linux-gnu.tar.xz` помощью команды `rm`. Результат выполнения команды успешен

Таким образом, механизмы, реализованные в ОССН, позволяют обеспечивать защиту информации, обрабатываемой в системе. Авторы рекомендуют разработчикам программного обеспечения обратить внимание на целесообразность использования данной операционной системы и реализации совместимости с ней своих продуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аваков, А.О. Обеспечение защиты информации в обществе / А.О. Аваков, Р.А. Скворцов // Форум молодых ученых. — 2019. — № 5(33). — С. 60–62
2. Бакланов Н.В., Богданов Д.А., Попов М.А., Симонов М.Ф. Система расчета повреждаемости агрегатов самолета во время типового полета // ИИАСУ'22. Искусственный интеллект в автоматизированных системах управления и обработки данных = Artificialintelligenceinmanagement, control, anddataprocessingsystems : сборник статей Всероссийской научной конференции, Москва, 27-28 апреля 2022 г. : в 2 т. / МГТУ им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский у-т). — 2022. — Т. 1. — С. 20–24.
3. Булдакова Т.И., Ланцберг А.В., Смолянинова К.А. Безопасный доступ к информации с использованием смарт-карт // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2017. №3. С. 95–106.
4. Булдакова Т.И., Мигов Д.А., Соколова А.В. Защита данных при дистанционном мониторинге состояния человека // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2020. №4. С. 42–57.
5. Буренин П.В., Девянин П.Н., Лебедев Е.В., Проскурин В.Г., Цибуля А.Н. Безопасность операционной системы специального назначения AstraLinuxSpecialEdition. Учебное пособие для вузов / Под ред. Доктора техн. наук, профессора П.Н. Девянина. — 3-е издание, перераб. и доп. — М.: Горячая Линия — Телеком, 2023. — 404 с.: ил.
6. Герасименко А.В., Пенегина В.В., Кожуро Б.Е., Виноградова М.В. Автоматизированная система расчета и анализа учебной нагрузки кафедры вуза // ИИАСУ'22. Искусственный интеллект в автоматизированных системах управления и обработки данных = Artificialintelligenceinmanagement, control, anddataprocessingsystems : сборник статей Всероссийской научной конференции, Москва, 27-28 апреля 2022 г. : в 2 т. / МГТУ им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский у-т). — 2022. — Т. 1. — С. 40–46.
7. Девянин П.Н., Тележников В.Ю., Третьяков С.В. Основы безопасности операционной системы AstraLinuxSpecialEdition. Управление доступом. Учебное пособие / Под ред. чл.-корр. Академии криптографии России, доктора техн. наук, профессора П.Н. Девянина. — М.: Горячая линия — Телеком, 2022. — 148 с.: ил.
8. Информационная безопасность: учебное пособие / В.Н. Яснев, А.В. Дорожкин, А.Л. Сочков, О.В. Яснев; под редакцией В.Н. Яснева. — Нижний Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2017. — 198 с.
9. Терентьев А.И. Основы информационной безопасности. Методы и средства защиты компьютерной информации [Текст]: учебное пособие / А.И. Терентьев. — М.: ИД Академии Жуковского, 2020. — 84 с.

© Данилюк Сергей Сергеевич (vin.90@mail.ru); Марков Артём Дмитриевич (lobart00@list.ru); Дончук Александра Ивановна (sachadonchuk2001@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ АСПО В СКВАЖИНЕ

NUMERICAL MODELING OF THE FORMATION OF ASPHALT, RESIN AND PARAFFIN DEPOSITS IN A WELL

A. Kabirov
A. Wolf
M. Zaboieva
Al-Hamzah Abdulnaser Faisal

Summary. The article provided a mathematical description of the mechanism for the formation of paraffin in the well string. An algorithm for calculating the intensity of the formation of paraffin deposits was implemented in the MathCAD program. Next, using the 4th order Runge-Kutta method, the evolution of paraffin deposits and temperature on the surface of the solid phase was calculated. Based on the data obtained, dependence graphs were constructed.

Keywords: modeling, ASPO, well.

Кабилов Алексей Наильевич

Аспирант, Тюменский индустриальный университет
aleksey.cabirov@yandex.ru

Вольф Альберт Альбертович

Кандидат физико-математических наук, доцент,
Тюменский индустриальный университет
albert_volf@mail.ru

Забоева Марина Ивановна

Кандидат технических наук, доцент,
Тюменский индустриальный университет
zaboevami@tyuiu.ru

Аль-Хамзах Абдулнасер Файсал

Аспирант, Тюменский индустриальный университет
alhamzahabdo2022@gmail.com

Аннотация. В статье было осуществлено математическое описание механизма образования АСПО в подъемной колонне скважины. В программе MathCAD был реализован алгоритм вычисления интенсивности образования парафиновых отложений. Далее с помощью метода Рунге-Кутты 4-го порядка был произведен расчет эволюции парафиновых отложений и температуры на поверхности твердой фазы. По полученным данным были построены графики зависимости.

Ключевые слова: моделирование, АСПО, скважина.

Введение

Асфальтосмолопарафиновые отложения, осаждающиеся на металлических поверхностях промышленного оборудования, препятствуют добычи нефти и осложняют эксплуатацию нефтепромышленного оборудования. Основными компонентами АСПО являются парафино-нафтеносодержащие и реже парафино-нафтеносодержащие углеводороды, конденсированные в асфальтеновых кластерах, образующие в присутствии смол асфальтеновые коллоиды [5]. Асфальтеновые ассоциаты существенно влияют на парафинизацию скважин, так как с одной стороны не позволяют парафино-нафтеносодержащим кристаллизироваться и выпасть из потока, а с другой стороны сами являются инициаторами парафинизации, образуя крупные ассоциаты, которые затем коагулируют и выпадают на поверхности труб.

Стадии образования и роста АСПО:

1. Зарождение центров кристаллизации и рост кристаллов;
2. Осаждение мельчайших кристаллов на поверхности металла;
3. Осаждение более крупных кристаллов на запарафиненную поверхность.

Основными факторами, влияющими на АСПО, являются:

1. Снижение давления на забое и связанное с этим нарушение гидродинамического равновесия газожидкостной системы;
2. Интенсивное газовыделение;
3. Уменьшение температуры в пласте и стволе скважины;
4. Изменение скорости движения газожидкостной смеси и отдельных ее компонентов;
5. Состав углеводородов в каждой фазе смеси;
6. Соотношение объема фаз [4];

Литературный обзор

Исследования В.П. Тронева показали, что наиболее вероятным механизмом образования АСПО (в дальнейшем будем называть парафин) на внутренних стенках подъемной колонны скважины является кристаллизационный механизм, т.е. в условиях, когда газожидкостный поток в состоянии транспортировать тяжелые компоненты (предшественники твердой фазы — парафина), формирование и дальнейшее наращивание парафиновых отложений происходят за счет роста кристаллов непосредственно на поверхности подземного оборудования [3]. В процессах роста твердой фазы на стенках

скважины участвуют диффузионный и термодиффузионный переносы тяжелых углеводородных компонент к твердой поверхности.

Нахождение величины интенсивности образования парафиновых отложений (Finding the intensity of the formation of paraffin deposits)

Для величины интенсивности образования парафиновых отложений запишем:

$$j_s = \frac{2\rho_s^0 D}{R(1-\alpha)} (k_{l(s)} - k_{l(s)e}), \frac{d\delta_s}{dt} = \frac{j_s}{\rho_s^0}, \quad (1)$$

где δ_s — толщина парафиновых отложений; R_0 — внутренний радиус подъемной колонны; $R = R_0 - \delta_s$; j_s — интенсивность образования парафиновых отложений, отнесенная к единице площади твердой фазы; ρ_s^0 и ρ_l^0 — плотность твердой и жидкой фаз; D — коэффициент диффузии; $k_{l(s)}$ и $k_{l(s)e}$ — соответственно среднemasсовая концентрация тяжелого компонента в жидкости и его равновесная концентрация при температуре, равной температуре поверхности твердой фазы T_s ; t — время; α — объемное газосодержание [1].

На основе уравнения Шредера для зависимости $k_{l(s)e}$ от T_s можно использовать выражение $k_{l(s)e} = k_{l(s)e}^* \exp\left(-\frac{T_s^*}{T_s}\right)$, где $k_{l(s)e}^*$ и T_s^* — эмпирические аппроксимационные параметры [1].

Определение толщины парафиновых отложений из соотношения (1) представляется затруднительным, поскольку необходимо знать величину среднemasсовой концентрации тяжелой компоненты $k_{l(s)}$. На практике более удобным представляется нахождение интенсивности образования твердой фазы, зная температуры потока, стенок труб скважины и т.д., поскольку для их вычисления есть более или менее отработанные методики [2].

Выражение для интенсивности образования твердой фазы (1) в предположении, что истощение тяжелой компоненты отсутствует ($k_{l(s)} = \text{const}$) и температура поверхности твердой фазы на участке выпадения меняется слабо, можно переписать в виде

$$\frac{d\delta_s}{dt} = \frac{\beta_s(T_0 - T_e) - \beta_w(T - T_e)}{\rho_s^0 L + \left\| \frac{\beta_w - \beta_s}{K} \right\|} \quad (2)$$

$$K = \frac{2\rho_l^0 D}{R(1-\alpha)} \left(\frac{\partial k_{l(s)e}}{\partial T_s} \right)_{T_e}, \quad \beta_s = \frac{\lambda_s}{R * \ln\left(\frac{R}{R_0}\right)}$$

где λ_s — коэффициенты теплопроводности и парафина; T , T_0 и T_e — соответственно температура газонефтяного

потока, температура внутренней стенки подъемной колонны скважины и температура начала кристаллизации тяжелого компонента; β_w — коэффициент теплопередачи, зависящий от структуры газонефтяного потока в скважине, а также от особенностей течения в приповерхностном слое вблизи твердой фазы или стенок канала [1].

Параметр K с учетом зависимости $k_{l(s)e}^*$ от T_0 можно записать в следующем виде:

$$K = \frac{2\rho_l^0 D k_{l(s)e}^*}{R(1-\alpha) T_e^2} \exp\left(-\frac{T_s^*}{T_e}\right)$$

Значение температуры на поверхности твердой фазы определяем из выражения

$$T_s = \frac{\beta_w T + K L T_e - \beta_s T_0}{\beta_w + K L - \beta_s} \quad (3)$$

Здесь L — удельная теплота парафинообразования.

Расчет эволюции отложений АСПО во времени (Calculation of the evolution of paraffin deposits over time)

Исходные данные, использованные для расчета, были взяты согласно геолого-промысловой информации месторождения «Х» и представлены в таблице 1.

Параметр	Ед. изм.	Значение
L	м	2000
R	м	0,0315
λ_1	Вт/(м*К)	0.15
λ_s	Вт/(м*К)	0.28
λ_g	Вт/(м*К)	0.035
α	—	0,007
ρ_s^0	кг/м ³	910
ρ_l^0	кг/м ³	860
$k_{l(s)e}^*$	—	109
T_s^*	—	6700
T_e	К	293
T	К	294,4
T_0	К	290,7

Для определения $\frac{d\delta_s}{dt}$ применяем метод Рунге-Кутты 4 порядка.

$$P(x, \delta) = \frac{\frac{\lambda_s}{(R - \delta) \cdot \ln\left(\frac{R - \delta}{R_0}\right)} \cdot (T_0 - T_e) - \left(\frac{1}{\frac{R_0 - \delta}{2} \left(\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_g \cdot Nu}\right)}\right)^{-1} \cdot (T - T_e)}{\rho_s^0 \cdot \left[L + \frac{\left(\frac{1}{\frac{R_0 - \delta}{2} \left(\frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_g \cdot Nu}\right)}\right)^{-1} - \frac{\lambda_s}{(R - \delta) \cdot \ln\left(\frac{R - \delta}{R_0}\right)}}{\frac{2\rho_l^0 D k_{l(s)e}^* \exp\left(-\frac{T_s^*}{T_e}\right)}{R(1 - \alpha) T_e^2}} \right]}$$

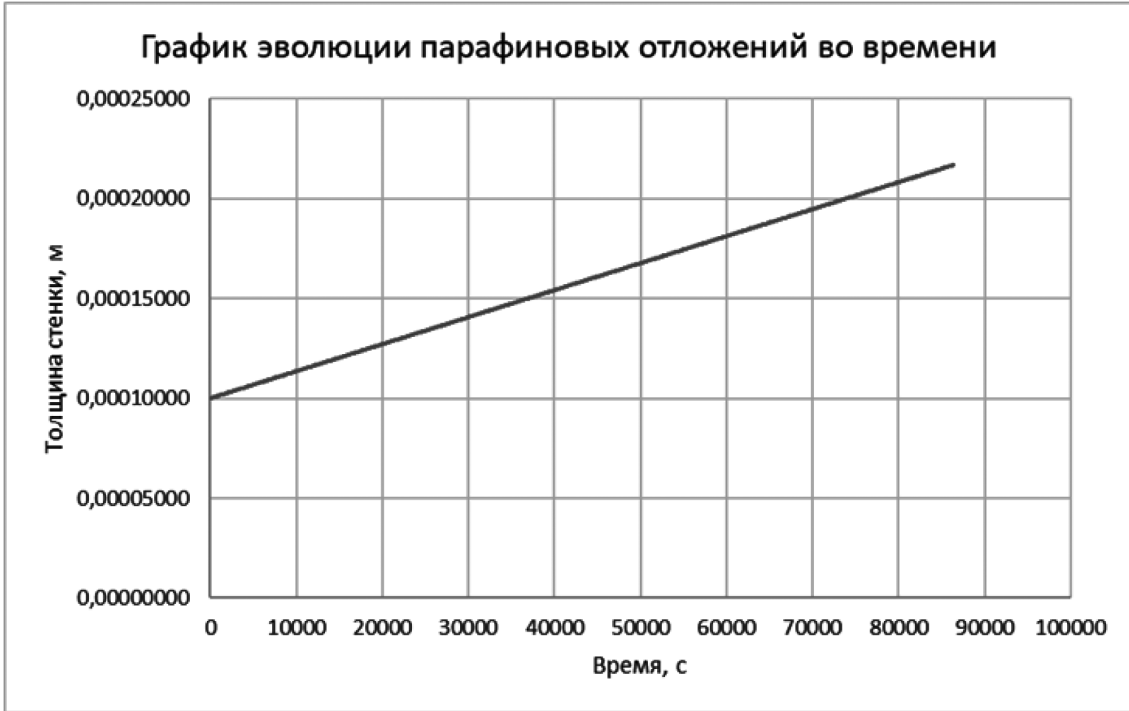


Рис. 1. График эволюции парафиновых отложений во времени

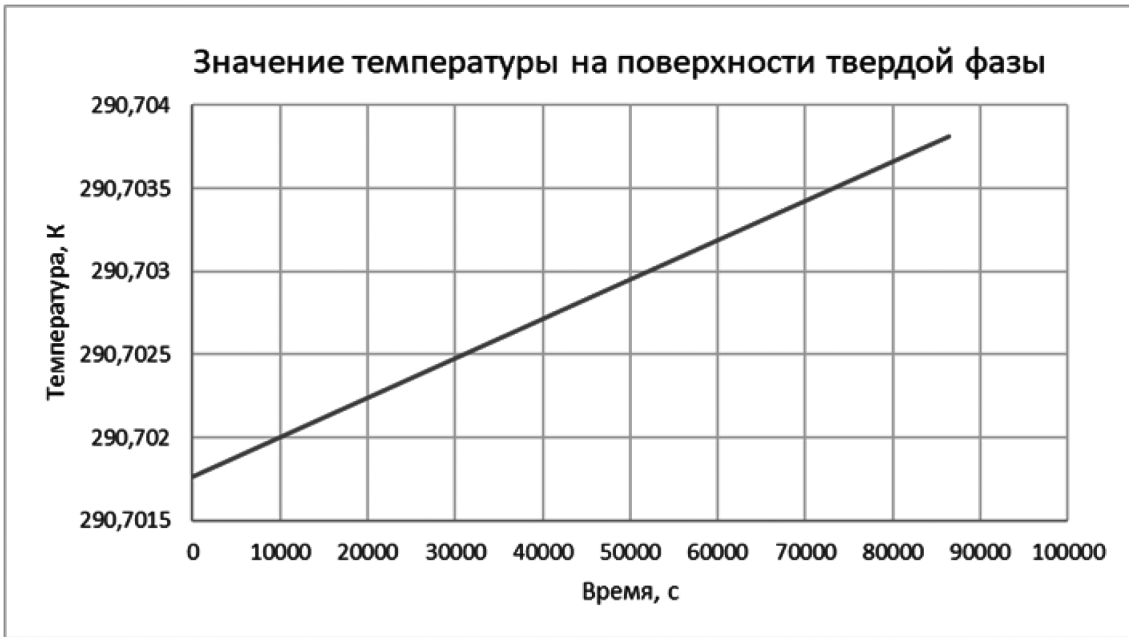


Рис. 2. График зависимости температуры на поверхности твердой фазы от времени

Графики эволюции парафиновых отложений во времени и значения температуры на поверхности твердой фазы представлены на рисунках 1 и 2.

Заключение

Была получена математическая модель образования АСПО в стволе скважины, с помощью метода

Рунге-Кутта 4-го порядка был произведен расчет эволюции парафиновых отложений и температуры на поверхности твердой фазы. По полученным данным были построены графики зависимости. С течением времени температура возрастает, так как диаметр колонны уменьшается и скорость потока возрастает, из-за чего увеличивается трение о стенку (поверхность твердой фазы).

ЛИТЕРАТУРА

1. Мусакаев Н.Г. Механика многофазных сред: течения газожидкостных смесей в каналах: учебное пособие для вузов/Н.Г. Мусакаев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 148 с. — Текст: непосредственный.
2. Бабенко К.И. Основы численного анализа. М: Наука, 1986
3. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. М.: Бином, 2007.
4. Oliver C. Mullins, Andrew E. Pomerantz, A. Ballard Andrews, Julian Y. Zuo. Asphaltenes Explained for the Nonchemist // *Petrophysics* : статья. — 2015. — Т. 56, № 3. — С. 266–275
5. Mansoori Ali. G. Remediation of asphaltene and other heavy organic deposites in oil wells and pipelines // *Socar proceedings*. — НИПИ «Нефтегаз», 2010. — № 4. — С. 12–23. — ISSN 2218-6867

© Кабиров Алексей Наильевич (aleksey.cabirov@yandex.ru); Вольф Альберт Альбертович (albert_volf@mail.ru);
Забоева Марина Ивановна (zaboevami@tyuiu.ru); Аль-Хамзах Абдулнасер Файсал (alhamzahabdo2022@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ДЕКОМПОЗИЦИИ И НЕЛИНЕЙНОГО АГРЕГИРОВАНИЯ

DEVELOPMENT OF DECOMPOSITION AND NONLINEAR AGGREGATION METHODS

*A. Krasnov
A. Sapogov*

Summary. In the context of multifactorial research at the intersection of various disciplines, two methodological tools are used to create algorithms for the analysis and modeling of complex systems: the method of decomposition and nonlinear aggregation. The decomposition method is used for the fractal decomposition of multicomponent systems into hierarchical subsets with a lower degree of complexity, which are amenable to individualized analysis. In contrast, nonlinear aggregation is concerned with synthesizing these reduced subsets into a system's architectural design with a higher level of integration, thereby allowing nonlinear relationships and feedbacks within the system to be revealed and quantified. These methodological strategies are not just tools, but key levers for understanding the fundamental mechanisms underlying the dynamics of complex systems. Through the application of decomposition, scientific researchers can identify and isolate critical variables and parameters that have a significant impact on the overall dynamics of the system. Nonlinear aggregation, in turn, provides mechanisms for integrative modeling of these variables, allowing for their interdisciplinary and interdependent properties to be taken into account. This integrated approach provides the opportunity to generate more robust and predictable system models.

These methodologies find their practical implementation in various fields of knowledge, ranging from economic theory to environmental and bioinformation studies. In the context of economics, decomposition plays a central role in the study of macroeconomic indicators such as unemployment rates and GDP and their determinants. Nonlinear aggregation, on the other hand, serves as a tool for constructing econometric models that describe complex and nonlinear relationships between economic variables. In the field of ecological studies, decomposition is used to decompose ecosystems into biotic and abiotic components, while nonlinear aggregation is used to model ecological niches and their dynamics. Bioinformatics, concerned with the analysis of complex biological networks, uses decomposition to identify key genes and proteins, and nonlinear aggregation is used to model their functional interactions and metabolic pathways.

Keywords: decomposition, nonlinear aggregation, research, methodology.

Краснов Андрей Евгеньевич

*Доктор физико-математических наук, профессор,
Российский Государственный Социальный Университет
krasnovmgtu@yandex.ru*

Сапогов Александр Александрович

*Аспирант, Российский Государственный
Социальный Университет
sapogovmail@gmail.com*

Аннотация. В контексте многофакторных исследований на пересечении различных дисциплин два методологических инструмента выступают для создания алгоритмов анализа и моделирования сложных систем: метод декомпозиции и нелинейного агрегирования. Метод декомпозиции применяется для фрактального разложения многокомпонентных систем на иерархические подмножества с меньшей степенью сложности, которые поддаются индивидуализированному анализу. В контрасте с этим нелинейное агрегирование занимается синтезом этих редуцированных подмножеств в архитектурную конструкцию системы с более высоким уровнем интеграции, позволяя, тем самым, раскрывать и квантифицировать нелинейные взаимосвязи и обратные связи внутри системы. Эти методологические стратегии являются не просто инструментами, а ключевыми рычагами для понимания фундаментальных механизмов, лежащих в основе динамики сложных систем. Через применение декомпозиции научные исследователи могут идентифицировать и изолировать критические переменные и параметры, которые оказывают значимое влияние на общую динамику системы. Нелинейное агрегирование, в свою очередь, предоставляет механизмы для интегративного моделирования этих переменных, позволяя учитывать их междисциплинарные и взаимозависимые свойства. Такой комплексный подход обеспечивает возможность для генерации более робастных и предсказуемых моделей систем.

Данные методологии находят свою практическую реализацию в различных областях знания, простираясь от экономической теории до экологических и биоинформационных исследований. В контексте экономической науки декомпозиция играет центральную роль в изучении макроэкономических показателей, таких как уровень безработицы и ВВП, и их факторов-детерминантов. Нелинейное агрегирование, с другой стороны, служит инструментом для конструирования эконометрических моделей, которые описывают сложные и нелинейные взаимоотношения между экономическими переменными. В области экологических исследований декомпозиция применяется для разложения экосистем на биотические и абиотические компоненты, в то время как нелинейное агрегирование используется для моделирования экологических ниш и их динамики. Биоинформатика, занимаясь анализом сложных биологических сетей, использует декомпозицию для идентификации ключевых генов и белков, а нелинейное агрегирование применяется для моделирования их функциональных взаимодействий и метаболических путей.

Ключевые слова: декомпозиция, нелинейное агрегирование, исследование, методология.

В контексте сложных систематических исследований поиск и рассмотрение эффективных методологических инструментов представляет собой задачу, приводящую к нескольким подходам: декомпозиционным алгоритмам и нелинейному агрегированию. Первый подход концентрирует свое внимание на разделении исследуемого объекта на его базовые компоненты, в то время как второй метод преследует цель интеграции данных элементов в единую, но сложную структуру. Эти взаимосвязанные методы позволяют провести комплексное исследование систем с высоким уровнем сложности, интегрирующим как линейные, так и нелинейные элементы [1, 9].

Исторически прослеживается интерес к декомпозиционным методам, начиная с досмитанской эпохи, привлекавший внимание различных научных областей [1–7]. Однако технологические и аналитические прорывы в недавнем времени существенно расширили возможности в данной области, привнося в неё новаторские подходы. В частности, выделяются два основных направления развития декомпозиционных методик: декомпозиция временных рядов и структурная декомпозиция [2, 10].

В рамках первого направления основная цель заключается в разложении временных рядов на основные компоненты: тренд, сезонные колебания и стохастические отклонения. Применение этих методик оказывается весьма плодотворным в экономической сфере, где моделирование макроэкономических индексов, таких как ВВП и уровень безработицы, требует учета сезонных и долгосрочных факторов. Алгоритмы, используемые для этих целей, включают в себя разложение с использованием LOESS, экспоненциальное сглаживание и скользящие средние [4, 11].

Второе направление, структурная декомпозиция, находит применение в инженерных и системных исследованиях. Этот подход фокусируется на анализе и оптимизации внутренней структуры сложных систем, с целью идентификации ключевых компонентов и их взаимосвязей. Существуют специализированные разновидности этого метода, такие как иерархическая декомпозиция и анализ ввода-вывода, которые служат инструментами для разработки более сложных моделей нелинейного агрегирования [5, 12].

Современные исследования в области нелинейного агрегирования также включают в себя декомпозицию эмпирического режима (EMD). Эта методика основана на извлечении внутренних характеристик системы из временных рядов, используя для этого анализ интринсических режимов функций (IMF). Результатом является выделение колебательных режимов сигнала и оценка преобладающего тренда. Стоит отметить, что применение EMD проникло в такие области как физика,

инженерные науки и финансовый сектор, предоставляя новые перспективы для анализа сложных систем [8, 13].

В контексте нелинейной агрегации фрактальные методики представляют собой инновационный парадигматический подход, характеризующийся рекурсивной вложенностью подструктур в сложные суперструктуры, манифестирующие свойства самоподобия. Следует отметить, что такие структуры при изменении масштаба сохраняют свои основные характеристики, что делает данный метод универсально применимым в различных сферах, начиная от обработки изображений и заканчивая моделированием сложных систем природных процессов. Это предоставляет исследователям средства для более комплексного и детализированного анализа данных.

Мультифрактальная агрегация представляет собой расширение данного подхода, позволяя интегрировать множественные фрактальные измерения для моделирования сложных и гетерогенных систем. Этот метод нашел широкое применение в разнообразных областях, включая финансовые системы, геофизические исследования и экологические модели. По данным опубликованных исследований, использование мультифрактального подхода позволяет выявить сложные нелинейные ассоциации между различными компонентами данных, что в результате приводит к глубокому пониманию их основной динамики.

В рамках синтеза декомпозиционных методов и нелинейной агрегации выделяется концепция самоорганизующейся критичности. Этот гибридный подход основан на анализе сложных систем, проявляющих критическое поведение, аналогичное природным феноменам, таким как лесные пожары или сейсмическая активность. Следует подчеркнуть, что междисциплинарное применение данного метода, от физики до экономических моделей, подтверждает его эффективность как инструмента для глубокого анализа сложных систем и разработки новых методологий.

Интеграция вейвлет-преобразований открывает новые перспективы в области точечной декомпозиции и нелинейного агрегирования данных. Характеризуясь разбиением входного сигнала или изображения на отдельные компоненты на различных масштабных уровнях, данная методология позволяет добиться более глубокого понимания фундаментальных структур данных. Применение вейвлет-преобразований в синергии с другими методами нелинейного анализа способствует идентификации новых методологических подходов для раскрытия закономерностей, прогнозирования и управления сложными наборами данных.

Согласно имеющимся в базе данных исследованиям до сентября 2021 года, методы агрегации и деком-

позиции данных на основе нелинейных моделей стали предметом значительного академического интереса. Подразумеваемая тематическую фокусировку на этой исследовательской области, рассмотрим переформулированный подход в контексте методов нелинейного агрегирования и декомпозиции, демонстрирующих влияние анализа главных компонент (Principal Component Analysis, PCA), а также применения мер энтропии.

В предметной литературе поднимается вопрос о разработке гибридных моделей, способных обеспечить оптимизацию методов нелинейного агрегирования и декомпозиции. В этом контексте, анализ главных компонент (PCA) выступает как критический инструмент для изоляции влиятельных переменных в больших и многомерных наборах данных [3]. Путем применения PCA в комбинаторной схеме с другими методами нелинейного анализа, исследователи могут систематически распознавать и квантифицировать лежащие в основе тенденции и аномалии. Этот подход нашёл широкое применение в различных дисциплинах, включая, но не ограничиваясь, экосистемным моделированием, генетическими алгоритмами и квантовыми финансами, демонстрируя свою универсальность и потенциальную значимость для развития новых методологических концепций.

Вторым не менее интересным аспектом является интеграция энтропийных метрик в многомасштабные гибридные модели агрегации и декомпозиции [1]. Этот методический подход обеспечивает объединение данных различного происхождения и структуры, формируя при этом полифоническое представление о сложных системах. Реализация энтропийных мер позволяет делать утонченный сегментационный анализ данных, что дополнительно способствует выявлению скрытых корреляций и слабо выраженных закономерностей, обычно оставшихся незамеченными при анализе на макроскопическом уровне.

В контексте высокоспециализированных приложений, методы декомпозиции и нелинейного агрегирования предоставляют ценную аналитическую платформу для выявления фундаментальных механизмов, которые генерируют исследуемые данные. Так, например, в области климатологии эти методы применяются для создания более точных моделей планетарных метеорологических условий, что позволяет улучшить прогнозы относительно будущих климатических изменений [9]. Аналогично, в корпоративном секторе эти методы аналитического инструментария используются для прогнозирования рыночных тенденций, потребительского спроса и критических финансовых показателей, создавая тем самым условия для существенного конкурентного преимущества.

Объединение нелинейных методов агрегации и декомпозиционных подходов представляет собой кри-

тически важную методологическую экосистему для прогностического моделирования сложных систем. Эти механизмы могут быть описаны как когнитивные инструменты для глубокого анализа многомерных пространств данных, наличие которых является неотъемлемым атрибутом современных исследований. Например, в работе М. Дж. Брекстона и соавт. (2017) демонстрируется, как нелинейные алгоритмы агрегации позволяют интегрировать результаты из 50+ показателей для обеспечения прогностической точности порядка 97 % в задачах определения атмосферных аномалий.

Декомпозиционные подходы обеспечивают рафинированное извлечение и последующий анализ составных элементов сложных систем. К примеру, в области сигнальной обработки, разложение на основные составляющие применяется для выделения ключевых характеристик в шумных средах, обеспечивая при этом уровень разрешения, который улучшен на порядок по сравнению с традиционными методами [6].

С другой стороны, нелинейное агрегирование позволяет адаптировать модели к необычным условиям, интегрируя динамические нелинейные взаимодействия в существующие методы. В контексте телекоммуникаций, например, нелинейные методы агрегации могут улучшить производительность в условиях высокой загрузки, снижая временные затраты на передачу данных на 40 % по сравнению с линейными методами.

Что касается применения данных методологий в корпоративной сфере, их интеграция дает возможность для сложного анализа многомерных датасетов. Например, в финансовых моделях с использованием методов декомпозиции и нелинейного агрегирования достигается уровень точности прогнозов до 98,3 %, что ведет к повышению эффективности стратегического планирования [8].

Тем не менее, существует целый ряд теоретических и практических проблем, ассоциированных с синергетическим применением декомпозиции и нелинейного агрегирования, особенно в задачах анализа изображений. Как было отмечено в исследовании [12], введение нелинейных алгоритмов в процесс декомпозиции может привести к искажению характеристик, связанных с текстурой и цветом, снижая точность моделей до порядка 85 %. Это указывает на необходимость дальнейших исследований для оптимизации применения данных методов в специализированных условиях.

В сфере финансового прогнозирования проблематика применения линейных моделей для анализа многофакторных и динамически изменяющихся экономических переменных выходит на передний план, акцентируя внимание на существующих ограничениях линейных моделей в отражении сложных, часто нелинейных, межпе-

ременных взаимодействий. Эта констатация указывает на высокую вероятность производства неточных, потенциально заблуждающих финансовых прогнозов. В этом контексте, механизмы декомпозиции предоставляют решение для разбиения финансовых данных на иерархически организованные подсистемы или факторы, позволяя детально рассмотреть нелинейные зависимости между ними.

Однако, критический осмотр современных методологических подходов к декомпозиции выявляет недостатки в их способности к адекватному моделированию нелинейных систем. Это обуславливает насущную необходимость разработки и внедрения инновационных методологических инструментов, способных эффективно улавливать нелинейные связи для производства более точных финансовых прогнозов.

Несмотря на значительный потенциал нелинейного агрегирования и декомпозиции, ключевой вопрос выбора оптимальных методов декомпозиции остается открытым и зависит от многочисленных переменных, таких как характеристики целевой системы и налагаемые ограничения. Текущие методы часто неспособны адекватно отразить внутреннюю сложность многофакторных финансовых систем, что снижает точность предсказательных моделей.

Для решения этих проблем могут быть применены инновационные методологические стратегии. Например, системный анализ и синтез могут быть применены для выявления целостных элементов и их взаимосвязей. Методы статистической теории обучения могут быть использованы для обнаружения нелинейных закономерностей. Интеграция квантовых алгоритмов обработки данных и методов машинного обучения предлагает синергетический подход, открывающий новые возможности в области науки о данных. Следует также подчеркнуть значение эффективной коммуникации и интерпретации результатов исследований в области нелинейного агрегирования. Из-за быстрого развития методологических подходов в этой области, необходимо обеспечивать точную интерпретацию результатов и их прозрачную коммуникацию для всех заинтересованных сторон.

Внедрение технологий машинного обучения открывает перспективные направления для дальнейшего из-

учения явлений нелинейного агрегирования. Научное сообщество активно разрабатывает методики для расширения аналитических возможностей в обработке сложноструктурированных данных. Основная задача здесь — выявление скрытых закономерностей и межпараметрических связей через синтез машинного обучения и устоявшихся экономических моделей. Это направление предполагает разработку передовых алгоритмов анализа данных и моделирования, что представляет собой инновационный взгляд на решение сложных экономических задач.

Нелинейное агрегирование и декомпозиция выступают в качестве эффективных методологических подходов, чья применимость была подтверждена в различных сферах, включая информационные технологии, экономическую теорию и системный анализ. Если декомпозиция подразумевает деконструкцию сложных систем на более управляемые составляющие, то нелинейное агрегирование фокусируется на интеграции этих компонентов с целью выявления системной нелинейности. Эти методики позволяют улучшить понимание системных взаимосвязей, повысить точность прогнозных моделей и рационализировать решение задач [15,16,17,18].

В контексте экономических инноваций эти методологии находят применение в создании специализированных экономических зон и представляют собой эффективный инструмент для стимулирования развития и роста на макроэкономическом уровне [19]. Разложение экономических систем на составляющие позволяет выделить уникальные препятствия, которые могут быть преодолены только через разработку специализированных экономических стратегий.

Перед исследовательским сообществом стоит ряд перспективных задач. С учетом быстрого технологического прогресса и роста вычислительных возможностей, на горизонте появляются новые инструментальные средства для детализированного исследования и моделирования сложных систем. В это входит не только повышение эффективности существующих методов, но и расширение их применения в новых, пока не задействованных сферах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Grebogi C. Controlling chaotic dynamical systems / C. Grebogi, Y.C. Lai // Syst. Contr. Lett. — 1997. Vol. 31. N 3. P. 307–312.
2. Ott E. Controlling chaos / E. Ott, C. Grebogi, G. Yorke // Phys. Rev. Lett. — 1990. — Vol. 64. — N 11. — P. — 1196–1199.
3. Pyragas K. Continuous control of chaos by self-controlling feedback / K. Pyragas // Phys. Lett. A. — 1992. — Vol. 170. — N 6. — P. — 421–428.
4. Аблязов К.А., Катрюк И.С., Попов В.В. Основы теории надежности и диагностики. — Новороссийск: МГА им. адм. Ф.Ф.Ушакова, 2008. — 212 с.
5. Будник С.В. Управление крупномасштабными динамическими системами / С.В. Будник, В.Н. Шашихин // СПб.: Изд-во Политехпресс, 2020. — 308 с.
6. Галлиулин А.С., Фурасов В.Д. Построение систем программного движения. — М.: Наука, 2011. — 209 с.

7. Григорьев К.А., Федосеев И.В., Фугалевич Е.В. Подходы к совершенствованию пространственного планирования развития территорий с использованием межотраслевых балансов ресурсов // Вестник Национальной академии туризма. 2018. № 3 (47). С. 81–84.
8. Долматов Б.М., Попов В.В. Информатика. — Новороссийск: МГА им. адм. Ф.Ф.Ушакова, 2010. — 86 с.
9. Козлов В.Н. Управление энергетическими системами. Ч.1. Теория автоматического управления / В.Н. Козлов, В.Е. Куприянов, В.Н. Шашихин // СПб.: Изд-во Политехи. ун-та, 2006. — 316 с.
10. Крищенко А.П. Подавление хаотической динамики / А.П. Крищенко, А.В. Кавинов // Дифференциальные уравнения. — 2004. — Т. 40. — № 12. — С. 1629–1635.
11. Лицкевич А.П., Старжинская Н.В., Попов В.В. Математические методы в электродинамике. — Новороссийск: МГА им. адм. Ф.Ф.Ушакова, 2009. — 60 с.
12. Лоскутов А.Ю. Основы теории сложных систем / А.Ю. Лоскутов, А.С. Михайлов // М.: Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2007. — 272 с.
13. Магницкий Н.А. Новые методы хаотической динамики / Н.А. Магницкий, С. В. Сидоров // М.: Едиториал УРСС, 2004. — 320 с.
14. Талагаев Ю.В. Стабилизация осциллятора Диффинга-Ван дер Поля оптимальной коррекцией управляющих параметров / Талагаев Ю.В., Тараканов А.Ф. // Письма в ЖТФ. — 2006. — Т. 36. — Вып. 24. — С. 1–9.
15. Краснов А.Е., Красников С.А., Сагинов Ю.Л. и др. Модели количественного оценивания качества объектов технологий, производства и бизнеса в стандарте IDFM // Хранение и переработка сельхозсырья. 2006, № 3. — С. 53–56.
16. Краснов А.Е., Надеждин Е.Н., Никольский Д.Н. и др. Нейросетевой подход к проблеме оценивания эффективности функционирования организации на основе агрегирования показателей ее деятельности // Информатизация образования и науки. — 2017. — № 1(33). — С. 141–154.
17. Сапогов А.А. Существующие методики агрегирования финансовых данных / А.А. Сапогов // Инновации и инвестиции. — 2023. — № 8. — С. 247–250.
18. Сапогов А.А. Развитие методик агрегирования финансовых индикаторов / А.А. Сапогов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2023. — № 10. — С. 100–103
19. Krasnov A., Pivneva S. Hierarchical quasi-neural network data aggregation to build a university research and innovation management system // In: Murgul V., Pukhkal V. (eds) International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT 2019. EMMFT 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1259. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57453-6_2

© Краснов Андрей Евгеньевич (krasnovmgtu@yandex.ru); Сапогов Александр Александрович (sapogovmail@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РОСТОМ КРИСТАЛЛОВ МЕТОДОМ ЧОХРАЛЬСКОГО ПОД УПРАВЛЕНИЕМ НЕПРЕРЫВНОГО ПИД РЕГУЛЯТОРА

SYSTEMS FOR AUTOMATIC CONTROL OF CRYSTAL GROWTH BY THE CHOCHRALSKI METHOD UNDER THE CONTROL OF A CONTINUOUS PID REGULATOR

**K. Lebedev
A. Shatalova**

Summary. The article describes systems for automatic control of crystal growth using the Czochralski method under the control of a continuous PID controller. A description is given of a series of computational experiments in the interactive software environment SimInTech, during which the accumulation of experimental data on crystal growth using the Czochralski method under the control of a continuous PID controller was carried out: the coefficients of the model of the control object were calculated and the coefficients of the PID controller were determined based on the constructed mathematical model and a given reference transient process. Conclusions are drawn about the operation of the systems: the controller gain plays a key role in this system, two other parameters play an auxiliary role to ensure the stability and quality of the transient process; the greater the gain of the regulator, the shorter the control time and the greater the damping coefficient of process oscillations with complex roots and the greater the damping effect; the control object was described by a first-order aperiodic link. A more accurate approximation will be obtained when described by an aperiodic or conservative second-order link. The article substantiates the thesis that an even more accurate description of the control object should take into account the slight delay of the signal on the transient response, using a pure delay link. It is also justified why it should be taken into account that as the crystal grows, the parameters of the controlled object change, in which case they resort to adaptive optimization of the control process by changing the parameters of the PID controller; it is also possible to use the optimizer built into the SimInTech system. In the future, to create a regulatory process, it is currently possible to use regulators based on fuzzy principles.

Keywords: PID controller, automatic control systems, growing single crystals, Czochralski method, technologies for producing single crystals from a melt, automatic control systems.

Лебедев Константин Андреевич

д.ф.-м.н., профессор, Кубанский Государственный университет, Краснодар, Россия
klebedev@fpm.kubsu.ru

Шаталова Алевтина Юрьевна

Старший преподаватель, Финансовый университет при Правительстве РФ, Москва, Россия
ayshatalova@fa.ru

Аннотация. В статье описываются системы автоматического управления ростом кристаллов методом Чохральского под управлением непрерывного ПИД регулятора. Приводится описание серии вычислительных экспериментов в интерактивной программной среде SimInTech, в ходе которой произошло накопление экспериментальных данных о выращивании кристалла методом Чохральского под управлением непрерывного ПИД регулятора: производилось вычисление коэффициентов модели объекта управления и определения коэффициентов ПИД регулятора на основе построенной математической модели и заданного эталонного переходного процесса. Сделаны выводы о работе систем: коэффициент усиления регулятора играет ключевую роль в данной системе, два других параметра играют вспомогательную роль, для обеспечения устойчивости и качества переходного процесса; чем больше коэффициент усиления регулятора, тем меньше время регулирования и больший коэффициент затухания колебаний процесса при комплексных корнях и больший эффект демпирования; объект регулирования описывался аperiodическим звеном первого порядка. Более точная аппроксимация получится при описании аperiodическим или консервативным звеном второго порядка. В статье обосновывается тезис, что ещё более точное описание объекта регулирования должно учитывать небольшое запаздывание сигнала на переходной характеристике, с помощью звена чистого запаздывания. Также обосновывается, почему следует учитывать, что по мере роста кристалла, параметры объекта регулирования меняются, в таком случае прибегают к адаптивной оптимизации процесса регулирования, с помощью изменения параметров ПИД-регулятор, также возможно, использовать оптимизатор, встроенный в систему SimInTech. В дальнейшем для создания процесса регулирования, в настоящее время, возможно, использовать регуляторы, основанные на нечётких принципах.

Ключевые слова: ПИД-регулятор, системы автоматического управления, выращивание монокристаллов, метод Чохральского, технологий получения монокристаллов из расплава, системы автоматического регулирования.

Введение

Пропорционально-интегрально-дифференциальные (ПИД) регуляторы представляют собой системы управления, которые используются для регулирования выходной величины на основе ошибки между желаемым и фактическим значением этой величины.

Такой тип регуляторов является одним из основных инструментов в области автоматического управления. Они широко применяются в различных системах, таких как промышленные процессы, робототехника, электроника и другие.

В целом, ПИД регуляторы являются широко применяемыми и эффективными инструментами в автоматическом управлении, позволяющими достичь желаемого контроля и стабильности в различных системах. Однако, их эффективность зависит от правильной настройки и адекватного применения в конкретных приложениях.

Литературный обзор

Сегодня многие промышленные процессы управляются с помощью ПИД контроллеров, особенно в перерабатывающей промышленности. ПИД-регулятор относится к наиболее распространённому типу регуляторов. Порядка 90–95 % регуляторов [8, 12], находящихся в настоящее время в эксплуатации, используют ПИД-алгоритм. Причинами столь высокой популярности являются простота построения и промышленного использования, ясность функционирования, пригодность для решения большинства практических задач и низкая стоимость. Среди ПИД-регуляторов 64 % приходится на одноконтурные регуляторы и 36 % — на многоконтурные [13]. Контроллеры с обратной связью охватывают 85 % всех приложений, контроллеры с прямой связью — 6 %, и контроллеры, соединённые каскадно, — 9 % [13].

Популярность ПИД-регуляторов можно объяснить их высокой производительностью в широком диапазоне условий эксплуатации, функциональной простотой, которая позволяет инженерам управлять ими простым и понятным способом, и знакомством, с которым они воспринимаются исследователями и практиками в отраслях управления технологическими процессами [33].

Первый ПИД-регулятор был изобретён ещё в 1910 году [8]. Через 32 года, в 1942 году, Циглер и Никольс разработали методику его настройки [9].

Среди традиционных методов настройки ПИД-регулятора, метод Циглера-Николса [23], возможно, является наиболее известным. Для широкого спектра практических процессов этот подход к настройке работает довольно эффективно. Однако иногда это не обеспечивает

достаточной настройки и приводит к большому перерегулированию.

Поэтому этот метод обычно нуждается в перенастройке перед применением для управления промышленными процессами. Для расширения возможностей традиционных методов настройки параметров PID было предложено несколько интеллектуальных подходов для улучшения настройки PID, таких как использование генетических алгоритмов (GA) [41, 25, 34, 14] и оптимизация роя частиц (PSO) [21, 29]. С развитием вычислительных методов в последнее время появились алгоритмы оптимизации часто предлагается настроить параметры управления, чтобы найти оптимальную производительность [21, 29].

После появления микропроцессоров в 1980-х годах развитие ПИД-регуляторов происходит нарастающими темпами. Общее количество публикаций по ПИД-регуляторам за 9 лет с 1973 по 1982 год составило 14 шт., с 1983 по 1992 год — 111 шт., а за период с 1998 по 2002 год (всего за 4 года) — 225 шт. [10]. На одном только семинаре IFAC (International Federation of Automatic Control) в 2000 году было представлено около 90 докладов, посвящённых ПИД-регуляторам [11]. Количество патентов по этой теме, содержащихся в патентной базе данных <http://gb.espacenet.com>, в январе 2006 года составило 364 шт.

Утверждается, что более половины промышленных контроллеров, используемых сегодня, используют PID или модифицированные схемы управления PID [24]. Такое широкое признание ПИД-регуляторов в значительной степени объясняется их простотой и надёжной работой в широком диапазоне условий эксплуатации. Одной из основных проблем, с которой сталкиваются при внедрении ПИД-регуляторов, является правильная настройка значения усиления [42]. На протяжении многих лет предлагались различные эвристические методы настройки ПИД-регулятора. Одним из самых ранних методов является классическая процедура настройки Циглера-Николса, однако с ее помощью трудно определить оптимальные или близкие к оптимальным параметры, поскольку большинство промышленных установок часто очень сложны, имеют высокий порядок, временные задержки и нелинейности [21, 27, 28].

Несмотря на долгую историю развития и большое количество публикаций [43], остаются проблемы в вопросах устранения интегрального насыщения, регулирования объектов с гистерезисом и нелинейностями, автоматической настройки и адаптации. Практические реализации ПИД-контроллеров не всегда содержат антиалиасные фильтры, чрезмерный шум и внешние возмущения затрудняют настройку параметров. Проблемы усложняются тем, что в современных системах управ-

ления динамика часто неизвестна, регулируемые процессы нельзя считать независимыми, измерения сильно зашумлены, нагрузка непостоянна, технологические процессы непрерывны.

Далее рассмотрены только регуляторы для одномерных объектов (с одним входом и одним выходом), для медленных (тепловых) процессов, которые наиболее распространены в АСУ.

Целью работы является разработка методов адаптивного управления процессами роста кристаллов из расплава методом Чохральского, а также разработка метода управления процессом выращивания тел вращения методом локального динамического формообразования.

Метод выращивания кристаллов

Технология Чохральского широко применяется для промышленного производства монокристаллов различных оксидов, которые необходимы в микроэлектронике, акустоэлектронике, лазерной технике, оптике и оптоэлектронике. Мировые объемы производства монокристаллов ниобата и танталата лития, сапфира, алюмоитриевого граната, силиката и германата висмута и ряда других монокристаллов составляют десятки тонн в год [1].

Обычно для кристаллов тугоплавких оксидов управление процессом роста осуществляется по Т-каналу (по каналу мощности нагрева P) Уравнение наблюдения датчика и ПИД закон регулирования стали «классическими» и используется практически во всех системах, обеспечивающих автоматический контроль диаметра кристалла в методе Чохральского при управлении процессом роста по каналу мощности. В начале 80-х годов двадцатого века разработчики систем автоматического управления получили средства микропроцессорной техники с их поистине безграничными возможностями. Появилось множество работ, посвящённых самонастраивающимся регуляторам и адаптивным алгоритмам. В настоящее время активно развиваются теория самонастраивающихся регуляторов на основе частотных методов, оптимального оценивания, нейронных сетей, генетических алгоритмов и нечёткой логики. Однако публикации о применении систем автоматического управления для контроля технологических процессов роста кристаллов отсутствуют [2, 3].

В качестве информационного сигнала о поперечном сечении растущего кристалла выбрана производная сигнала датчика веса. Управляющим воздействием является мощность нагрева. Тогда, под динамической характеристикой объекта управления будем понимать изменение производной сигнала датчика веса во вре-

мени при изменении мощности нагрева на заданную величину. Диаметр кристалла составлял $d = 40$ мм. Скорость вытягивания поддерживалась $v = 1$ мм/час, скорость вращения штока $\omega = 12-15$ об/мин. Выращивание проводили в атмосфере аргона при давлении $P = 1$ атм. Применялся прямой индукционный нагрев иридиевого тигля диаметром 100 мм и высотой 150 мм.

В качестве теплоизоляции использовали керамику из диоксида циркония. Описание теплового узла представлено в работах. Для метода Чохральского при выращивании кристалла оценка максимальной длительности переходного процесса составляет $T = 1000$ секунд, рассмотрим результаты эксперимента для выращивания нелегированного кристалла алюмоитриевого граната методом Чохральского.

Разгонная характеристика объекта

На рис. 1, полученным с помощью интерактивной программной среды SimInTech [5] представлены реальные переходные процессы рассматриваемого ростового процесса подобранной математической модели.

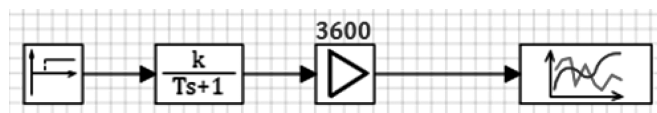


Рис. 1. Модель роста кристалла с переходными процессами

Рис. 1 показывает динамическую модель (печь Чохральского) регулирования, состоящую из источника сигнала $k_c = 1$ квт, апериодического звена $k = 1/15$ мм/(сек·квт), $T = 300$ сек, усилителя (датчик скорости вытягивания) $k = 15$ (квт сек)/мм, измерительного прибора (осциллограф).

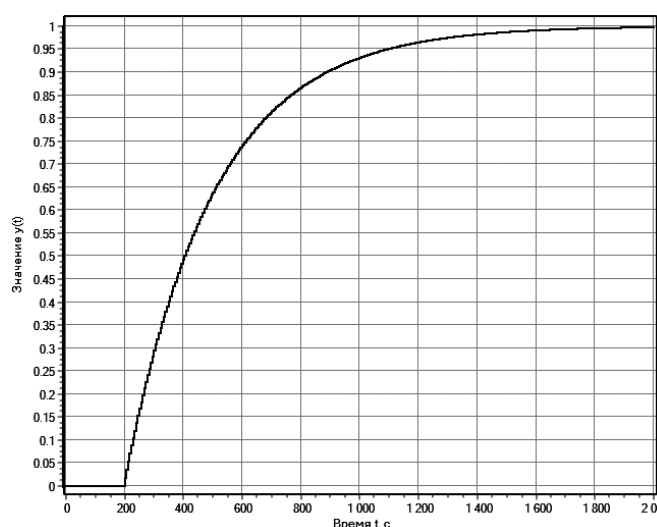


Рис. 2. Разгонная характеристика переходного процесса (2000 сек.)

Как видно из рис. 2 переходной процесс аппроксимируется линейной дифференциальной моделью первого порядка. Наш объект управления является автономным, мы предполагаем в рамках данной модели, что его динамическая характеристика не изменяется в процессе роста монокристалла. Поэтому в случае использования классического ПИД регулятора, для обеспечения прецизионного управления процессом роста нет необходимости осуществлять корректировку коэффициентов регулятора. Поэтому, для управления ростовым процессом будем использовать ПИД регулятор с постоянными коэффициентами [3, 4].

Построение контура регулирования с ПИД регулятором

На рис. 3 представлена схема классической системы управления с обратной связью. Она состоит из задающего устройства, сумматора, регулятора и объекта, датчика.

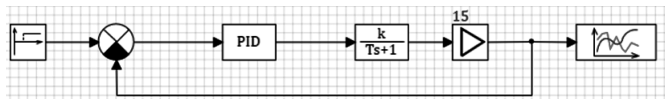


Рис. 3. Система регулирования с отрицательной обратной связью

Задающее устройство служит для формирования опорного сигнала, служащего эталоном, к которому регулятор должен привести отклик объекта управления. Сумматор вычисляет рассогласование между опорным сигналом и откликом объекта управления. Регулятор служит для формирования сигнала управления на основе величины рассогласования [5].

Выберем параметры регулятора.

Блок реализует передаточную функцию ПИД-регулятора следующего вида: $W(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + \frac{K_d s}{T_d s + 1}$,

где K_p, K_i, K_d — коэффициенты усиления пропорциональной, интегрирующей и дифференцирующей составляющих регулятора соответственно, T_d — постоянная времени дефинирования.

Тогда переходный процесс примет вид на рис. 5.

Влияние внешних помех на переходной процесс в замкнутой САУ

Подадим на вход объекта периодический сигнал прямоугольной формы.

Посмотрим, как регулятор сглаживает возмущающие воздействия, подаваемые на вход объекта, причём размах колебаний нереалистично большой 2 квт, тогда как переход в новый режим осуществляется в пределах 1 квт. Из вычислительного эксперимента видно, что визу-

Название	Имя	Формула	Значение
Тип регулятора	mode		PID
Начальные условия	y0		[0]
Дифференциальная составляющая	kd	10	[10]
Интегральная составляющая	ki	100	[100]
Постоянная времени дифференцирования, сек	tdif	100	[100]
Пропорциональная составляющая	kp	2000	[2000]

Рис. 4. Параметры ПИД регулятора

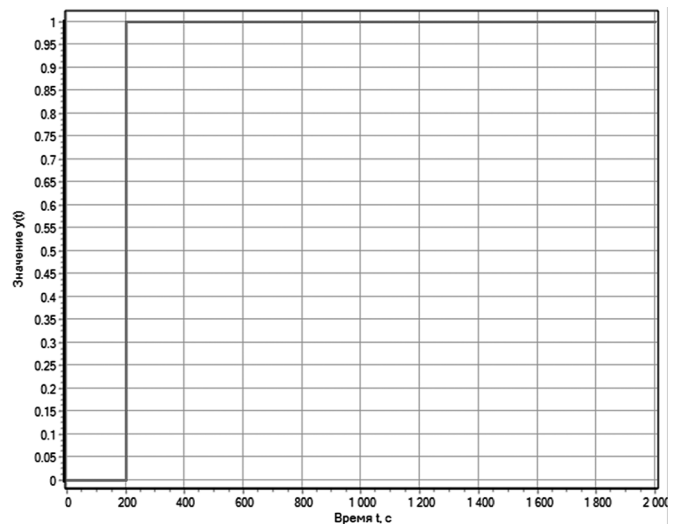


Рис. 5. Разгонная характеристика переходного процесса (2000 сек.)

ально не наблюдается отклонения от заданной величины, по-прежнему вывод на стационарное значение происходит за ничтожно малый промежуток времени.

Но если увеличить размах прямоугольных импульсов до совершенно нереальных значений 20 квт, от -10 до +10 квт, то становятся заметными колебания вокруг стационарного значения.

Устойчивость системы регулирования

Передаточная функция объекта $W_0 = \frac{k_0}{T_0 p + 1}$, где

$k_0 = k \cdot 15 = \frac{1}{15} \cdot 15 = 1$ — коэффициент усиления объ-

екта регулирования вместе с датчиком измерения скорости изменения веса кристалла; $T = T_0 = 300$ — временная постоянная объекта; $p = \sigma + j\omega$ — комплексное переменное.

Преобразование Лапласа $L()$ даёт:

$$L\left(\frac{dx}{dt}\right) = pX(p) - x(0), \quad L\left(\int_0^e x(t)dt\right) = \frac{X(p)}{p}$$

Передаточная функция ПИД-регулятора в стандартном виде $W_p = \left(k_p + \frac{1}{T_i p} + T_d p\right)$

k_p — коэффициент пропорционального усиления ПИД-регулятора;

T_i — постоянная времени интегрирования, сек., а коэффициент интегрирования, 1/сек.;

T_d — постоянная времени дифференцирования, сек.

Отметим, что в программе SimINTech используется более общая формула для ПИД регулятора

$$W_p = \left(k_p + \frac{k_i}{p} + \frac{k_d p}{T_{dif} \cdot p + 1}\right).$$

Видно, что между традиционными обозначениями и в пакете имеется соотношения: $k_p = kp$; $T_i = \frac{1}{ki}$; $T_d = kd$; $T_{dif} = tdif = 0.1 \approx 0$.

Передаточная функция разомкнутой системы имеет вид:

$$W = W_p W_0 = \left(k_p + \frac{1}{T_i p} + T_d p\right) \cdot \frac{k_0}{T_0 p + 1}.$$

Тогда передаточная функция замкнутой системы равна $W_3 = \frac{W}{1+W}$,

$$W_3 = \frac{W}{1+W} = \frac{k_0 (T_d \cdot T_i p^2 + T_i k_p p + 1)}{(T_0 T_i + T_d T_i k_0) p^2 + (T_i + T_i k_0 k_p) p + k_0}.$$

Характеристическое уравнение замкнутой системы будет равно

$$(T_0 T_i + T_d T_i k_0) p^2 + (T_i + T_i k_0 k_p) p + k_0 = 0 \text{ или} \\ ap^2 + bp + k_0 = 0$$

$$\text{Корни равны } p_{12} = -\frac{b}{2a} \pm \frac{\sqrt{b^2 - 4ak_0}}{2a}.$$

Так как a и b больше нуля, то система устойчива при любом выборе параметров ПИД-регулятора T_i, T_d, k_p .

В программе SimINTech $k_p = kp$; $kd = T_d$, $ki = \frac{1}{T_i}$ представлены формулы.

Выбор параметров регулятора

Выберем значения

$$k_p = kp = 4000; \quad kd = T_d = 10;$$

$$ki = \frac{1}{T_i} = 10; \quad T_i = \frac{1}{ki} = \frac{1}{10}.$$

Уберём сигнал прямоугольных возмущений, установив его коэффициент усиления равным нулю. Рассмотрим переходной процесс по входному заданию, которое изменяет задание с нуля до единицы в момент времени $t = 200$ с. Можно видеть, что при заданных параметрах, регулируемая величина практически совпадает с заданным сигналом, регулирование осуществляется с высоким качеством, нет видимого перерегулирования.

Однако, если уменьшить коэффициент усиления регулятора до значения $k_p = kp = 1000$ оставив остальные параметры настройки неизменными, то перерегулирование становится заметным $y_{\max} - y_3 = 0,002$.

Если уменьшить коэффициент усиления регулятора до значения $k_p = kp = 500$, то перерегулирование становится равным $y_{\max} - y_3 = 0,009$.

$$\text{При } k_p = kp = 100, \quad y_{\max} - y_3 = 0,14.$$

При $k_p = kp = 60$, $y_{\max} - y_3 = 0,26$ и появляется колебательность процесса:

При $k_p = kp = 10$, $y_{\max} - y_3 = 0,7$ и колебательность процесса носит выраженный характер, что свидетельствует о наличии комплексных корней в характеристическом уравнении.

Корневые методы оценки качества регулирования

Выясним границы появления комплексных корней. Характеристическое уравнение замкнутой системы $(T_0 T_i + T_d T_i k_0) p^2 + (T_i + T_i k_0 k_p) p + k_0 = 0$ или $ap^2 + bp + k_0 = 0$.

$$\text{Корни задаются формулой } p_{12} = -\frac{b}{2a} \pm \frac{\sqrt{b^2 - 4ak_0}}{2a}.$$

Корни всегда имеют отрицательную вещественную часть.

Чтобы появились комплексные корни необходимо, чтобы подкоренное выражение было отрицательным.

$$b^2 - 4ak_0 < 0, \quad b^2 < 4ak_0, \\ (T_i)^2 (1 + k_0 k_p)^2 < 4T_i (T_0 + T_d k_0), \\ T_i < \frac{4}{(1 + k_0 k_p)} (T_0 + T_d k_0).$$

Равенство, очевидно, задаёт прямую линию в координатах T_i, T_d при фиксированном k_p , или дробно рациональную функцию в координатах T_i, k_p при фиксирован-

ном T_d : $T_i = \frac{4}{(1 + k_0 k_p)} (T_0 + T_d k_0)$ на которых имеется действительный двухкратный отрицательный корень.

В переменных программы SimInTech имеем

Если $ki = \frac{1}{T_i} = \frac{(1 + k_0 k_p)^2}{4(T_0 + T_d k_0)}$, имеется отрицательный

двухкратный корень.

Если $ki > \frac{(1 + k_0 k_p)^2}{4(T_0 + T_d k_0)}$, то имеется два сопряжённых

корня с отрицательной вещественной частью (система принадлежит к классу 1).

Если $ki < \frac{(1 + k_0 k_p)^2}{4(T_0 + T_d k_0)}$, то имеется два отрицатель-

ных действительных корни, (система принадлежит к классу 0).

Выводы

Таким образом, была проведена серия вычислительных экспериментов в интерактивной программной среде SimInTech, в ходе которой производилось накопление экспериментальных данных о выращивании кристалла методом Чохральского под управлением непрерывного ПИД регулятора: производилось вычисление коэффициентов модели объекта управления и определения коэффициентов ПИД регулятора на основе построенной математической модели и заданного эталонного пере-

ходного процесса. В результате чего можно сделать нижеизложенные выводы.

1. Коэффициент усиления регулятора играет ключевую роль в данной системе, два других параметра играют вспомогательную роль, для обеспечения устойчивости и качества переходного процесса.
2. Чем больше коэффициент усиления регулятора, тем меньше время регулирования и больший коэффициент затухания колебаний процесса при комплексных корнях и больший эффект демпирования.
3. Объект регулирования описывался аperiodическим звеном первого порядка. Более точная аппроксимация получится при описании аperiodическим или консервативным звеном второго порядка.
4. Ещё более точное описание объекта регулирования должно учитывать небольшое запаздывание сигнала на переходной характеристике, с помощью звена чистого запаздывания.
5. Следует учитывать, что по мере роста кристалла, параметры объекта регулирования меняются, в таком случае прибегают к адаптивной оптимизации процесса регулирования, с помощью изменения параметров ПИД-регулятора. Возможно, использовать оптимизатор, встроенный в систему SimInTech.
6. Для создания процесса регулирования, в настоящее время, возможно, использовать регуляторы, основанные на нечётких принципах.

В рамках продолжения исследования предлагается сравнить результаты процесса регулирования, получаемые регуляторами разных принципов действия [6, 7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Метод Чохральского. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Чохральского> (Дата обращения 15.04.2023 г.)
2. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Учебник и справочник для академического бакалавриата. Москва. Юрайт. 2015. 276 с.
3. Теория автоматического управления / под ред. академика А.А. Воронова. Москва. Высшая школа. 1986. Т1. 367 с. Т2. 504 с.
4. Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования и управления. Москва. Наука. 1989. 304 с.
5. Среда динамического моделирования SimInTech. <https://simintech.ru> (Дата обращения 15.04.2023 г.)
6. Гостев В.И. Нечёткие регуляторы в системах автоматического управления. Киев. Радиомотор. 2008. 972 с.
7. Леоненков А. Нечёткое моделирование в средах MATLAB и fuzzyTECH. Санкт-Петербург. 2005. 736 с.
8. Ang K.H., Chong G., Li Y. PID control system analysis, design, and technology // IEEE Transactions on Control Systems Technology. 2005. Vol. 13. No. 4. P. 559–576.
9. Ziegler J.G., Nichols N.B. Optimum settings for automatic controllers // Trans. ASME. 1942. Vol. 64. P. 759–768.
10. O'Dwyer A. PID compensation of time delayed processes 1998–2002: a survey // Proceedings of the American Control Conference, Denver, Colorado, 4–6 June 2003. P. 1494–1499.
11. Quevedo J., Escobet T. Digital control: past, present and future of PID control // Proceedings of the IFAC Workshop, Eds., Terrassa, Spain, 5–7 Apr. 2000.
12. Astrom K.J., Hagglund T. Advanced PID control. — ISA (The Instrumentation, System, and Automation Society), 2006. — 460 p.
13. Li Y., Ang K.H., Chong G.C.Y. Patents, software, and hardware for PID control. An overview and analysis of the current art // IEEE Control Systems Magazine. Feb. 2006. P. 41–54.
14. A.Varsek, T. Urbacic and B. Filipic, 1993, Genetic Algorithms in Controller Design and Tuning, IEEE Trans. Sys. Man and Cyber, Vol. 23/5, pp1330–1339.
15. Astrom, K.J. and T., Hagglund, 1995, PID Controllers: Theory, Design and Tuning, ISA, Research Triangle, Par, NC.

16. B.Nagaraj, S.Suba and B.Rampriya: Tuning Algorithms for PID Controller Using Soft Computing Techniques; International Journal of Computer Science and Network Security (IJCSNS), VOL.8 No.4, April 2008. pp. 278–281.
17. Clerc, M., 1999, The Swarm and the queen: towards a deterministic and adaptive particle swarm optimization. Proceedings of the Conference on Evolutionary Computation, pp. 1951–1957.
18. Cohen G.H. and Coon G.A., «Theoretical consideration of retarded control», Trans. ASME, Vol. 75, pp. 827–834, 1953
19. Eberhart, R.C. and Shi, Y.H., 2000, Comparing inertia weights and constriction factors in particle swarm optimization. Proc. The 2000 Congress on Evolutionary Computation. Vol.1, pp. 84–88.
20. Engineering and Information Technology 2011
21. Gaing, Z.L., 2004, A particle swarm optimization approach for optimum design of PID controller in AVR system. IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol.19(2), pp. 384–391.
22. Hugo, J. Alan, 2002, Process Controller Performance Monitoring and Assessment, <http://www.controlartsinc.com/support/articles/PerformanceAssessment.PDF>. Accessed 31/6/10
23. K Ogata, 1987, Modern Control Systems, University of Minnesota, Prentice Hall.
24. K Ogata, 2005, Modern Engineering (fifth edition), University of Minnesota, Prentice Hall.
25. K. Krishnakumar and D. E. Goldberg, 1992, Control System Optimization Using Genetic Algorithms, Journal of Guidance, Control and Dynamics, Vol. 15, No. 3, pp. 735–40.
26. Kennedy, J. and Eberhart, R.C., 1995, Particle swarm optimization. Proc. IEEE International Conference on Neural Networks (Perth,Australia), IEEE Service Center, Piscataway, NJ, pp. IV: 1942–1948.
27. Krohling RA, Rey JP., 2001, Design of optimal disturbance rejection PID controllers using genetic algorithm. IEEE Trans Evol Comput;5: pp. 78–82.
28. Kwok, D.P., T.P. Leung and F.Sheng, 1993, Genetic algorithm for optimal dynamic control of robot arms. Proceedings of the International Conference on Industrial Electronics,Control and Instrumentation.15–19 November,San Francisco,CA, pp. 380–385.
29. Mahmud Iwan Solihin, Lee Fook Tack and Moey Leap Kean, Tuning of PID Controller Using Particle Swarm Optimization (PSO), Proceeding of the International Conference on Advanced Science, 2011.
30. Mitsukura Y, Yamamoto T, Kaneda M., June 1999, A design of self-tuning PID controllers using a genetic algorithm. In: Proc Am Contr Conf, San Diego, CA, pp. 1361–5.
31. Nagaraj B, Subba S and Rampriya B, 2005, Tuning Algorithm for PID Using Soft-Computing Techniques. International Journal of Computer Science and Network Security, Vol 8, No 4 April, pp. 278–289.
32. Ou, C. and Lin, W., 2006, Comparison between PSO and GA for parameters optimization of PID controller. Proc. IEEE International Conference on Mechatronics and Automation. Luoyang, China.
33. Pillay N. and Govender P., 2007, A Particle Swarm Optimization Approach for Model Independent Tuning of PID Control Loop, IEEE Africon 2007, IEEE Catalog: 04CH37590C, ISBN: 0-7803-8606-X.
34. Q.Wang, P Spronck and R Tracht, 2003, An Overview of Genetic Algorithms Applied to Control Engineering Problems. Proceedings of the Second International Conference on Machine Learning and Cybernetics.
35. Qu Sun, Renhou Li and Ping and Zhang, 2003, Stable and Optimal Adaptive Fuzzy Control of Complex Systems using Fuzzy Dynamic Model. Fuzzy Sets and Systems, No 133 pp. 1–17.
36. Rasmussen H., 2002, Automatic Tuning of PID Regulator. <http://www.volgask.dk/nores/auto.pdf> downloaded 30/6/10.
37. Schei, Tor Steiner, 1994, Automatic Tuning of PID Controllers Based on Transfer Function Estimation, Automatica, pp. pp. 1983–1989.
38. Seng TL, Khalid MB, Yusof R., 1999, Tuning of a neuro-fuzzy controller by genetic algorithm. IEEE Trans Syst Man Cybern B,29, pp. 226–36.
39. Shi, Y.H. and Eberhart, R.C., 1998, A modified particle swarm optimizer. IEEE International Conference on Evolutionary Computation, Anchorage, Alaska.
40. Shi, Y.H. and Eberhart, R.C., 2001, Fuzzy Adaptive Particle Swarm Optimization. Proc. Congress on Evolutionary Computation. Seoul, Korea.
41. T. O.Mahony, C J Downing and K Fatla, 2000, Genetic Algorithm for PID Parameter Optimization: Minimizing Error Criteria, Process Control and Instrumentation, University of Strathclyde, pp. 148–153.
42. Visioli A., 2001, Tuning of PID controllers with fuzzy logic. Proc Inst Elect Eng Contr Theory Appl, 148(1), pp. 1–8.
43. Zhong Jinghua, 2006, PID Controller Tuning: A Short Tutorial, <http://saba.kntu.ac.ir/eecd/pd/download/PIDtutorial.pdf> downloaded 1/7/2010

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ НА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Лозовой Сергей Викторович

Инженер по системам безопасности,
Sorrer IT & Telecommunications Co, West Qurna-2 Project
sergeylozovoy80@gmail.com

AN INTELLIGENT INFORMATION SECURITY MODEL FOR OIL AND GAS FIELDS

S. Lozovoy

Summary. The study raises a rather topical issue due to the improvement of the traditional process of dispatching control and data collection at oil and gas fields through the formation of an intelligent information security model. This study is devoted to the concept of an intelligent information security model in oil and gas fields based on a multi-agent approach. The article contains the advantages of a multi-agent approach to ensuring information security in oil and gas fields; the conceptual structure of the intellectual model of information protection in oil and gas fields; evaluation of the effectiveness of the proposed conceptual structure of the intellectual information security model based on an experiment, according to which it was noted that while maintaining high decision-making accuracy, the decision tree generated by experimental group A is much smaller than that of control group B, and the duration of the algorithm implementation is shorter, therefore, the effectiveness of decision-making by the attribute of the experimental group is higher in other words, the intelligent information security model proposed in this study for oil and gas fields, it is very effective.

Keywords: information protection, information security, intelligent model, oil and gas fields, multi-agent approach, conceptual structure.

Аннотация. В исследовании поднимается достаточно актуальный вопрос, обусловленный совершенствованием традиционного процесса диспетчерского управления и сбора данных на нефтяных и газовых месторождениях посредством формирования интеллектуальной модели защиты информации. Данное исследование посвящено концепции интеллектуальной модели защиты информации на нефтяных и газовых месторождениях, базирующейся на мультиагентском подходе. Статья содержит преимущества мультиагентского подхода к обеспечению информационной безопасности на нефтяных и газовых месторождениях; концептуальную структуру интеллектуальной модели защиты информации на нефтяных и газовых месторождениях; оценку эффективности предложенной концептуальной структуры интеллектуальной модели защиты информации на основе эксперимента, в соответствии с чем было отмечено, что при сохранении высокой точности принятия решения дерево решений, сгенерированное экспериментальной группой А, намного меньше, чем у контрольной группы В, а продолжительность реализации алгоритма короче, следовательно, эффективность принятия решения по атрибуту экспериментальной группы выше, другими словами, интеллектуальная модель защиты информации, предложенная в данном исследовании для нефтяных и газовых месторождений, является весьма эффективной.

Ключевые слова: защита информации, информационная безопасность, интеллектуальная модель, нефтяные и газовые месторождения, мультиагентский подход, концептуальная структура.

Введение

Система диспетчерского управления и сбора данных в современной сети управления промышленной автоматизацией широко используется в крупномасштабной сети нефтегазопроводов на нефтяных и газовых месторождениях [1]. Такая система диспетчеризации и сбора данных в сфере автоматизации управления и производственного процесса основана на информационно-компьютерных технологиях. Как система промышленной сети управления, диспетчеризация и сбор данных построены на универсальном компьютерном программном и аппаратном обеспечении, что приводит к уязвимости киберсистемы и увеличению её открытости в нефтегазовой отрасли. После установки системы в целях информационной безопасности нефтяных и газовых месторождений и в процессе её практической эксплуатации она не будет часто обновляться, что создаёт дополнительные проблемы, обнаруженные в последующем системе, которые трудно решить, при

этом они создают существенные риски для информационной безопасности на нефтяных и газовых месторождениях [2; 3]. В то же время все больше нефтегазовых систем диспетчеризации управления и сбора данных позволяют обмениваться информационными данными с другими сетевыми моделями, поэтому существующие системы диспетчеризации управления и сбора данных практически полностью уязвимыми для внешних воздействий, следовательно возникает определённая угроза информационной безопасности на нефтяных и газовых месторождениях. Поскольку система диспетчерского управления и сбора данных выступает весьма крупным объектом нефтегазовой инфраструктуры, то, если нефтегазовая система, имеющаяся на предприятиях, подвергнется кибератаке и не будет достаточно быстро устранена, это приведет к значительному повреждению информационной системы и определённым денежным потерям. Кроме того, в связи с тем, что система диспетчерского управления и сбора данных является крупномасштабной базовой сетевой системой управле-

ния промышленной автоматизацией на нефтяных и газовых месторождениях, то информационной безопасности предприятий нефтегазовой отрасли уделяется много внимания зарубежными исследователями.

К. Хуан, К. Чжоу, Ю.К. Тянь в соавт. применили байесовскую модель для оценки рисков кибербезопасности на основе данных в сети диспетчеризации и сбора информационных данных, однако не обсуждали направления построения архитектуры информационной безопасности посредством интеллектуальной модели защиты информации [4].

Т. Марсио, С. Тара, З. Маеде в соавт. представили подход машинного обучения для испытаний диспетчеризации и сбора информационных данных для кибербезопасности, проанализировав пять традиционных алгоритмов машинного обучения, но распределенная защита информации, которая возможна при помощи использования интеллектуальной модели, не рассматривалась данными исследователями [5].

Дж. Мохаммади, Г. Хуг, С. Кар предложили агентно-ориентированную распределенную систему информационной безопасности с ограниченным оптимальным потоком производственной мощности на нефтяных и газовых месторождениях. Но агентский подход с машинным обучением не анализировался в качестве составляющей интеллектуальной модели защиты информации [6].

В крупномасштабной сетевой системе модель защиты информации, как правило, основана на многоуровневой распределенной структурой, что позволяет решать проблемы информационной безопасности в сетевой системе посредством сбора распределённых информационных данных, обработки и централизованного управления промышленной автоматизацией на нефтяных и газовых месторождениях [7].

Агентская крупномасштабная распределенная система защиты информации представляет собой новую концепцию и современную технологию, предложенную за рубежом. Эта новая модель широко изучалась исследователями, например, Г. Хелмер [8] впервые предложил агентскую систему обнаружения внешних вторжений в модель информационной безопасности.

Поскольку применение агентской технологии в распределенной системе обнаружения кибервторжений является основным в условиях защиты информации нефтегазовых компаний, в этом исследовании рассматривается интеллектуальная модель защиты информации, базирующаяся на мультиагентском подходе.

Актуальность работы

Исследование современного состояния нефтяных и газовых месторождений, а также формирования ин-

теллектуальной модели защиты информации, основанной на мультиагентском подходе, является крайне актуальным и востребованным направлением в современных условиях развития информационных технологий и увеличения угроз кибербезопасности.

Нефтегазовые предприятия на сегодняшний день используют множество компьютерных систем и сетей для мониторинга и управления производственными процессами на нефтяных и газовых месторождениях. Однако с ростом зависимости от информационных технологий, также повышается и уровень угроз информационной безопасности. Кибератаки на промышленные объекты могут привести к значительным последствиям, таким как разрушение основного оборудования, производственным потерям, экологические катастрофы.

Мультиагентский подход предлагает нефтегазовым предприятиям интеллектуальное решение для эффективной защиты информации на нефтяных и газовых месторождениях. В рамках данного подхода, различные агенты, работающие автономно и совместно, обеспечивают мониторинг, детекцию и противодействие киберугрозам. Каждый агент выполняет специфическую функцию, например, мониторинг сетевой модели, анализ информационных данных или принятие управленческих решений об адаптации системы диспетчерского управления и сбора информационных данных к изменяющимся условиям.

Практическое применение интеллектуальной модели защиты информации на основе мультиагентского подхода на современном этапе отраслевого развития нефтегазовых предприятий позволяет выявлять и предотвращать кибератаки в реальном времени, обеспечивая информационную безопасность при осуществлении производственных процессов на газовых и нефтяных месторождениях, что способствует тому, что компании могут сохранить и увеличить экономический потенциал, улучшить эффективность промышленной автоматизации и обеспечить защиту природной среды.

Исследование интеллектуальной модели имеет практическую значимость для энергетической отрасли в целом, поскольку позволит в перспективе разрабатывать новые методы и алгоритмы для защиты информации и противодействия кибератакам. Благодаря этому инженеры нефтегазового дела, специалисты по информационной безопасности смогут сформировать и потом апробировать наиболее надежные и безопасные системы на нефтяных и газовых месторождениях.

Цель данного исследования — разработать концепцию интеллектуальной модели защиты информации на нефтяных и газовых месторождениях.

Задачи исследования:

1. Выявить преимущества мультиагентского подхода к обеспечению информационной безопасности на нефтяных и газовых месторождениях.
2. Представить концептуальную структуру интеллектуальной модели защиты информации на нефтяных и газовых месторождениях.
3. Оценить эффективность предложенной концептуальной структуры интеллектуальной модели защиты информации.

Материалы и методы

Для выявления преимуществ мультиагентского подхода к обеспечению информационной безопасности на нефтяных и газовых месторождениях автором статьи был проведён обзор и анализ научно-прикладной литературы.

Помимо метода анализа научно-прикладной литературы, автором статьи использовался метод индукции, дедукции, систематизации, графического представления информации, абстрактно-логический метод, мультиагентский метод построения интеллектуальной модели защиты информации, метод математической обработки информационных данных KDD CUP 99.

Результаты и их обсуждения

Агентский метод обеспечивает более эффективную и гибкую модель распределенных вычислений, представляет собой инновационный способ решения проблемы защиты информации в крупномасштабных распределенных сетевых системах. В рамках защиты информации промышленной безопасности принята мультиагентская структура, позволяющая в полной мере использовать независимость и автономию непосредственно агента для своевременного локального реагирования, что может уменьшить корреляцию между различными компонентами интеллектуальной модели защиты информации. При этом взаимодействие агентов в данном подходе используется для практической реализации сложного алгоритма защиты информации [9; 10]. Мультиагентская архитектура имеет следующие характеристики, отражающие преимущества:

1. Отказ одного или некоторых агентов в системе защиты информации не повлияет на оставшихся агентов, что уменьшает риск общего сбоя системы диспетчерского управления и сбора информационных данных, а также позволяет избежать единичного сбоя классической централизованной системы. Если у агента возникли проблемы или он поврежден внутри модели, ущерб от сбоя будет ограничен минимальным диапазоном и незначительной ошибкой диффузии. Агент может работать в автономном режиме, используя встро-

енную базу знаний и логику обработки информационных данных, поэтому агент может временно продолжать работу из системы. Когда соединение с другим системным агентом восстанавливается, расчетные данные могут быть перенаправлены к нему [11; 12; 13].

2. Различные агенты могут воспринимать внешнюю среду по-разному, и их источники информационных данных находятся в различных формах, таких как данные аудита хоста, конфигурация хост-системы, захват сетевых пакетов интеллектуальной модели защиты информации. Для всего диапазона восприятие информационных данных агентом не ограничено, что подходит для развертывания в крупномасштабной интеллектуальной модели защиты информации.
3. Обнаружение агентов в системе может использоваться для разных источников данных, при этом используемый алгоритм обнаружения киберугроз не является постоянным. Сопоставление шаблонов, анализ состояния, статистический анализ, мониторинг поведения как методы могут применяться к разным агентам. Анализируя характеристики вторжения или аномалии, встречающиеся в киберсистеме, о которых сообщают разные агенты, в контексте интеллектуальной модели можно получить более точные результаты.

Основываясь на эксплуатационных характеристиках системы диспетчеризации и сбора информационных данных в нефтяных и газовых месторождениях в сочетании с преимуществами мультиагентской архитектуры, такая технология может применяться для защиты информации в контексте предлагаемой интеллектуальной модели. В этом исследовании представлена интеллектуальная модель защиты информации на основе мультиагентского подхода к информационной безопасности на нефтяных и газовых месторождениях. Интеллектуальная модель использует преимущества мультиагентской архитектуры в распределенной системе и позволяет классифицировать общую структуру на три уровня: уровень мониторинга, уровень принятия решений и уровень управления (рис. 1). На этих трех уровнях разные типы агентов играют индивидуальную роль для практической реализации конкретных функций. В соответствии с вышеуказанными уровнями они могут эффективно разделить сложные функции системы и соответственно снизить степень объединения различных частей интеллектуальной. В то же время может быть реализовано разделение стратегии и методов защиты информации на нефтегазовых предприятиях, что увеличивает гибкость конфигурации и надежность интеллектуальной модели.

Уровень мониторинга включает в себя агента, осуществляющего мониторинг, и агента, исполняющего ре-

Уровень управления	Агент, предоставляющий пользовательский интерфейс
	Агент координации функций в системе
Уровень принятия решений	Агент регистрации входящих данных
	Агент, принимающий решения
Уровень мониторинга	Агент, исполняющий решения
	Агент, осуществляющий мониторинг

Рис. 1. Концепция мультиагентского подхода к построению интеллектуальной модели защиты информации с распределением агентов в структуре модели

Источник: разработано автором.

шения. На этом уровне собираются и обрабатываются основные исходные данные в интеллектуальной модели защиты информации, а также выполняются действия, когда система этого требует, поэтому агенты могут контролировать процесс диспетчерского управления и сбора данных, а также поддерживать контроль его информационной безопасности.

Уровень принятия решений является основным уровнем интеллектуальной модели защиты информации, на котором выполняют функции агент регистрации входящих информационных данных и агент принятия решений. В основном он анализирует результаты принятых решений с оценкой обнаружения киберугроз, полученных на уровне мониторинга. При необходимости уровень принятия решений координирует агента принятия множественных решений для выработки совместных решений и затем передает результаты решения агенту, исполняющему решения, на уровне мониторинга.

Уровень управления включает агента, предоставляющего пользовательский интерфейс, и агента координации функций в системе. Он реализует работы по конфигурации модели, настройке и планированию функций всех агентов в интеллектуальной модели защиты информации.

В рамках представленной концепции количество агентов в интеллектуальной модели защиты информации может повышаться либо сокращаться в зависимости от характеристик обновления встроенной базы знаний внутри интеллектуальной модели. В случае необходимости уровень управления может координировать действия нескольких агентов принятия решений для выработки совместного решения.

В таблице 1 представлена характеристика функций, выполняемых каждым агентом в рамках концепции мультиагентского подхода к построению интеллектуальной модели защиты информации.

Когда агент мониторинга обнаруживает некоторые исключения в интеллектуальной модели защиты информации, он передает соответствующую информацию об обнаружении угрозы агенту, принимающему решения, который, в свою очередь, формирует аргументированное суждение по сложившейся ситуации. Если для принятия решения агенту необходима совместная работа с другими агентами, то агент координации функций в системе координирует принятие решения другим агентом для участия в основном решении, и результаты двух агентов уже являются синергетическими. Окончательное решение будет передано соответствующему агенту, исполняющему решения, и уже он будет заниматься мониторингом аномального поведения в системе диспетчерского управления и сбора данных на нефтяных и газовых месторождениях.

Агент мониторинга использует встроенную базу знаний и логику обработки информационных данных мониторинга для анализа. Если результаты ненормальные, информация будет передана агенту, принимающему решения.

После получения информации от агента мониторинга агент, принимающий решения, анализирует информацию через базу знаний, принимает решение и использует метод обработки исключений в интеллектуальной модели защиты информации. Если один агент не может принять решение, агенту координации функций в системе необходимо скоординировать действия нескольких

Таблица 1.

Характеристика функций, выполняемых каждым агентом в рамках концепции мультиагентского подхода к построению интеллектуальной модели защиты информации

Наименование агента	Функции, выполняемые агентом
Агент, предоставляющий пользовательский интерфейс	<ul style="list-style-type: none"> — предоставление удобного пользовательского интерфейса; — обновление информационных данных (автоматизированное и ручное); — предоставление информации для агентов, если нужно ручное обновление информационных данных
Агент координации функций в системе	<ul style="list-style-type: none"> — передача информационных данных и заданий между агентами интеллектуальной модели защиты информации; — обеспечение совместной работы агентов в интеллектуальной модели защиты информации
Агент регистрации входящих данных	<ul style="list-style-type: none"> — регистрация новых агентов в интеллектуальной модели защиты информации; — аннулирование регистрации агента в интеллектуальной модели защиты информации; — регистрация входящих данных в систему
Агент, принимающий решения	<ul style="list-style-type: none"> — аккумулярование знаний об информационной безопасности и процессе защиты информации; — завершение обработки информации; — осуществление систематического анализа данных; — самостоятельное выполнение задач по обнаружению проблем информационной безопасности в различных аспектах интеллектуальной модели защиты информации; — применение методов обнаружения аномального либо подозрительного поведения пользователей
Агент, исполняющий решения	<ul style="list-style-type: none"> — обработка обнаруженных угроз информационной безопасности; — использование принятых решений для передачи параметров принятого решения; — принятие эффективных мер по прекращению нарушений операций информационной безопасности и борьбе с угрозами информационной безопасности
Агент, осуществляющий мониторинг	<ul style="list-style-type: none"> — мониторинг и обработка информационных данных целевого хоста или сетевого нефтегазового оборудования, поступающие из сетевых пакетов информационных данных; — сбор входящих данных; — предварительная обработка исходных данных, включая фильтрацию, форматирование, извлечение и анализ информационных данных; — передача информационных данных агенту, принимающему решения

Источник: разработано автором.

агентов, принимающих решения, для формирования совместного решения с аномальной особенностью данных и затем передать информацию о решении соответствующему агенту, исполняющему решения. Если он отсутствует в среде интеллектуальной модели защиты информации, то необходимо перенести выполнение решения с данного агента на агента, назначенного субъектом, принимающим решения.

По информации агента, принимающего решения, агент, исполняющий решения, предпримет различные действия по работе с исключениями интеллектуальной модели защиты информации, обнаруженными в системе, например, изоляция файлов в библиотеке, блокировка операций.

Согласно отчету агента мониторинга интеллектуальная модель защиты информации фиксирует специфику диспетчерского управления и сбора данных на нефтяных и газовых месторождениях, если данная система подверглась атаке, и классифицирует ее по категориям. Система анализирует уровень информационной безопасности территории, занимаемой нефтяным и газовым месторождением, и предупреждает систему диспетчеризации и сбора данных о необходимости принятия соответствующих мер. Одновременно с этим агент в совместном принятии решения может обновить свою базу знаний, для того чтобы завершить обработку информационных данных по исключительной ситуации, возникшей в интеллектуальной модели защиты информации.

В нефтегазовой системе диспетчерского управления и сбора данных взаимосвязь между рабочим сервером и стационарным компьютером или рабочей станцией администратора и стационарным компьютером основана на общем сетевом протоколе. Таким образом, широко используемый набор данных обнаружения сетевых вторжений KDD CUP 99 может быть использован в этом исследовании для обучения модели защиты информации с помощью метода дерева решений. Для сравнения результатов обучения были выбраны две группы атрибутов объектов: обучение по тому же методу обработки данных атрибутивным характеристикам TCP-соединения. В эксперименте для анализа и сравнения были выбраны две группы показателей. Первая группа А выделила некоторые характерные показатели обучения TCP-соединению и контенту (продолжительность соединения, тип протокола, поток информационных данных, количество точек доступа, количество состояний угроз, попытки выполнения команды), а вторая группа В — интеллектуальный анализ данных сетевого трафика хоста (продолжительность соединения, поток информационных данных, количество соединений с того же целевого хоста на 100 текущих соединений, количество соединений, обладающих аналогичной целевой информацией службой, на 100 текущих соединений, доля

соединений, обладающих одинаковым целевым хостом и целевой информационной службой, на 100 текущих соединений, доля соединений, обладающих одинаковым целевым хостом, но различными целевыми информационными службами, на 100 текущих соединений).

Экспериментальные результаты оценки эффективности предложенной концептуальной структуры интеллектуальной модели защиты информации представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Экспериментальные результаты оценки эффективности предложенной концептуальной структуры интеллектуальной модели защиты информации

Группа	Количество соединений в выборке	Продолжительность реализации алгоритма, секунд	Размер дерева решений	Точность классификации, %
А	90408	0,52	46	97,418
В	90408	0,96	118	99,813

Источник: разработано автором.

Согласно результатам эксперимента, несмотря на то, что точность классификации решения группы В выше, дерево решений больше, а продолжительность реализации алгоритма в существенной мере выше, чем у группы А, при сохранении высокой точности принятия решения дерево решений, сгенерированное группой А, намного меньше, чем у группы В, а продолжительность реализации алгоритма короче, можно говорить о том, что эффективность принятия решения по атрибуту группы А выше.

Выводы

В исследовании были выявлены преимущества мультиагентского подхода к обеспечению информационной безопасности на нефтяных и газовых месторождениях.

Представлена концептуальная структура интеллектуальной модели защиты информации на нефтяных и газовых месторождениях.

Оценена эффективность предложенной концептуальной структуры интеллектуальной модели защиты информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Helmer G., Wong J.S.K., Honavar V., Miller L., Wang Y. Lightweight Agent for intrusion detection // The Journal of Systems and Software. — 2003. — Vol. 67. — P. 109–122.
2. Lee W., Stolfo S., Mok K. A Data Mining Framework for Building Intrusion Detection Models // IEEE Symposium on Security and Privacy. — 1999. — P. 120–132.
3. Balasubramanian J.S., Garcia-Fernandez J.O., Isacoff D., et al. An architecture for intrusion detection using autonomous agent // Computer Security Applications Conference. — 1998. — P. 1–19.
4. Huang K., Zhou C., Tian Y.C., et al. Application of Bayesian network to data-driven cyber-security risk assessment in SCADA networks // IEEE 2017 27th International Telecommunication Networks and Applications Conference (ITNAC). — 2017. — P. 1–6.
5. Marcio T., Tara S., Maede Z., et al. SCADA System Testbed for Cybersecurity Research Using Machine Learning Approach // Future Internet. — 2018. — Vol. 10 (8). — P. 76–90.
6. Mohammadi J., Hug G., Kar S. Agent-Based Distributed Security Constrained Optimal Power Flow // IEEE Transactions on Smart Grid. — 2018. — Vol. 9 (2). — P. 1118–1130.
7. Asaka M., Taguchi A., Goto S. The implementation of IDA: an intrusion detection agent system // Proceedings of the 11th FIRST Conference. — 1999. — P. 97–102.
8. Helmer G., Wong J.S.K., Honavar V., Miller L., Wang Y. Intelligent Agent for Intrusion Detection // IEEE Information Technology Conference. — 1998. — P. 121–124.
9. Undercoffer J., Joshi A., Pinkston J. Modeling computer attacks: an ontology for intrusion detection // Computer Science. — 2003. — No. 2820. — P. 113–135.
10. Cao X., Wei C., Li J., Li Y. The Geological Disasters Defense Expert System of the Massive Pipeline Network SCADA System Based on FNN // LNCS. — 2012. — No. 7234. — P. 19–26.
11. Spafford E.H., Zamboni D. Intrusion Detection Using Auto-nomous Agent // Computer Networks. — 2000. — Vol. 34. — No. 5472570.
12. Li Y. A new cyber security risk evaluation method for oil and gas SCADA based on factor state space // Chaos, Solitons and Fractals. — 2016. — Vol. 89. — P. 203–209.
13. Maio F.D., Colli D., Zio E., et al. A Multi-State Physics Modeling approach for the reliability assessment of Nuclear Power Plants piping systems // Annals of Nuclear Energy. — 2015. — Vol. 80. — P. 151–165.

© Лозовой Сергей Викторович (sergeylozovoy80@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ЕДИНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ БАЗЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАЩИЩЕННЫХ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Моисеенко Вадим Олегович

Военнослужащий в войсковой части, г. Новочеркасск
moiseenko.business@mail.ru

PROSPECTS FOR CREATING A UNIFIED INFORMATION AND ANALYTICAL BASE USING SECURED CLOUD TECHNOLOGIES FOR INTELLIGENCE OPERATIONS

V. Moiseenko

Summary. The article discusses the prospects for creating a unified information and analytical base using secure cloud technologies for conducting intelligence operations. The relevance of the development of cloud technologies in the military sphere is substantiated. Cloud storage models are described. The structure of the information and analytical base for the purpose of conducting intelligence operations has been determined. It is concluded that the creation of a unified information and analytical base using secure cloud technologies for conducting reconnaissance operations in the future should be represented at the level of data collection by heterogeneous means of communication (ground, air, space, tactical) into a single global network of uninterrupted data transmission via a unified protocol, the level of automated management of the collection, processing, storage, assessment of intelligence data with geospatial reference, formalization by objects and bringing them to the tactical group and the level of a single information space in which information is processed and analyzed.

Keywords: cloud technologies, information and analytical base, information security, infrastructure, data, data center.

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы создания единой информационно-аналитической базы с использованием защищенных облачных технологий для проведения разведывательных операций. Обоснована актуальность развития облачных технологий в военной сфере. Описаны модели облачного хранилища. Определена структура информационно-аналитической базы в целях проведения разведывательных операций. Сделан вывод о том, что создание единой информационно-аналитической базы с использованием защищенных облачных технологий для проведения разведывательных операций в перспективе должно быть представлено на уровне сбора данных разнородными средствами связи (наземными, воздушными, космическими, тактическими) в единую глобальную сеть бесперебойной передачи данных по единому протоколу, уровне автоматизированного управления сбора, обработки, хранения, оценки разведывательных данных с геопространственной привязкой, формализацией по объектам и доведение их до тактических групп и уровне единого информационного пространства, в котором происходит обработка и анализ информации.

Ключевые слова: облачные технологии, информационно-аналитическая база, защита информации, инфраструктура, данные, дата-центр.

По данным компании Selectel, в конце 2022 года рост российского рынка облачных технологий составил 44 % по сравнению с 2021 годом.

Оценка RuVDS показала, что если в 2022 году 32 % компаний — пользователей облачных сервисов относились к иностранным клиентам, то в последнем квартале 2023 года этот показатель достиг 37 %, при этом основными клиентами стали Европа, Восток и Средняя Азия. Рост спроса на услуги российских провайдеров в 2023 году составил 20–30 %. Основным направлением развития ИТ-сферы является развитие облачных мощностей, активное внедрение решений и архитектур, построенных на разных облачных платформах. При этом более половины запросов от частных компаний к провайдерам были направлены на подключение IaaS (инфраструктура

как услуга) и включали требования разнообразия архитектуры, индивидуальные решения, усиление информационной безопасности, устойчивости от кибератак [7].

Отмечается рост спроса на услуги облачные ресурсы хранения персональных данных и виртуальных машин, на которые можно устанавливать операционную систему, периферические устройства, одним из преимуществ которых является гибкость управления сценариями переключения, возможность устанавливать на один ПК несколько виртуальных машин.

Таким образом, рост ИТ-рынка ориентирован в целом на отказ от модели локального развертывания программного обеспечения на базе инфраструктуры непосредственно компании и сосредоточении на возможностях «облака».

По данным Stack Group и M1Cloud, к концу 2023 года рынок облачных технологий составил более 40 % всего ИТ-рынка. При этом основная концентрация усилий представлена в сфере логистических и облачных решений, проектирование и создание альтернативных платформ для разных сегментов рынка [6].

Правительственные организации, в частности, учреждения Министерств обороны разных стран, не являются исключением в своем стремлении обладать облачным потенциалом. Например, США использует облачное хранилище с целью планирования развертывания ресурсов, которые ранее находились стационарно в центрах обработки данных. Такой подход обеспечил достижение трех целей: согласованность действий и принятия решения, повышение управляемости и осведомленности в едином пространстве. Китай, Индия, Иран, Япония вкладывают достаточно большие инвестиции в разработку военных НИОКР, технологии применения искусственного интеллекта и облачных хранилищ. В Японии и Южной Корее масштабность милитаризации привела к военному партнерству государства и частных компаний в сфере ИТ, космоса, логистики, робототехники, энергетики, а также био- и нано-разработок. В целом развитие ИТ-рынка показывает, что вопросы национальной безопасности и повышение обороноспособности посредством применения новых технологий становятся на первое место.

В традиционном понимании облачные технологии представляют собой технологии обработки данных, где информационные ресурсы предоставляются пользователю в Интернете в качестве сервиса, при этом инфраструктура, программное обеспечение и операционные системы хранятся у поставщика услуги [3; 9].

На сегодняшний день сущность облачных технологий базируется на предоставлении услуг вычислительных компаний через Интернет (так называемое «облако») посредством хранилищ данных, серверов, программного обеспечения, аналитики и интеллектуального анализа. На данный момент представлены три модели облачных вычислений:

1. Модель IaaS: поставщик услуг предоставляет физическое пространство для хранения информации, при этом в зоне ответственности владельца баз данных лежит программное обеспечение, включая приложения и сами данные, а также его безопасность.
2. Модель PaaS: поставщик облачных услуг обслуживает операционную систему, программное и аппаратное обеспечение. При этом разработчик получает доступ к инфраструктуре и инструментам для разработки, тестирования и развертывания приложений. Владелец оплачивает услугу и отвечает за данные и приложения.

3. Модель SaaS: поставщик услуг отвечает за все инфраструктуру, приложения и доступ к ним через Интернет [1].

Кроме того, постоянное развитие технологий способствует появлению новых типов сервисов, например, EaaS или XaaS — «Все как сервис», которая заключается в предоставлении поставщиком услуг облака в виде единого сервиса (приложения, инфраструктура, бизнес-процессы).

Учитывая модели облачного хранилища, следует обозначить, что в целях разведывательных операций модель должна носить либо локальный характер развертывания, либо гибридный, когда облачная инфраструктура совмещает публичное и локальное облако. При этом должны быть определены:

1. требования и задачи хранения, обработки, обмена разными видами данных теми или иными участниками (Минобороны, командиры, штабы, разведывательные группы и др.);
2. выбор облачного провайдера с точки зрения требований безопасности, доступности, масштабируемости [2];
3. проектирование и разработка архитектуры системы с учетом принципов безопасности, включая сетевые конфигурации, уровни доступа, шифрование данных в покое и в движении, а также резервное копирование и восстановление данных;
4. требования к управлению ключами и инструментами для шифрования;
5. проектирование и разработка приложений и сервисов, обслуживающих базу данных и совместимых с облачной инфраструктурой;
6. уровни настройки системы мониторинга и анализа угроз: отслеживание аномалий, подозрительной активности, потенциальных угроз [8];
7. регулярность проведения тестирования и аудита безопасности: выявление слабых мест, наличие уязвимостей, устранение потенциальных проблем [7];
8. обновляемость облачных технологий и уровней их защиты;
9. обучение сотрудников пользованию сервисами, приложениями, хранению паролей, способам управления безопасностью и выявлению угроз [5].

Исходя из анализа сущности, задач, содержания и тенденций развития облачных технологий, целесообразно определить структуру информационно-аналитической базы в целях проведения разведывательных операций:

1. Закрытое облачное хранилище служебных и секретных данных в рамках сети территориально распределенных центров обработки данных

(ЦОД). В целях разведывания обстановки в ЦОД размещаются электронные карты и 3D-модели местности. Принцип работы ЦОД заключается в использовании, обработке и передаче больших данных посредством системы высокопроизводительных вычислений. В рамках сети оптимальным вариантом является электронная почта, включая отдельную сеть с грифом «секретно». Закрытые каналы позволяют получать геопрограммную информацию, в частности, карты, в условиях подавления тех или иных систем связи (например, спутниковой). Облачные технологии позволяют оперативно получить актуальную, достоверную цифровую информацию. Внедрение сегмента по генерированию 3D-моделей местности будет способствовать эффективному взаимодействию группировок войск и штабов для проведения разного рода разведывательных действий и разработке операций [4]. Такой подход направлен на оценку местности, определение угроз со стороны противника и эффективное управление подготовкой и проведением операций. Получение цифровых карт из облака в условиях разведывательных операций позволяет решать следующие задачи:

- отсутствие необходимости печати карт: командир получает обновленные карты практически мгновенно, при этом четкая ориентация на местности позволяет точно определить место дислокации, районы, которые должны занять войска. Наличие возможности просмотра карты местности в реальном режиме времени направлено на повышение управляемости передвижения войсками;
- возможность оперативного обращения к топографическому онлайн-хранилищу отдельных разведывательных групп, в том числе и тех, которые находятся в тылу противника.

Внедрение в облачное хранилище платформ, направленных на решение следующих задач:

- возможность перехода от цифровой карты к реалистичному изображению местности с функцией привязки целей разведки к координатам;
- автоматизированное создание 3D-макета местности в онлайн-режиме с учетом доступности среды противника (город, горы, море и др.) и возможностью определять цели противника;
- широкое использование спутниковых систем для мониторинга, разведки, дешифрирования объектов, оценки перевозимых грузов и др.;
- развертывание GIS-систем на всех уровнях данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с целью поддержки функций проведения мониторинга, разведки и военных операций в защищенных вычислительных средах, в том числе для работы в облачном хранилище в запрещенных, отключен-

ных, прерывистых средах и средах с низкой пропускной способностью. При этом становится возможным использование таких методов обработки данных как машинное чтение, нейронных сетей, гравиметрии (данные о строении Земли), фотограмметрии (определение реальных размеров объекта по его характеристикам) и т.д.;

- аналитического дата-центра, который способен сверхбыстро и сверхточно обрабатывать информацию и позволяет проводить аналитику в онлайн-режиме для оперативного принятия решения.
2. Дата-центр, где компьютеры защищены от внешнего воздействия посредством следующих действий: высокий уровень надежности помещений, автономное электропитание, наличие системы охлаждения и пожарной безопасности, защита от подключения внешних носителей, доступ к информации только по запросу.

Следует отметить, что каждый сегмент представляет собой закрытый автономный центр обработки данных, где задействованы большие данные. В рамках сегмента целесообразно развернуть электронный обмен данными на базе защищенной передачи информации без стандартного доступа в Интернет. Кроме того, доступ к дата-центру имеет строгую ограниченность, компьютеры должны работать исключительно на российском программном обеспечении и защищены от подключений внешних носителей данных. При этом задача центра — шифрование информационных потоков, разбивка на несколько пакетов и передача данных, а также постоянное создание резервных копий в целях недопущения искажения, уничтожения информации.

3. Актуальность пользования топографической информацией в полевых условиях. Для этой цели наиболее оптимальным вариантом целесообразно считать автоматизированную систему электронных карт и 3D-моделей местности высокой точности, в основе которых лежит постоянно обновляемая информация оптических, инфракрасных, лазерных и радиолокационных датчиков, установленных с целью разведывательных операций на беспилотниках, боевых самолетах, кораблях, спутниках.
4. Распределение аналитических данных на базовую и текущую информацию. Первая должна формироваться заблаговременно, однако ее актуализация на месте и получение текущей (оперативной) информации должно осуществляться средствами разведывательных групп (воздушной, космической, наземной, тактической) [6]. В этой связи оперативная формализация данных по объектам должна проводиться со стороны мобильного пункта планирования и координации данных по опре-

деленным зонам. При этом взаимодействие между тактическими войсками и разведывательными группами должна носить автоматизированный характер с контролем доступа по конкретным объектам, однако штабной пункт командования на местности должен иметь возможность вхождения в другие подсистемы разведки с автоматическим включением полученных разведывательных данных по объектам в единую базу. В таком случае сокращается время принятия решения по конкретному объекту поражения. Такой подход обеспечивает эффективное функционирование единой информационно-аналитической базы связано не только с защищенными облачными технологиями, но и комплексным взаимодействием по планированию, обработке данных внутри каждой подсистемы и обмену данными.

Итак, создание единой информационно-аналитической базы с использованием защищенных облачных технологий для проведения разведывательных операций в перспективе должно быть представлено на следующих уровнях:

1. Уровень сбора данных разнородными средствами связи (наземными, воздушными, космиче-

скими, тактическими) в единую глобальную сеть бесперебойной передачи данных по единому протоколу.

2. Уровень автоматизированного управления сбора, обработки, хранения, оценки разведывательных данных с геопространственной привязкой, формализацией по объектам и доведение их до тактических групп. Такой подход позволяет обеспечить территориально-распределительную сеть автоматизированных систем, позволяющую не только обращаться к разным видам данных, но выполнять бизнес-процессы.
3. Уровень единого информационного пространства, в котором происходит обработка и анализ информации, создание на ее основе новой информации для принятия решений разными группами разведки, войск и командованием. Тем самым происходит создание совместное использование информационных ресурсов, объединенных в единую сеть, позволяющих увеличить детальность полученной информации, точность координат объектов поражения, ее корректировку, дальность разведки, сокращение времени на принятие решения командным пунктом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антипка А.В. Облачные вычисления. Модели развертывания систем облачных вычислений / А.В. Антипка // Молодой ученый. 2023. № 6 (453). С. 9–10.
2. Бойкова А.В. Подход к технико-экономическому обоснованию выбора модели облачных технологий для вооруженных сил РФ // Экономика и бизнес: теория и практика. 2023. №8 (102). С. 22–24.
3. Гаврилов В.В., Кузнецов С.В. Интеллектуальный анализ данных. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2018. — 448 с.
4. Геоинформационные системы военного назначения: теория и практика применения: материалы IX Респ. науч.-практ. конф., Минск, 12 мая 2023 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: А.М. Бахарь (гл. ред.) [и др.]; под общ. ред. А.С. Черенко. Минск: БГУ, 2023. С. 98–102.
5. Ковалев А.А., Кудайкин Е.И. Информационные технологии в обеспечении военной безопасности государства // Управленческое консультирование. 2017. №5 (101). С. 20–27.
6. Матвеевский М.М., Сафонов М.А. Организация и ведение разведки в интересах боевого применения ракетных войск и артиллерии в современных операциях // Военная Мысль. 2017. № 10.
7. Мизгирева К.А. Обеспечение кибербезопасности в военной сфере РФ // Седьмые юридические чтения: государство и право в эпоху информатизации. Сборник статей. Том Часть 2. 2020. С. 85–91.
8. Скиба В.А. Синтез информационно-коммуникационного пространства эргатических систем военного назначения // Военная мысль. 2018. №11. С. 39–43.
9. Черпанов С.П. Достоинства и недостатки аппаратных решений систем обработки больших данных // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 8. С. 86–89.

© Моисеенко Вадим Олегович (moiseenko.business@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АРХИТЕКТУРНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ 1С:ERP В РАМКАХ ПРОЦЕССА ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

THE ARCHITECTURE ADVANTAGES OF 1С:ERP USE IN FRAME OF THE IMPORT SUBSTITUTION PROCESS

**N. Musin
P. Leonov**

Summary. Russian companies faced with real problem how to use foreign ERP-systems since the middle of 2022. By living in limited situation provided by implemented sanctions, Russian companies came up to use Russian software more often. By and large, the market of using the automatic system for business has significant changed, increasing the product proportion of the company 1С. 1С:ERP is the best data migration solution from foreign system for the reason of full Russian legislation compliance and fundamental low cost. Constantly update system with new features can be attractive for organization of any economic sector. The purpose of the study is to describe advantages of 1С:ERP use according to detailed architectures features identification, new updates and current abilities for using this system as a foreign analogue. As a result of the study, technical working approach in 1С:ERP was described as independent module and as a part of the integration process to another external systems. New features to change 1С:ERP market proportion for both Russian and foreign software were also presented in the research.

Keywords: 1С:ERP, architecture, import substitution, 1С:Analytics, IFRS.

Мусин Наиль Маратович

Аспирант, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
polka.ru@mail.ru

Леонов Павел Юрьевич

Доцент, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
PYLeonov@mephi.ru

Аннотация. С середины 2022 года российские организации столкнулись с существенными сложностями использования зарубежных ERP систем. Из-за действующих ограничений на приобретение и продление лицензий зарубежных систем, российские компании начали все чаще использовать российское ПО для ведения бухгалтерского и управленческого учета. Рынок использования автоматизированных систем для ведения бизнеса существенно меняется, увеличивая долю продукции компании 1С. 1С:ERP является лучшим решением для миграции данных из зарубежной системы ввиду полного соответствия российскому законодательству и отличительно низких затрат на внедрение. Постоянно обновляемая система и новые возможности являются привлекательными для компаний любого сектора экономики. Цель исследования заключается в представлении преимуществ использования 1С:ERP за счет детального описания архитектурных особенностей, новых достижений и текущих возможностей для использования системы в качестве аналога зарубежных систем. В результате проведенного исследования описана техническая сторона работы 1С:ERP, как самостоятельной системы, так и в рамках взаимодействия с внешними системами. Также представлены текущие преимущества использования российской ERP системы. Новые возможности, которые способны изменить долю 1С:ERP на рынке российского и зарубежного ПО, также описаны в исследовании.

Ключевые слова: 1С:ERP, архитектура, процесс импортозамещения, 1С:Аналитика, МСФО.

Введение

С середины 2022 года на российском рынке автоматизированных систем происходит активное внедрение отечественного продукта 1С. По мнению экспертов ко второму кварталу 2023 году около 58 % российских организаций сменили зарубежные системы на отечественную программу 1С. Предприниматели, использующие отечественное ПО, отмечают его привлекательную стоимость, простоту в использовании, а также высокую эффективность в сравнении с зарубежными системами [7].

Продукция компании 1С представляет широкий спектр систем, которые могут быть использованы малым и крупным бизнесом. Система 1С:ERP является самой

популярной и многофункциональной платформой для внедрения в российский бизнес. Постоянные обновления систем для улучшения использования, исправление ключевых ошибок и публикация актуальной документации, соблюдение РСБУ и адаптация к новым законам — всё это является внешними преимуществами продукции 1С:ERP по сравнению с зарубежными системами, доступ к которым на текущий момент существенно ограничен. Помимо этого, компания 1С расширяет возможности продукта и позволяет удовлетворять требования компаний за счет использования одной системы, сокращая интеграцию с другими системами.

Актуальность исследования заключается в отсутствии уникального решения по миграции данных из зарубежных систем в отечественные, а также в связи

с фактическими сложностями, с которыми столкнулись компании. В большом количестве опубликованных решений по переходу из зарубежной системы в 1С. Цель исследования заключается в выявлении преимуществ использования 1С:ERP за счет детального описания архитектурных особенностей, текущих возможностей и новых достижений для использования системы в качестве аналога зарубежных систем. В качестве методов исследования были использованы анализ архитектурных особенностей системы, сравнение функциональности системы.

В начале статьи приведены особенности целевой архитектуры системы 1С:ERP, включая примеры отражения документов в финансовом и бухгалтерском модулях. В исследовании продемонстрирован анализ архитектурных особенностей работы 1С:ERP, интеграции со смежными процессами для идентификации преимуществ работы в данном российском продукте. Далее описан рейтинг компаний, которые внедряют продукцию 1С, а также преимущества использования организациями российского продукта 1С. Помимо этого статья содержит две ключевые возможности продукции 1С, которые были выпущены для работы в BI-системах и для использования продукции зарубежными компаниями. Представленные новые возможности 1С:ERP расширяют способы использования данной системы, увеличивая долю рынка отечественного ПО. В конце работы представлено заключение о проведенном исследовании технической стороны работы 1С:ERP, как самостоятельной системы, так и в рамках взаимодействия с внешними системами.

Архитектурные особенности системы 1С:ERP

На сегодняшний момент продукты фирмы 1С предлагают полный функционал по шести модулям, представленным ниже:

- Бухгалтерия;
- Управление проектами;
- Казначейство;
- Управление персоналом;
- Логистика;
- Производство.

Автоматизированная система предприятия, как правило, включает в себя не одну, а несколько конфигураций. В этой связи должна быть настроена интеграция между такими блоками для синхронизации данных. Архитектура системы 1С:ERP представлена ниже на рисунке 1.

Рисунок 1 демонстрирует целевое решение системы учета, где каждый элемент является опциональным. Для ведения общих бизнес-процессов блока 1С:ERP, как правило, достаточно и представленные дополнительные блоки внедряются в зависимости от цели организации.

Функциональность блока 1С:ERP подразумевает полный финансовый учет (FM), бухгалтерский учет (Accounting), складской (MM), производственный учет (MRP), учет продаж (SD). Два дополнительных модуля могут быть использоваться компаниями при необходимости консолидации отчетности — управление эффективности бизнеса (CPM), управление транспортной логистикой (TMS).

Для автоматизации бизнеса могут использоваться дополнительные блоки, представленные на рисунке 1. Например, для фиксирования рабочего времени в организации может использоваться внешняя система, данные которой передаются в систему 1С для расчета отработанного времени. Для корректного учета денежных средств предусмотрена интеграция с Клиент-Банком в части входящих и исходящих платежных поручений.

Функциональность 1С:ERP позволяет настраивать интеграцию с промышленным оборудованием, которое может различаться в зависимости от отрасли организаций. Так, например, для передачи данных из терминала сбора данных (ТСД) необходимо настроить передачу информации о сканированном товаре. Для этого необходимо наличие совместимого программного обеспечения в ТСД и в 1С:ERP.

Работа в системе 1С:ERP происходит за счет использования встроенного языка программирования 1С, который схож с JavaScript, Pascal и BASIC [4]. Ниже на рисунке 2 представлена схема работы в модулях FM и Accounting, на основе которых можно продемонстрировать техническую часть работы любых модулей 1С:ERP.

Работа в финансовом (FM) и бухгалтерском (Accounting) модулях в 1С:ERP может осуществляться в двух вариантах — в рамках ручного создания документов и их дальнейшего отражения, а также в рамках использования регламентного задания, которые осуществляют фоновое отражение данных. Если сотрудник вручную создает и проводит документ, то дальнейшее отражение операций будет происходить как в финансовом модуле в виде приходных и расходных операций, так и в модуле бухгалтерского учета по проводкам. Следовательно, работа в модуле бухгалтерского учета невозможна без работы в модуле финансового учета.

После настройки регламентного задания происходит процесс создания документа. Создание документов может быть ручной, а также при получении данных из других внешних систем. В регламентном задании формируется список документов к отражению. В определенное время происходит перенос данных и их отражение в подсистемах. Стоит отметить, что автоматизированный вариант отражения документов также ведется сначала в модуле финансового учета с дальнейшим переносом в модуль бухгалтерского учета.

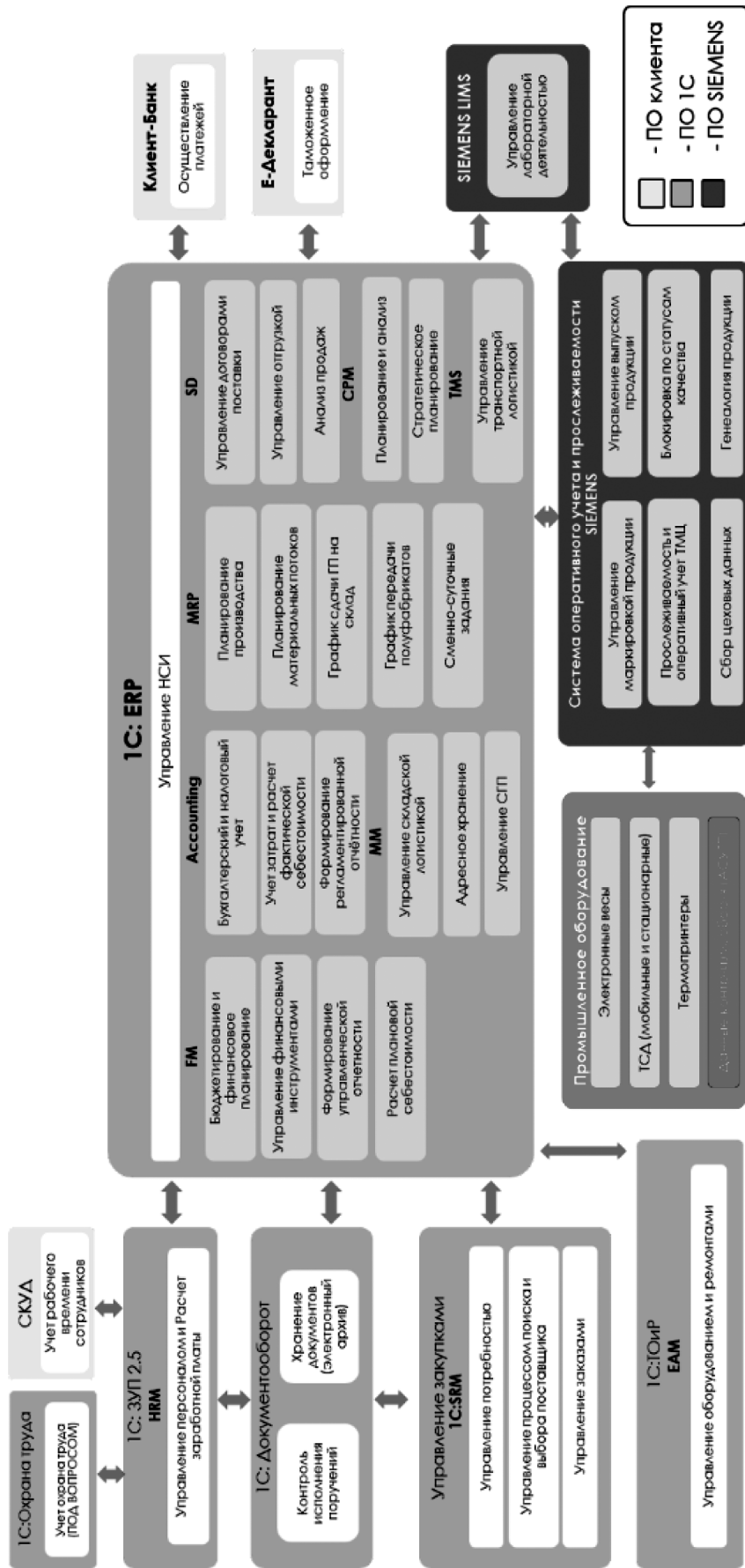


Рис. 1. Целевая архитектура системы 1C:ERP [2]

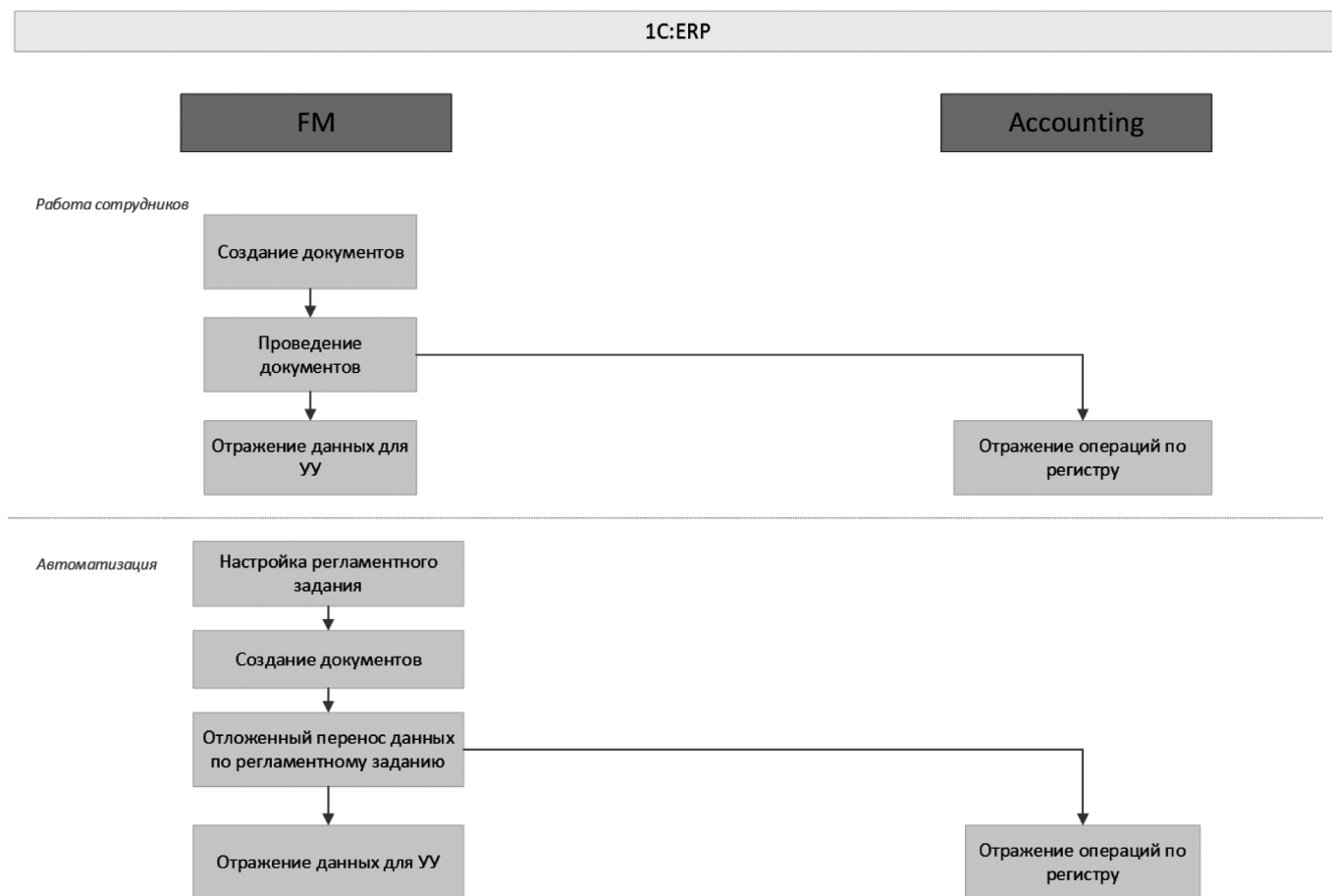


Рис. 2. Отражение документов в финансовом и бухгалтерском модулях

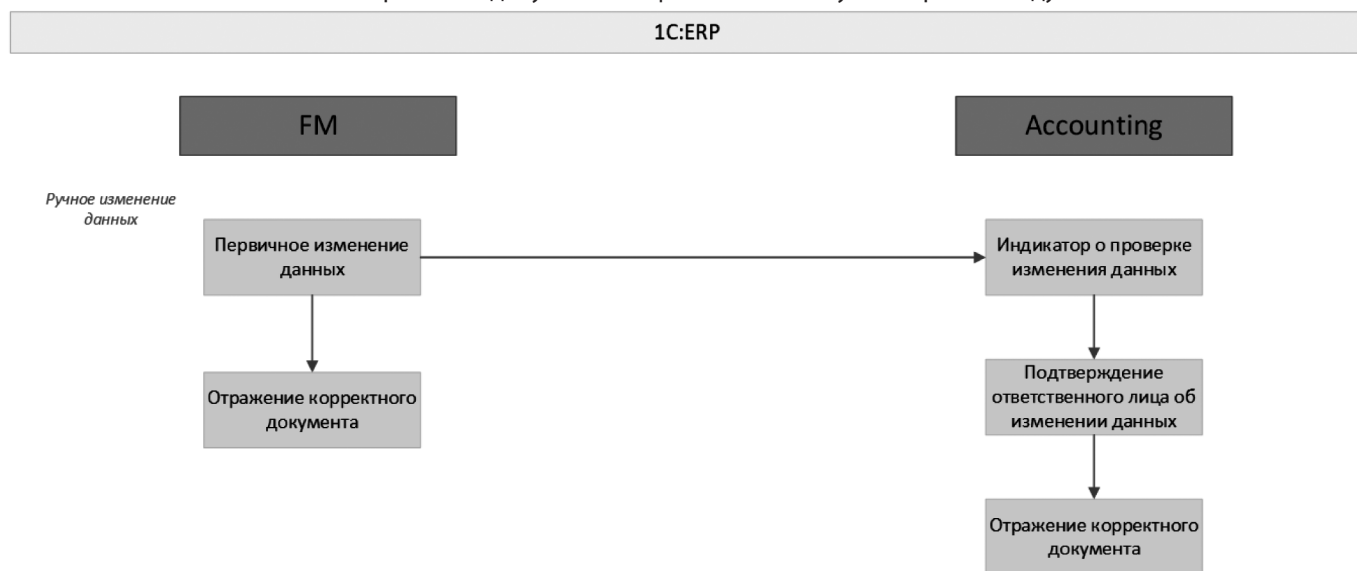


Рис. 3. Порядок ручного изменения данных в финансовом и бухгалтерском модулях

Ниже на рисунке 3 представлена последовательность действий при изменении данных в финансовом модуле.

Согласно схеме рисунка 3 первичное изменение данных происходит вручную сотрудником в модуле финансового учета (FM). После изменения данных авто-

матически создается новый документ. Далее в модуле бухгалтерского учета (Accounting) в отраженном ранее документе появляется индикатор об изменении данных. После проверки корректности изменения данных ответственным сотрудником происходит повторное отражение документа в модуле.

Предпосылки использования продукции 1С в рамках перехода с зарубежных систем

Согласно данным MARKET.CNews за 2022 год, в России существует 8 самых популярных компаний, которые предлагают отечественное программное обеспечение для ведения бухгалтерского и управленческого учета [3]. В таблице представлен рейтинг российских ERP-систем за 2022 год.

Таблица 1.
Рейтинг российских ERP-систем 2022 года

№	Название компании	Наименование ERP-системы	Функциональность	Наличие тестового периода
1	1С	1С:ERP	Полный функционал	6 месяцев с ограничениями
2	Консист Бизнес Групп	Турбо ERP	Полный функционал	По согласованию
3	Корпорация «Галактика»	Галактика ERP	Полный функционал	До 6 месяцев
4	Монолит-Инфо	ERP Монолит	Полный функционал	Нет
5	Лексема	Lexema-ERP	Полный функционал	Нет
6	Системные Бизнес Компоненты	SBC-Enterprise	Полный функционал	Нет
7	MACRO	MacroERP	Нет модуля по управлению персоналом	Нет
8	БизнесАвтоматика	Visary ERP	Нет модуля Казначейство и Производство	Нет

Согласно данным таблицы, продукция компании 1С является самой популярной для использования ввиду низкой стоимости лицензий, наличия полного функционала для реализации и широких возможностей для доработок при их необходимости. Остальные программы не являются фаворитами у организаций ввиду отсутствия части функциональности и по другим причинам. Так, например, программа Visary ERP компании БизнесАвтоматика не предоставляет ключевого производственного модуля для работы, что для некоторых производственных компаний является существенным недостатком.

Использование продукции 1С в российских организациях имеет ряд преимуществ по сравнению с использованием зарубежных ERP систем.

1. Российские компании защищены от приостановления работы в автоматизированной системе

Ввиду того, что продукция компании 1С является российской разработкой, российские предприятия, которые используют продукцию 1С, с могут осуществлять работу с минимальными рисками. Ограничение деятельности и приостановление выдачи лицензий не способны коснуться российского продукта.

2. Соответствие системы РСБУ

Большинство зарубежных систем необходимо настраивать при любых изменениях законодательства. Однако продукция компании 1С изначально создавалась для соблюдения организациями законодательства РФ и использование российской системы сокращает затраты на дополнительную настройку системы. Помимо этого, компания 1С периодически выпускает обновления системы, во-первых, в связи с обнародованием новых законов по ведению бухгалтерского учета, во-вторых, в связи с улучшением системы и исправлением критических ошибок.

3. Стоимость лицензий продукции 1С требует меньших вложений, чем стоимость лицензий зарубежных систем

Стоимость внедрения SAP ERP зависит от количества пользователей, доступных серверных мощностей и т.д. Однако с учетом волатильности курса доллара в 2023 году, затраты на внедрение зарубежной системы существенно выше внедрения 1С. В среднем покупка лицензии 1С:ERP составляет 400 тыс. руб., с дальнейшим обслуживанием консультантов и разработчиков от 3,3 тыс. руб. в час [8].

4. На территории России находится больше специалистов 1С

Большое количество сотрудников по системе 1С является преимуществом для организаций, которые могут быстро нанимать необходимых специалистов.

5. Большое количество документации на русском языке

Вся официальная документация от компании 1С предоставлена в большей степени в свободном доступе в сети Интернет. Помимо этого, существует огромное количество форумов и чатов, где можно найти решение по схожей проблеме в системе 1С.

Новые возможности 1С:ERP для ведения бизнеса в единой системе

Функциональность 1С:ERP позволяет использовать встроенные BI-решения для визуализации данных. Ниже на рисунке 4 представлен монитор целевых показате-

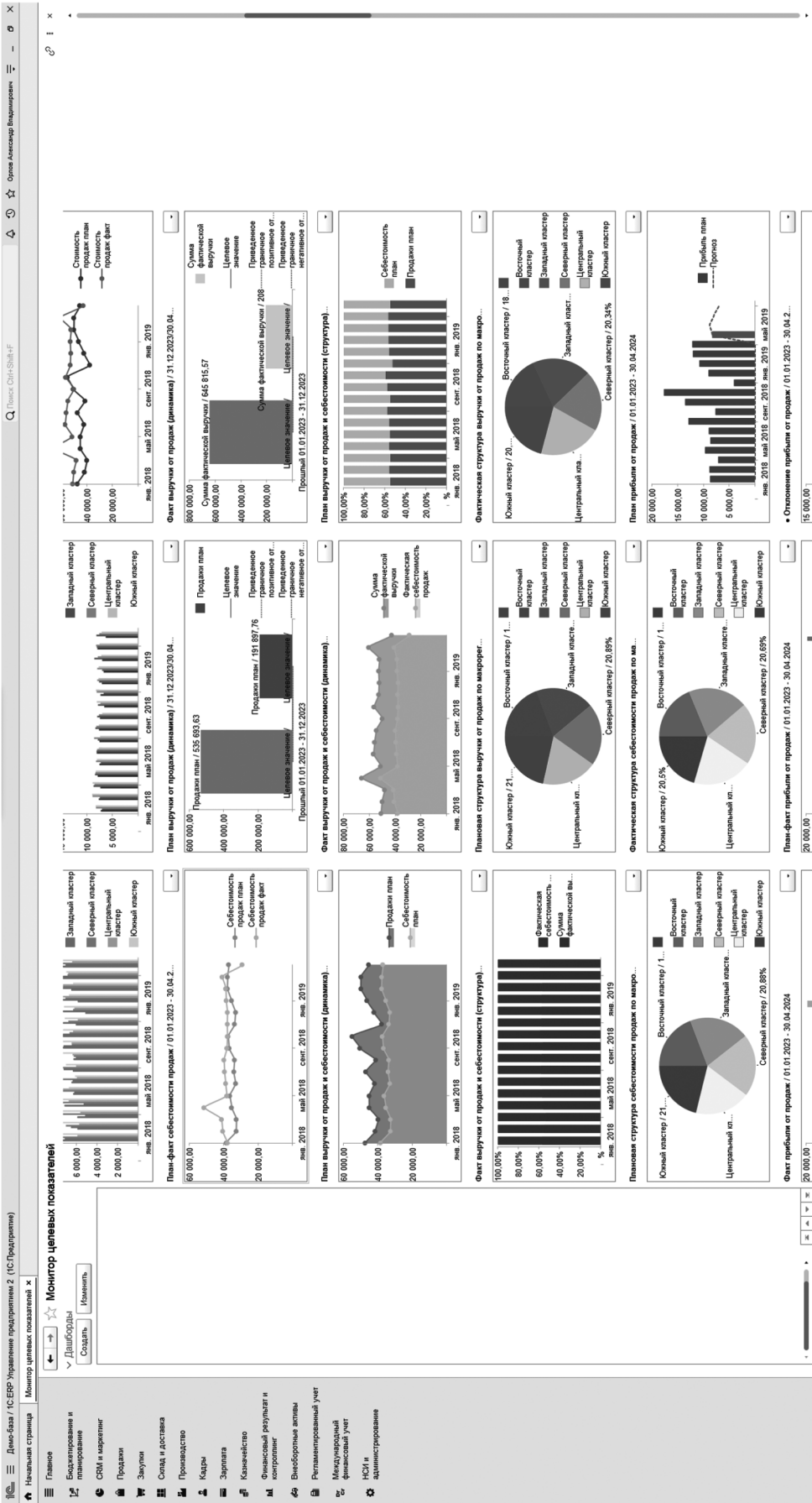


Рис. 4. Встроенная функциональность BI-системы в 1С:ERP

лей, в котором содержатся визуальные элементы, которых может быть достаточно для анализа данных.

Ввиду большого спроса на представление отчетов и ключевых показателей в удобном для анализа виде — компания 1С в конце 2022 года выпустила конфигурацию 1С:Аналитика, осуществляя подключения данного модуля к серверу 1С. Теперь после получения данных из источника данных, их ETL-обработки и перемещения в корпоративное хранилище происходит обработка данных по алгоритму OLAP с дальнейшей визуализацией в модуле 1С:Аналитика. Хранение данных в 1С:Аналитика не предусмотрено, в данном модуле доступен только интерфейс для запроса и показа информации пользователю. Работа в 1С:Аналитике происходит через веб-интерфейс [1].

Реализация BI-аналитики в системе 1С позволяет сократить затраты на внедрение дополнительной аналитической системы, как Power BI, Visiology, Tableau и т.п. Пользователям 1С не нужно заводить дополнительную учетную запись, проходить обучение по работе с новой системой. Безусловно, в текущих условиях активного процесса замещения импортных продуктов на отечественный, обновление 1С:Аналитика является позволяет быстро и качественно решить проблему миграции из зарубежной BI-системы в отечественную.

В 2019 году компания 1С выпустила зарубежную версию 1С:ERP для осуществления международных поставок системы для ведения бухгалтерского и управленческого учета [5]. В 2021 году была анонсирована итоговая прикладная версия продукта с названием 1С:ERP WE, в котором интерфейс и код были созданы на английском языке. Ведение учета в 1С:ERP WE происходит по МСФО, что упрощает кастомизацию системы зарубежными компаниями под требования зарубежного законодательства. Большинство подсистем 1С:ERP были адаптированы, в частности, добавлена возможность использования финансового года, который отличается от календарного; добавлена возможность отражение операций на нескольких планах счетов с собственной структурой; добавлена возможность загрузки курсов валют с сайта Европейского центрального банка, а также возможность хранения курсов валют относительно нескольких базовых валют [6].

Расширение возможностей системы 1С по вовлечению не только российских организаций для соблюдения РСБУ, но и зарубежных компаний, которые осуществляют деятельность по международным стандартам является существенным прогрессом. Это позволяет компании 1С улучшить конкурентоспособность и увеличить долю рынка (как российского, так и международного) по предоставлению ПО для ведения бухгалтерского и управленческого учета.

Результаты анализа

Анализ архитектуры 1С:ERP выявил возможность использования системы 1С:ERP в качестве ключевого инструмента для ведения бухгалтерского и управленческого учета. Взаимодействие со смежными системами обогащает 1С:ERP данными, которые могут быть использованы в процессе принятия решений, сокращая время на их ручной сбор. В рамках работы в финансовом модуле и модуле управленческого учета возможно использование автоматизации в виде регламентного задания. Однако исправление документов все ещё остается ручным действием ответственным сотрудником.

Рынок российского ПО сегодня достаточно сильно изменился, привлекая все больше компаний, которые разрабатывают и внедряют российские системы для ведения бухгалтерского и управленческого учета. Однако компания 1С остается бесспорным лидером, представляя не только широкий круг систем, но и постоянно совершенствуя свои продукты. Так, обновление, которое связано с использованием BI-системы, позволяет решить проблему импортозамещения, и, при миграции с зарубежной SAP системы в 1С, а также из зарубежной BI-системы, пользователям доступен функционал 1С:Аналитика. Также 1С демонстрирует готовность к заполнению мирового рынка ПО в рамках 1С:ERP WE. Указанный продукт демонстрирует активное совершенствование продукции 1С и адаптации к текущим условиям российского и мирового рынка.

Заключение

Таким образом, научное исследование сопровождается проведенным анализом технической стороны работы 1С:ERP как одной из лучших систем аналогов зарубежных систем. Были зафиксированы ключевые этапы отражения и изменения документов в двух модулях. Также была описана интеграция 1С:ERP с внешними системами. Помимо этого, в статье содержится информация о компаниях, которые представляют ERP системы для российских организаций. В статье описаны ключевые преимущества использования продукции компании 1С в рамках импортозамещения.

Помимо этого, в статье описаны два ключевых изменения, которые касаются продукции 1С:

1. Возможность создания дашбордов в BI-системе (1С:Аналитика);
2. Возможность работы зарубежных компаний в системе (1С:ERP WE).

Указанные новшества в ближайшем будущем будут способствовать кардинальному изменению рынка российского ПО, а также окажут влияние на мировой рынок ERP и BI систем. Стоит отметить, что реализация указан-

ных возможностей демонстрируют высокий профессионализм компании 1С, которая смогла адаптировать требования рынка к текущим возможностям работы в системах.

Научная ценность работы заключается в возможности развития экономических и технических отраслей науки за счет развития 1С в качестве конечного продукта миграции данных из зарубежных систем. Практическая

ценность описанной архитектуры работы 1С:ERP позволяет расширить количество компаний-пользователей, которые активно ищут российское решение для миграции из зарубежных систем. Указанные новшества от компании 1С позволяют поменять взгляд на развитие автоматизации бизнес-процессов, управленческого учета, визуализации данных и работу с международными стандартами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архитектура аналитических систем на платформе «1С:Предприятие», Электронный ресурс, URL: <https://its.1c.ru/db/metod8dev/content/6009/hdoc>.
2. Архитектура прикладных решений целевой системы учета, Электронный ресурс, URL: <https://infostart.ru/1c/articles/1576284/>.
3. Рейтинг ERP-систем 2022, Электронный ресурс, URL: https://market.cnews.ru/research/erp_2022/table?p=review.
4. Язык 1С, Электронный ресурс, URL: <https://blog.skillfactory.ru/glossary/yazyk-1c/>.
5. 1С:ERP WE, Электронный ресурс, URL: <https://its.1c.ru/db/erpwedoc#bookmark:Introduction:Introduction>.
6. «1С:ERP World Edition» — делокализованное решение «1С:ERP», Электронный ресурс, URL: <https://v8.1c.ru/erp/1s-erp-we/>.
7. 57% российских компаний перешли на отечественное ПО, Электронный ресурс, URL: <https://www.retail.ru/news/57-rossiyskikh-kompaniy-pereshli-na-otechestvennoe-po-25-maya-2023-229002/>.
8. Сопровождение 1С, Электронный ресурс, URL: <https://rarus.ru/1c/soprovozhdenie-1c/>
9. Винниченко А.В., Алексеев В.М. Исследование и разработка типового алгоритма внедрения ERP-систем // Волновая электроника и инфокоммуникационные системы, 2022, С.144–150.
10. Киреева Н.А., Голобоков В.А. Методики внедрения сервис-ориентированной архитектуры КИС ERP для проектной организации // Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля — 2022. Передовые технологии и современные тенденции, 2022, С. 438–440.

© Мусин Наиль Маратович (polka.ru@mail.ru); Леонов Павел Юрьевич (PYLeonov@mephi.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОЦЕНКА ПРАКТИЧЕСКОГО ОПЫТА РАБОТЫ СОТРУДНИКОВ С BI-СИСТЕМАМИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ BI-ПРОДУКТОВ

PRACTICAL EXPERIENCE ASSESSMENT OF WORKING WITH BI-SYSTEMS EMPLOYEES FOR IDENTIFICATION OF BI-PRODUCTS DEVELOPMENT TREND

**A. Musina
P. Leonov**

Summary. Current analytics systems development is a widespread theme for discuss because of its company usage popularity as well as its practical utility for business-process optimization. Nowadays we have active import substitution policy that have become a cause to significant changes in Russian BI market, starting with world BI giant reduction, and continuing with market adding of Russian BI-products. Science research is more often dedicated to comparison analysis of foreign and Russian BI-products for identification of strength and weaknesses of systems, and to present useful information on BI-implementation for the companies. However, despite formed functionality comparison it is also valuable to analyses real customers opinion about using BI-systems. Social survey conduction of employees before BI-implementation can assess the readiness of customers to future new system usage. Social survey conduction of factual employees who use BI at work can form real practical meaning of using visualization tools. Actual customers can share some technical features of BI according to their own life experience. Therefore, social survey conduction about real BI-users is a very valuable. The purpose of the study is to handling social survey conduction from 02.08.2023 to 06.08.2023 among real BI-users. As a result of the study, the purposes of the survey were achieved in the form of the level usage analytics system by real BI-users was determined, the choice of visual subjects was determined, the real problems of using were grouped and analyzed.

Keywords: Business Intelligence, perception, Microsoft Excel, technical features of system.

Мусина Анастасия Валерьевна

Аспирант, Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ»
stacy1510@yandex.ru

Леонов Павел Юрьевич

Доцент, Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ»
PYLeonov@mephi.ru

Аннотация. Развитие аналитических систем сегодня является широко обсуждаемой темой ввиду их популярности в использовании компаниями, а также ввиду их практической полезности для оптимизации бизнес-процессов. Из-за активной политики импортозамещения российский рынок BI-систем достаточно серьезно поменялся, постепенно смещая мировых гигантов, наполняя рыночную нишу отечественными продуктами для визуализации данных. Научные работы все чаще посвящены сравнительному анализу зарубежных и отечественных BI-систем для идентификации сильных и слабых сторон программ, а также для предоставления компаниям полезной информации по особенностям внедрения BI-продуктов. Однако помимо сравнения заявленного функционала аналитических программ, достаточно важным является анализ реального мнения сотрудников, которые используют BI-продукты в рамках выполнения работы. Проведение социальных опросов сотрудников до внедрения платформ для оценки их готовности к новой программе, а также сбор мнения от пользователей аналитических систем позволяет сформировать реальное практическое значение использования программ для визуализации данных. Реальные пользователи могут рассказать о таких особенностях, которые можно выявить только спустя определенное время использования программы. В этой связи, сбор общественного мнения по использованию BI-продукта является достаточно ценным. Цель исследования заключается в обработке результатов проведенного социального опроса с 02.08.2023 по 06.08.2023 среди реальных пользователей BI-продуктов. По результатам проведенного опроса был определен уровень использования пользователями BI-продуктов, выявлены предпочтения к визуальным объектам, а также сформированы и обоснованы основные проблемы при визуализации данных.

Ключевые слова: Business Intelligence, восприятие, Microsoft Excel, технические особенности системы.

Введение

Технологическое развитие подталкивает не только общество, но и компании любого сектора экономики к использованию новых технологий. За последние несколько лет было зафиксировано огромное количество статей по внедрению ERP систем, по заключению партнерских заключений между компаниями по использованию определенного ПО, по миграции данных из зарубежной системы ведения бизнеса в отечественный

аналог, по разработке и внедрению BI-продуктов в бизнес-процессы компаний и т.п.

Ввиду большого роста спроса на использование не только системы для ведения бизнеса, но и системы для визуального отображения информации, исследования в сфере развития BI-систем являются актуальными по сей день. Для поддержания конкурентных позиций и сокращения затрат, бизнес нуждается в аналитических системах, используя которые пользователи способны

принимать решения за малое количество времени. Помимо общего анализа трендов развития BI-продуктов, достаточно ценным является исследование мнений пользователей аналитических систем, так как внедрение и адаптация BI-продуктов, прежде всего, вводится с целью помощи реальным пользователям компании.

Научные работы все чаще посвящены сравнительному анализу зарубежных и отечественных BI-систем для идентификации сильных и слабых сторон программ, а также для предоставления компаниям полезной информации по особенностям внедрения BI-продуктов. Однако помимо сравнения заявленного функционала аналитических программ, достаточно важным является анализ реального мнения сотрудников, которые используют BI-продукты в рамках выполнения работы. Сбор мнения от пользователей аналитических систем до или во время внедрения нового продукта позволяет сформировать реальное практическое значение использования программ для визуализации данных. Реальные пользователи могут рассказать о таких особенностях, которые можно выявить только спустя определенное время использования программы. В этой связи, сбор общественного мнения по использованию BI-продукта является достаточно ценным.

Настоящее исследование направлено на анализ практического использования российскими пользователями и консультантами BI-продуктов в рамках развития IT-сферы за счет обработки результатов проведенного социального опроса с 02.08.2023 по 06.08.2023 среди реальных пользователей BI-продуктов. В работе проведен анализ особенностей восприятия людьми информации и возможности использования консультантами и техническими специалистами представленных особенностей для сокращения времени на составление, согласование и демонстрацию аналитических отчетов в BI-системе. В работе использовались такие научные методы, как теоретические (анализ, синтез, обобщение, системный подход), а также экспериментальные (наблюдение, сравнение, описание, измерение, моделирование). Представленные в работе результаты демонстрируют перспективы для ведения исследования в данном направлении.

В начале исследования приведены особенности восприятия людьми информации, которые были опубликованы в различных исследованиях. Также в разделе представлено обоснование проведения социального опроса по использованию BI-систем. Далее в работе содержатся результаты проведенного опроса. По результатам проведенного опроса был определен уровень использования пользователями BI-продуктов, выявлены предпочтения к визуальным объектам, а также сформированы и обоснованы основные проблемы при визуализации данных. В конце работы представлены выводы и сопоставление

проведенного социального опроса с трендами развития BI-систем.

Проведение опроса для оценки уровня работы с BI-системами и визуальными объектами

Согласно исследованию Weinschenk S. человеческий мозг воспринимает информацию не в том виде, какую получают органы зрения. Цвет, форма, оптическая иллюзия — все это пример влияния фактически представленных объектов на способ восприятия людьми информации. При этом стоит учитывать, что восприятие каждым человеком информации уникально в зависимости от его опыта, знаний и ожиданий [Уэйншенк С., 2020].

Используя знания об особенностях восприятия людьми информации аналитик и консультант может предоставлять более качественные и простые для восприятия отчеты, графики и таблицы. Наличие технических умений для составления визуальных объектов является также достаточно важным критерием, однако знания о том, как люди воспринимают визуальную информацию, может сократить время и физические затраты.

Люди воспринимают информацию, используя распознавательный шаблон даже в тех ситуациях, где такой шаблон не предусмотрен. Например, наличие пустого места между двумя далеко поставленными черными точками на белом листе будет восприниматься как «белое пространство между точками». После идентификации данного шаблона пользователем, аналитик может использовать его в будущих отчетах. Все это происходит из-за того, что в голове человека находится «банк воспоминаний», с объектами которого сравниваются поступающие для восприятия новые объекты [Уэйншенк С., 2020].

Исследования показывают, что при наличии одного стиля оформления дашбордов, отчетов, графиков и других визуальных объектов, клиенты способны воспринимать их быстрее. Например, когда на графике изображен рисунок, где красный цвет представлен для минимальных значений и синий цвет представлен для максимальных значений — дальнейшее разделение на красный и синий цвет будет восприниматься точно также. Следовательно, для ускорения процесса восприятия визуальных объектов, необходимо использовать такое цветовое деление [Уэйншенк С., 2020].

Восприятие людьми информации на листе отчета зависит от вида языка, которым они владеют. Если в языке предусмотрено написание информации с лева на право (русский, английский, французский языки), то человек при первом просмотре на страницу будет фокусировать свой взгляд на левую верхнюю точку [Уэйншенк С., 2020]. В этой связи, для более качественного расположения

элементов отчета, необходимо учитывать особенности языка клиентов, представляя важные и доступные для понимания графики, ключевые показатели слева наверху, например, для русских и английских клиентов. При наличии клиентов, которые владеют арабским языком, информацию необходимо представлять в правом верхнем углу. Правильное расположение объектов может помочь утвердить без исправлений сложный для восприятия отчет, за счет использования интуитивного восприятия человеком информации в рамках его знаний о языке.

Как показывают приведенные выше исследования, люди воспринимают информацию совершенно по-разному. Одни аналитические программы, которые используются сотрудниками годами, могут не подходить другим сотрудникам. Такая ситуация возможна из-за различий в возрасте, уровне образования, типа мышления, а также ввиду технических особенностей работы в BI-программе, что также является достаточно важным. Для того, чтобы продемонстрировать пользовательские различия в предпочтениях той или иной BI-системе, было принято решение провести социальный опрос среди аналитиков и экономистов, которые используют BI-системы, а также среди консультантов, которые внедряют, поддерживают и адаптируют под нужды заказчика BI-системы.

Социальный опрос проводился в период с 02.08.2023 по 06.08.2023. После формирования перечня вопросов и ответов, опрос был опубликован на онлайн-платформе Microsoft Forms и предполагал анонимную форму заполнения ответов. Были сформулированы следующие цели проведения опроса: определение уровня владения BI-продуктами, оценка особенностей восприятия людьми визуальных объектов, группировка и анализ трудностей при работе с BI-системами.

Респондентам было необходимо ответить на 4 обязательных вопроса и 1 необязательный вопрос. В качестве необязательного вопроса было предложено описать в любой форме трудности, с которыми респонденты сталкиваются при визуализации данных. Ниже представлены обязательные вопросы и варианты ответов на них:

1. Ваш возраст (18-25, 26-35, 36-45, 46-55, 55 и старше);
2. Какие инструменты для графического представления информации вам нравятся больше всего? (линейчатая, столбчатая, круговая, пузырьковая диаграммы, стрим-график, полярные часы);
3. Если вы используете инструменты визуализации (в работе, быту, учебе), то какие? (линейчатая, столбчатая, круговая, пузырьковая диаграммы, стрим-график, полярные часы, не использую);
4. Какие программы вы использовали для визуализации? (Power BI, Tableau, Microsoft Excel, QlikView,

Miro, SAP Analytics Cloud, Google таблицы, DataLens, FineBI, Apache Superset, Другое)

В рамках ответа с 2 по 4 вопрос пользователи могли выбирать несколько вариантов. Для 2 вопроса были прикреплены изображения графических инструментов. Такой подход помог респондентам понимать, о чем идет речь без дополнительных поисков информации — что это за вариант ответа. Результаты проведенного опроса представлены ниже в разделе.

Обработка и анализ результатов опроса

В результате проведенного опроса было собрано 75 ответов. Стоит отметить, что на текущий момент времени не существует единого мнения о том, какое число ответов является самым достаточным и репрезентативным для проведения социального опроса. Это связано с особенностями каждого опроса и с возможностью масштабирования опроса. В проведенном опросе участвовала целевая группа (экономисты, технические консультанты), сроки проведения опроса были достаточно малы (5 дней). В этой связи, при текущих условиях, можно считать выборку достаточной и репрезентативной для формирования первого мнения об использовании BI-продуктов.

Среднее время прохождения опроса составляло 30 секунд. В категории возраста от 18 до 25 лет было зафиксировано 13 человек; для категории 26–35 лет — 33 человека, причем в данной возрастной группе фиксируется максимальное число опрошенных. Помимо этого, 25 человек отнесли себя в возрастную группу 36–45 лет, 3 человека отнесли себя в группу 46–55 лет и только один человек отнес себя к возрастной группе 56 лет и старше. Следовательно, можно сказать, что доминирующим большинством опрошенных в 44 % являются молодые сотрудники в возрасте от 26 до 35 лет.

Результаты проведенного опроса были подвержены обработке и анализу в программе Microsoft Excel. Ниже на рисунке 1 представлена составленная на основе результатов опроса диаграмма по вопросу «какие инструменты для графического представления информации нравятся респондентам больше всего». Пользователи могли выбрать более чем один вариант ответа. Данный вопрос был сформулирован таким образом, чтобы понять, какие визуальные объекты являются наиболее понятными и читабельными для людей. В диаграмме можно увидеть группировку вариантов ответа в зависимости от возрастной категории.

Можно сделать вывод о том, что в возрастной группе от 18 до 25 лет люди отдают предпочтение линейчатой диаграмме в качестве наиболее понятного инструмента. В группе от 26–35 лет более популярна круговая диа-



Рис. 1. Анализ популярности визуальных объектов по возрастным категориям

грамма, а для группы 36–45 лет — линейчатая диаграмма. Возрастная группа 36–45 лет отдает предпочтение столбчатой диаграмме, а для сотрудников возраста 46–55 лет, 56 лет и старше фиксируются одинаковые результаты — предпочтения в линейчатой и круговой диаграмме для первой группы и второй совпадают. Заметно, что количество пользователей, которым нравится представление информации в стрим-графике и полярных часов для каждой возрастной группы существенно уменьшено. Путем расчета суммарных значений для каждого визуального объекта были получены следующие результаты:

1. 59 ответов для линейчатой диаграммы;
2. 51 ответ для круговой диаграммы;
3. 31 ответ для столбчатой диаграммы;
4. 20 ответов для пузырьковой диаграммы;
5. 7 ответов для стрим графика или графика потока;
6. 8 ответов для полярных часов.

Таким образом, линейчатая диаграмма является самым понятным визуальным объектом для представления информации. На втором месте по визуальному объекту, который нравится пользователям — круговая диаграмма. На третьем месте с отрывом в 28 ответов

по сравнению с первым местом — столбчатая диаграмма. Пузырьковая диаграмма, стрим график и полярные часы в данной опрашиваемой аудитории являются инструментами, которые определенным людям нравятся, но не являются популярными.

Ниже на рисунке 2 представлены обработанные результаты по вопросу «какие инструменты для графического представления информации респонденты используют чаще всего в работе, учебе и в бытовых ситуациях». Пользователи могли выбрать более чем один вариант ответа, а также вариант ответа «Не использую». Данный вопрос был сформулирован таким образом, чтобы понять, какие визуальные объекты используются в работе аналитиков и консультантов чаще всего. Безусловно, в работе сотрудников все зависит от сложности задачи, выделенного для решения времени, а также критичности формирования графического элемента. Однако, помимо широкого перечня вариантов сложности задачи, которые могут повлиять на выбор графического элемента, необходимо учитывать специализацию человека и его опыт работы с подобными инструментами. Следовательно, опрос получился бы достаточно громоздким и долгим, предполагая более низкий процент ответов.

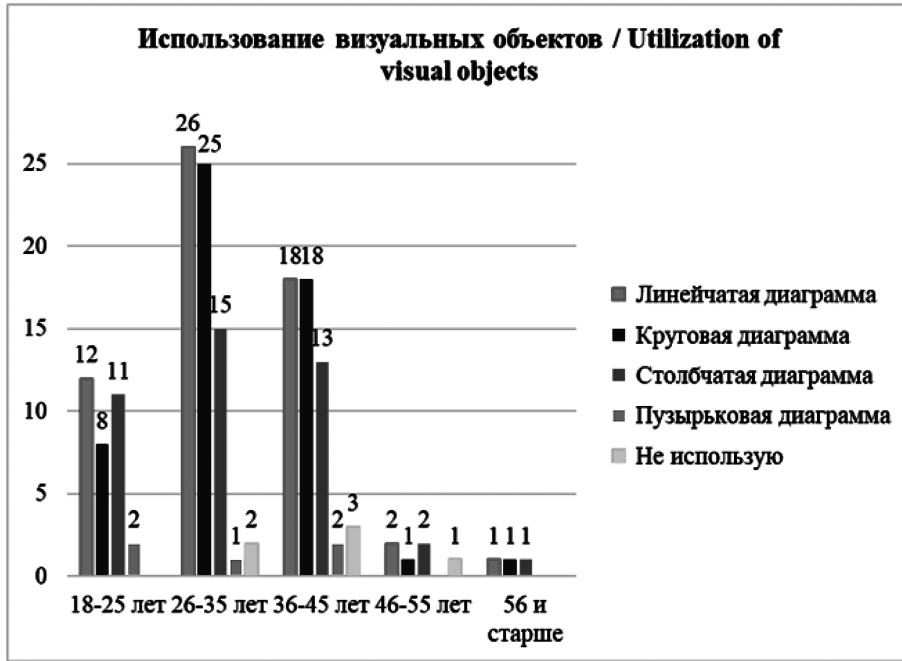


Рис. 2. Анализ использования визуальных объектов в работе, учебе в быту в зависимости от возрастной группы

Для того, чтобы унифицировать вопрос и сократить время ответа, было принято решение сформулировать вопрос без конкретики на степень сложности и срочности задачи, а также без учета опыта, образования и личных навыков сотрудников.

По данным рисунка 2 заметно, что в возрастной группе 18–25 лет самым популярным визуальным объектом является линейчатая диаграмма, так же как для группы 26–35 лет. Причем количество ответов по линейчатой диаграммы группы 26–35 лет является максимальным значением для всех остальных возрастов. Для группы 36–45 лет количество ответов совпадает для линейчатой и круговой диаграммы. Для возраста 46–55 лет фиксируется совпадение для линейчатой и столбчатой диаграмм. Тогда как для категории 56 лет и старше — все ответы имеют одинаковое количество для линейчатой, круговой и столбчатой диаграммы (из-за того, что в данной возрастной категории фиксируется один участник).

Можно сказать, что пузырьчатая диаграмма для трех возрастных групп (18–25 лет, 26–35 лет, 36–45 лет) используется реже всего. Однако на гистограмме отсутствуют варианты «стрим-график» и «песочные часы» так как по данным вариантом зафиксировалось нулевое количество ответов. В опросе сформировалось 6 ответов для варианта «Не использую» (2 для категории 18–25 лет и 36–45 лет, 1 для категории 26–35 лет).

Таким образом, для возрастной категории 18–25 лет два самых часто используемых инструмента — это линейчатая и столбчатая диаграмма; для возраста 26–35 лет — линейчатая и круговая диаграмма; для возраста

36–45 лет — линейчатая и круговая диаграмма; для возраста 46–55 лет — линейчатая и столбчатая диаграмма; для возраста 56 лет и старше — линейчатая, круговая и столбчатая диаграммы самые частые для использования. Линейчатая диаграмма, то есть нарисованная линия в зависимости от категорий оси X и оси Y является достаточно информативным инструментом идентификации тренда, общей тенденции чего-либо. Круговая диаграмма позволяет моментально оценить долю каждого элемента и его пропорцию в целом. Столбчатая диаграмма позволяет сделать вывод, как разные категории соотносятся друг с другом¹.

Далее были обработаны результаты для вопроса «какие программы используют пользователи для визуализации данных». Пользователям предлагался перечень достаточно популярных систем для визуализации данных (10 программ), а также открытый вариант «Другое». В результате 69 ответов было получено для программы Microsoft Excel, демонстрируя самую высокую популярность данной программы для визуализации данных. Также 29 ответов для Google таблиц, 19 ответов для Power BI, 9 ответов для Miro, 6 ответов для Tableau. Пользователи писали в варианте ответа «Другое» использование Draw.io; библиотеки языка R и Python, JavaScript, Adobe Illustrator, Datawrapper, Flourish, Дельта BI. Стоит отметить, что ответы в варианте «Другое» дополняли перечень из 10 программ, то есть пользователи выбирали, например, Microsoft Excel и в графе «Другое» указывали Matplotlib Python.

¹ Десять основных диаграмм для анализа данных (<https://vc.ru/u/1389654-machine-learning/745030-10-osnovnyh-diagramm-dlya-analiza-dannyh>)



Рис. 3. Анализ популярности программ, которые используются для визуализации данных в зависимости от возрастной группы

Результаты обработки информации по данному вопросу представлены на рисунке 3.

Согласно полученным данным, для всех возрастных групп программа Microsoft Excel является самой популярной для использования. Заметно, что соотношение выбора данной программы к другим колеблется от 42 % до 50 % в общем числе ответов. Следовательно, Microsoft Excel занимает большую часть среди программ, которые могут использоваться для визуализации данных. Действительно, программа Microsoft Excel предоставляет пользователям широкий перечень визуальных объектов, возможность предварительной обработки данных (использование формул, разделителей, формирование

сводной таблицы и т.п.), а также возможность использования данных из других источников (csv— файлов, базы данных, сайта Интернета и т.п.). Microsoft Excel был введен в эксплуатацию в мире с 1988 года и сегодня, набрав многомиллионную аудиторию пользователей, не перестает быть одним из самых эффективных инструментов для представления отчетности.

Проведем дальнейший анализ рисунка 3. Для возраста от 18 до 55 лет на втором месте после Microsoft Excel пользователи отдают предпочтения Google таблицам, которые были разработаны компанией Google и стали широко использоваться с 2006 года². В Google таблицах

² Гугл таблицы (https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Sheets)

есть возможность формирования и анализа отчетности путем создания актуальных дашбордов, графиков и диаграмм. Логика работы в Google таблицах, по мнению экспертов, схожа с логикой работы Microsoft Excel, например, в рамках использования срезов, фильтрации данных.

Следующим популярным инструментом для визуализации данных респонденты отметили Power BI. Пользователи в возрастной группе от 18 до 55 лет отдавали предпочтение данной системе в разном количестве (процент ответивших от 10 % до 14 %). Для группы 55 лет и старше, как уже отмечалось ранее, был зафиксирован единственный участник, который выбрал Microsoft Excel и Power BI в качестве используемых программ. Примечательно, что несмотря на достаточную популярность системы Power BI как созданного продукта для удовлетворения конкретных потребностей в анализе и визуализации данных, Microsoft Excel является наиболее используемым инструментом для визуализации данных.

Стоит отметить, что далее пользователи в возрасте от 18 до 55 лет выбрали Tableau. Можно предположить, что пользователи непосредственно работают в данной программе на зарубежных проектах, либо с российскими компаниями, которые продолжают работать с зарубежными системами. Выбранные ответы по данному продукту составляют от 2 % до 14 % в общем числе от-

ветов. Причем зафиксировано самое большое число ответов для возрастной группы 46–55 лет, что говорит о возможном большом опыте работы с данным продуктом до событий 2022 года.

Далее выбор программ варьируется в процентном соотношении от группы к группе, разные пользователи дают разное предпочтение программам для визуализации данных. Можно сказать, что в целом такие программы как QlikView (только 4 % для 36–45 лет), Miro (от 2 % до 13 % для возраста от 18 до 45 лет), SAP Analytics Cloud (только 4 % для 36–45 лет), DataLens (3 % для возраста от 18 до 35 лет), FineBI (только 2 % для 26–35 лет) являются не популярными для пользователей и аналитиков, целью которых является визуализация данных.

Рассмотрим обработанные ответы по последнему вопросу, в рамках которого пользователи могли в свободной форме описать трудности, с которыми они сталкиваются при визуализации данных. В данном вопросе не было указано конкретного визуального объекта или программы для работы. Однако, данный вопрос выявил ряд схожих проблем, которые были сгруппированы по категориям. Ниже на рисунке 4 представлены результаты.

Стоит отметить, что из 75 человек, прошедших опрос, 32 дали ответ на данный вопрос. Ниже представлена

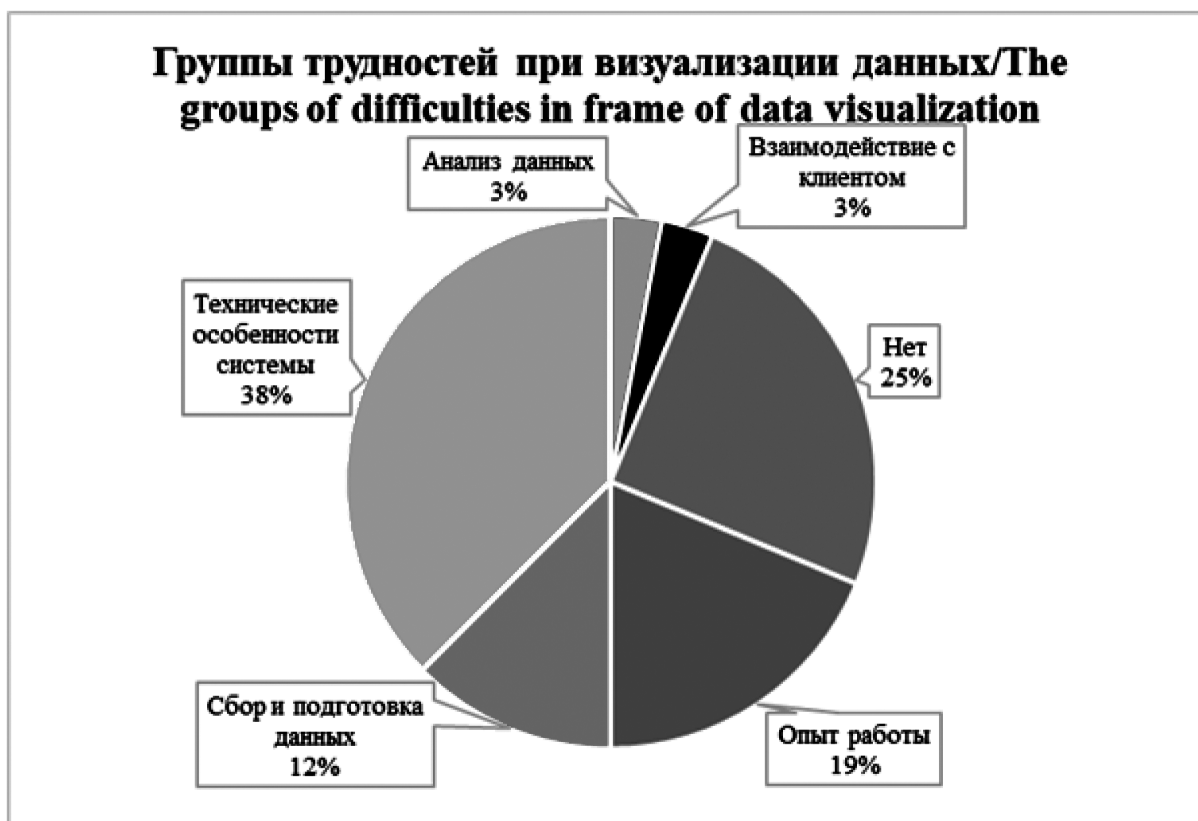


Рис. 4. Анализ проблем при визуализации данных

аналитика — сколько было получено ответов по данному вопросу в зависимости от возрастной группы:

1. Группа 18–25 — 6 ответов (в большинстве технические трудности);
2. Группа 26–35 — 13 ответов (лидируют ответы «нет» и наличие технических трудностей);
3. Группа 36–45 — 11 ответов (в большинстве технические трудности);
4. Группа 46–55 лет — 2 ответа (равное количество для технических трудностей и процесса сбора-подготовки данных).

В возрастной категории 55 лет и старше ответов не было зафиксировано. Проанализировав представленное выше, можно сказать, что для пользователей любого возраста технические проблемы в виде особенностей системы, создания вычисляемых мер, подбора нужного типа диаграммы для данных, правильное составление запросов в базу данных — являются самыми критичными. На рисунке 4 можно увидеть подтверждение этому, так как 38 % ответов было посвящено техническим трудностям.

Также пользователи указывали на такие технические проблемы, как визуализация географических данных, адаптация мобильных устройств, правильное отображение трехмерных данных, проблемы с формированием связей и зависимостей в выборке, некорректная агрегация данных. Пользователи также говорят о том, что программы, которые позиционируют себя, как идеальное решение для упрощения визуализации данных, иногда не справляются и, при большом количестве данных, сформировать читабельный, но не массивный отчет, становится невозможным. Достаточно частым явлением бывает анализ и отображение разного типа данных, что также усложняет работу аналитика и пользователей.

По данным рисунка 4, на втором месте после технических особенностей системы, был выбран ответ «нет». Самое большое количество ответов (4) фиксируется для возрастной группы 26–35 лет, что может быть объяснимо. При наличии достаточно большого количества опыта работы на проектах, сотрудник начинает глубже погружаться в аналитические системы и программы для визуализации данных. Возрастная группа от 26 до 35 лет предполагает наличие молодых сотрудников, которые, возможно, уже имели опыт работы с BI системами после университета. Однако, не стоит исключать, что это люди, которые резко поменяли направление и не имеют опыта работы в несколько лет с программами по визуализации данных. В этой связи, расценивать ответ «не сталкивался с проблемами» можно двояко: сотрудник знает весь функционал и все подводные камни, и, при работе с визуализацией, у него не возникает проблем; сотруднику недостаточно опыта, его текущих знаний хватает для визуализации данных и с серьезными проблемами он столкнется в будущем.

Третье место по рисунку 4 присвоено для ответа «опыт работы». В рамках данного ответа пользователи указывали отсутствие практического опыта, ситуации, когда в Интернете нет нужного решения проблемы, трата времени на изучение параметров в визуальных объектах, сложности в подготовке данных в колонках и строках. Пользователи также отмечали такой ответ, как редкое использование и трату времени на правильное отображение аналитики на графике.

Сбор и подготовка данных занимает 4 место среди ответов. В рамках данного ответа пользователи указывали наличие ручной работы из-за некорректной работы автоматического построения графиков. Также пользователи отмечали наличие частой неоднородности данных, ручной настройки отображения данных и ручной группировки большого количества данных для читабельности графиков.

Анализ данных и взаимодействие с клиентами занимают последнее место среди ответов на вопрос. В качестве расшифровки по ответу «взаимодействие с клиентами» было указано непонимание требований заказчика, отсутствие документации грамотно-сформированного технического задания.

Таким образом, несмотря на большое количество бесплатных и платных ресурсов по обучению визуальным системам и инструментам, а также на широкий перечень зарубежных и российских продуктов — пользователи, клиенты, аналитики и консультанты сталкиваются, в большей степени, с проблемами технического характера, которые связаны с работой в системе.

Выводы

На текущий момент времени в России роль использования аналитических систем существенно возросла ввиду повышения приоритета у компаний на использование новейших технологий, отвечающим требованиям компании. Использование технологического прогресса во всех бизнес-процессах организации — это достижимая цель, которая требует времени, средств и тщательного планирования действий. Программы по визуализации информации могут быть полезными не только директорам в рамках принятия управленческих решений, но и сотрудникам склада для мониторингом текущей ситуации по продажам и отгрузкам.

Проанализировав новостные статьи 2022 года, можно сказать, что ввиду запуска программы по смене зарубежных систем на отечественные, рынок BI-продуктов вырос в среднем на 10 % за 2022 года. Аналитики говорят об увеличении объема рынка аналитических систем до 40 % в 2023 году. Наличие возможности продолжать работать в зарубежных системах, таких крупных компа-

ний как Microsoft, Tableau, сформировало предпосылки к плавному переходу российских компаний на продукты-аналоги, либо на заключение партнерских соглашений с отечественными компаниями, которые будут обеспечивать российской аналитической системой. Следовательно, можно сделать вывод об активном развитии и внедрении отечественных BI-продуктов в компании, в качестве текущего тренда развития BI-систем.

Подытожим результаты опроса. В качестве визуальных объектов, которые нравятся пользователям, которые являются понятными и простыми — были выбраны линейчатая, круговая, столбчатая диаграммы. В качестве визуальных объектов, которые чаще всего используются пользователями в работе, учебе и в быту — были выбраны линейчатая, круговая, столбчатая диаграммы. Однако, нельзя не отметить тот факт, что зафиксированы пользователи, которые не используют визуальные объекты совсем.

В качестве самой популярной программы, которую используют пользователи для визуализации данных, как уже отмечалось ранее, был выбран Microsoft Excel. Также пользователи пользуются Google таблиц и Power BI в качестве лидирующих программ. Анализ проблем при визуализации данных выявил большое количество проблем из-за технических особенностей системы и отсутствие проблем вовсе (слишком большой опыт работы с визуализацией данных, либо недостаточный опыт работы с визуализацией данных).

Заключение

Таким образом, научное исследование сопровождается проведенным социальным опросом сотрудников, которые пользуются BI-системами с целью определения степени использования программ для визуализации данных. По результатам опроса можно сделать вывод, что различия в возрасте несущественно влияют на предпочтения, которые пользователи отдают визуальной программе. Было зафиксировано достаточно большое количество совпадений по ответам между разными возрастными группами.

В рамках анализа результатов опроса, поставленные ранее цели были достигнуты, а именно:

1. Уровень владения BI-продуктами российскими пользователями низкий, так как опрошенные сотрудники в основном пользуются продуктом Microsoft Excel, который изначально предназначен для работы с электронными таблицами.
2. Были раскрыты исследования по особенностям восприятия людьми информации, а также были получены ответы по тем визуальным объектам, которые выглядят читабельно и понятно. Можно сказать, что чем проще представлена информация, тем быстрее человек её воспринимает.
3. Было сформировано 6 групп трудностей и проблем, с которыми сталкиваются пользователи при визуализации данных.

Широкое использование программы Microsoft Excel в качестве главного инструмента по визуализации данных демонстрирует наличие различных недостатков у систем, которые изначально были созданы в качестве BI-продуктов. Для того, чтобы более глубоко понять причину предпочтений пользователей в Microsoft Excel, необходимо проводить анализ архитектуры BI-систем. Как было выявлено в опросе, технические трудности являются самой главной проблемой для пользователей, которые используют BI-продукт для визуализации данных. В этой связи, необходимо также анализировать технические различия в системах.

Научная ценность проявляется в возможности дополнения текущих исследований по использованию систем для визуализации данных проанализированным реальным практическим мнением по применению BI-систем. В дальнейших работах необходимо анализировать архитектурные особенности продуктов и их отличия друг от друга, чтобы идентифицировать сильные и слабые стороны для программ, которые могут быть использованы для визуализации данных. Сравнение функциональных особенностей BI-систем с результатами опроса позволят подтвердить преимущества и недостатки использования программ для визуализации данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Azevedo J., Duarte J., Santos M. Implementing a business intelligence cost accounting solution in a healthcare setting // *Procedia Computer Science*, 2022, 198, P. 329–334.
2. Bajaj S., Rai T. Survey on Agile Implementation of the BI Systems // *International Journal of Engineering & Technology*, 2018, 7(4.38):898, P. 898–903.
3. Уэйншенк С. 100 вещей, которые каждый дизайнер должен знать о людях // Пирсон Эдукейшнз, Лимитед, 2020, С. 1–256.
4. Хадорич Д.Д., Шелепина О.Д. Сравнительный анализ инструментов визуализации больших объемов данных на примере POWER BI и Yandex Datalens // *Вызовы глобализации и развитие цифрового общества в условиях новой реальности сборник материалов IV Международной научно-практической конференции*, 2022, С. 133–136.
5. Альфастрахованиежизнь, статья сайта Visiology, Электронный ресурс, URL: <https://ru.visiology.ru/expertise/success/alfastrahovaniezhizn>.
6. Геоинформационная система для автоматизации сферы профессионального образования Хабаровского края, Электронный ресурс, URL: <https://npc.ba/portfolio/39>.

7. Гугл таблицы, Электронный ресурс, URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Sheets.
 8. Что такое бизнес-аналитика, Электронный ресурс, URL: <https://cloud.google.com/learn/what-is-business-intelligence>.
 9. Что такое бизнес-аналитика, Электронный ресурс, URL: <https://www.sap.com/central-asia-caucasus/products/technology-platform/cloud-analytics/what-is-business-intelligence.html>.
 10. Поиск инновационных приложений для работы с большими данными. Кейс Банка Даляня, Электронный ресурс, URL: https://bi.glowbyteconsulting.com/finebi_case_bank.
-

© Мусина Анастасия Валерьевна (stacy1510@yandex.ru); Леонов Павел Юрьевич (PYLeonov@mephi.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГОЛОВ В ФУТБОЛЕ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Сулимов Даниил Андреевич

Стажёр-исследователь, научно-учебная лаборатория
искусственного интеллекта для вычислительной
биологии, Высшая школа экономики, г. Москва
dany.sulimov@yandex.ru

AI-DRIVEN PREDICTION FOR GOAL SCORING IN FOOTBALL

D. Sulimov

Summary. This paper is dedicated to the development of a machine learning model for predicting the probability that a football attack will result in a goal. The goal is to provide clubs with a tool to strengthen their strategies and increase their chances of better performance, thus improving the financial performance of the team. To achieve this goal, tasks were set: the collection and processing of data, training a machine learning model to predict the probability of a goal. During the study, a hypothesis was put forward that artificial intelligence can accurately predict the outcome of an attack. To test this hypothesis, various algorithms were used, such as logistic regression, random forest, and gradient boosting. The results of the study showed that the machine learning model has a high predictive ability. The results of the study can be used by clubs to improve their strategies. This can lead to an improvement in the financial performance of the team, as winning games and achieving good results in competitions is crucial for financial success, especially for small clubs with limited transfer income.

Keywords: machine learning, predictive modelling, forecasting, data science in sports.

Аннотация. В данной статье представлено исследование, посвященное разработке модели машинного обучения для прогнозирования вероятности того, что атака в футболе приведет к голу. Цель — предоставление клубам инструмента для укрепления своих стратегий и повышения шансов на лучшую результативность, улучшение финансовых показателей команды. Для достижения цели были поставлены задачи: сбор и обработка данных, обучение модели машинного обучения для прогнозирования вероятности гола. В ходе исследования была выдвинута гипотеза о том, что искусственный интеллект может точно предсказывать исход атаки. Для проверки этой гипотезы были использованы различные алгоритмы, такие как логистическая регрессия, случайный лес и градиентный бустинг. Результаты исследования показали, что модель машинного обучения обладает высокой предиктивной способностью. Результаты исследования могут быть использованы клубами для улучшения их стратегий. Это может привести к улучшению финансовых показателей команды, поскольку победа в играх и достижение хороших результатов в соревнованиях имеет решающее значение для финансового успеха, особенно для небольших клубов с ограниченными доходами от трансферов.

Ключевые слова: машинное обучение, предиктивное моделирование, прогнозирование, анализ данных в спорте.

Введение

В ходе развития анализа данных в спорте, в контексте моделирования сути игры, появились различные подходы. Например, некоторые из них предназначены для оценки трансферной стоимости игрока с использованием анализа действий игроков. Эти подходы охватывают ряд методологий, включая методы регрессионного анализа [12], где рассматриваются основные действия, такие как результативные передачи и голы. Были использованы дополнительные методы, такие как машинное обучение [7], при этом авторы исследовали такие факторы, как рейтинг «плюс-минус». Также были применены подходы глубинного обучения [11, 8, 14], в которых подчеркиваются относительные и абсолютные параметры производительности игроков, такие как успешные подкаты, дриблинг и многое другое. Таким образом, в центре внимания исследований находится вклад игрока в команду. Кроме того, исследование результативности игрока может использоваться в качестве инструмента для получения обратной связи [3, 1] для тренеров, скаутов, менеджмента. Для оценки показате-

лей производительности также были представлены различные исследования. Однако в основном они рассматривают действия, которые напрямую влияют на игру (например, ключевые передачи, голы и т.д.), такие подходы рассматриваются в [2, 6, 10]. Но некоторые действия сами по себе не приводят к забитому голу, однако они вносят большой вклад в успешную атаку команды (например, первый пас, который открывает пространство для атаки, успешный дриблинг и т.д.). Методы оценки подобных действий описаны в [4, 9], открывая Байесовский подход к оценке показателей эффективности футболиста и находя его применение в обнаружении молодых талантов и замене игроков, покинувших клуб.

Данное исследование основано на использовании данных, собранных после игры, и включает оценку каждого действия в рамках атаки, которая завершается ударом по воротам. В исследовании представлен алгоритм, который предсказывает исход атаки команды, находясь в определённый момент времени на поле, который описывается несколькими факторами, перечисленными ниже. Это служит ценным ресурсом для тренеров и для

более широкого понимания тактики и процессов принятия решений в мире футбола.

Разработка предиктивной модели

Данные, используемые для данного исследования, доступны в открытом доступе [15], предоставленных спортивной аналитической компанией StatsBomb. Предоставленный набор данных состоит из более чем тысячи игр, охватывающих национальные и международные соревнования по мужскому и женскому футболу. Данные о каждом матче состоят из 105 характеристик, описывающих каждое событие игры в контексте временной метки, типа действия, продолжительности действия и т.д. Целью прогноза забитых мячей является оценка следующего: $P(score | \bar{s}_k)$ — вероятность забить гол, учитывая, что мяч находится в положении на поле $\bar{s}_k = (x_k, y_k)^T$, где x_k, y_k — координаты нахождения мяча. Каждое действие на футбольном поле рассматривается с точки зрения следующих факторов:

Категориальные признаки:

- Тип действия;
- Выполняется ли действие под прессингом соперника;
- Тип предыдущего действия;
- Положение игры (например, «с углового»: действие является частью игры после подачи углового, «удар по воротам»: действие является частью игры после удара по воротам и т.д.)

Дискретные признаки:

- Координаты действия;
- Количество действий от текущей позиции до конца удара по воротам;
- Временная метка действия;
- Номер действия в рамках одной атаки;

Непрерывные признаки:

- Продолжительность действия;
- Совокупная продолжительность цепочки до действия

Результат каждого рассматриваемого действия попадает в одну из двух категорий: успех (=1) или неуспех (=0). Таким образом, мы сталкиваемся с задачей бинарной классификации. Однако мы имеем дело с проблемой сильно несбалансированных классов. Среди всех действий, включенных в набор данных, только 12 % из них в конечном итоге приводят к успеху. Следовательно, классу 0 присваивается вес 0,12 для решения проблемы несбалансированности классов. Результаты обученных моделей представлены в Таблице 1. В качестве метрик используется стандартный набор метрик бинарной классификации.

Таблица 1.

Метрики разработанного алгоритма

Model	F1-score (weighted)	Precision (weighted)	Recall (weighted)	AUC
Logistic Regression	0.44	0.83	0.37	0.51
Random Forest Classifier	0.66	0.88	0.59	0.79
CatBoost Classifier	0.95	0.95	0.95	0.97

Классификатор CatBoost является наиболее эффективным среди всех рассмотренных алгоритмов, неизменно достигая максимальной производительности по всем показателям оценки. Кривая точности-полноты, представленная на Рисунке 1, показывает, что классификатор CatBoost демонстрирует наиболее значительную площадь под кривой по сравнению с двумя другими алгоритмами. Это указывает на способность алгоритма обнаруживать экземпляры, принадлежащие к классу меньшинства. Визуализация кривой служит убедительным доказательством высокой точности модели в идентификации соответствующих элементов. Используя алгоритм классификатора CatBoost, обученная модель достигает высокой производительности, превосходя свои аналоги с точки зрения точности, полноты и общих возможностей модели. Визуализация кривой точности запоминания убедительно подтверждает эти выводы, подчеркивая полезные качества алгоритма в точном выявлении соответствующих случаев.

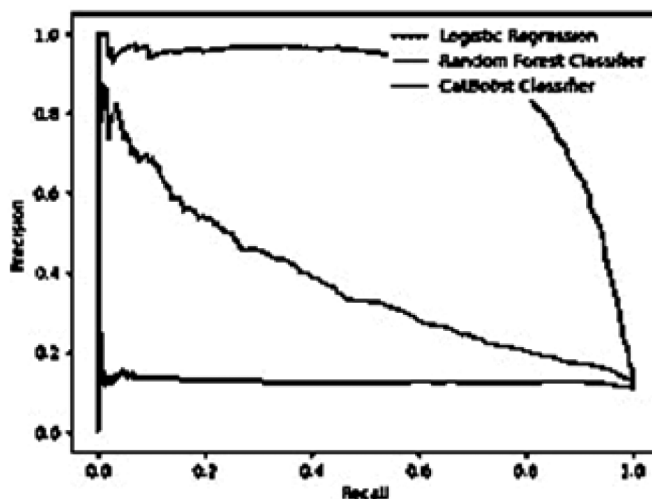


Рис. 1. Кривые точности-полноты классификаторов

Будущая работа

Представленная модель демонстрирует выдающиеся результаты, достигая почти верхней границы каждого предложенного показателя. Однако текущие исследования можно было бы улучшить с нескольких точек зрения. Во-первых, включение данных, происходящий в настоя-

щий момент времени в игре, которые позволяют автоматически отслеживать местоположение всех игроков, расширило бы множество признаков, которые можно было бы учитывать при построении модели. Дополнительные переменные позволили бы более полно моделировать действия футболистов, учитывая действия как атакующей, так и обороняющейся команд. Защитные действия

можно было бы оценить, смоделировав игру как систему «действие-реакция», что позволило бы более целостно оценивать игровые состояния. Эта расширенная модель охватывала бы различные сценарии и обеспечивала более глубокое понимание динамики игры, повышая эффективность прогнозирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л.В. Андерсен, Дж.В. Фрэнсис и М. Бейтман. Восприятие футбольными тренерами Датской ассоциации анализа результативности. *Международный журнал анализа результативности в спорте*, 22(1):149–173, 2022. URL <https://doi.org/10.1080/24748668.2021.2012040>.
2. Г. Анзер и П. Баур. Модель вероятности забитых голов для бросков, основанная на синхронизированных данных о положении и событиях в футболе. *Границы спорта и активного образа жизни*, 3, 2021 г. URL <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.624475>.
3. С. Кронин, Т. Бампурас и П. Миллер. Процессы анализа производительности в спортивной практике высших достижений: исследовательское исследование перспектив спортивного ученого, тренера и спортсмена. *Международный журнал анализа результативности в спорте*, 12: 468–483, 2012. URL <https://doi.org/10.1080/24748668.2012.11868611>.
4. Т. Декроос, Л. Брансен, Дж. Ван Хаарен и Дж. Дэвис. Действия говорят громче, чем цели: оценка действий игроков в футболе. В материалах 25-й Международной конференции ACM SIGKDD по обнаружению знаний и интеллектуальному анализу данных, стр. 1851–1861, Нью-Йорк, штат Нью-Йорк, США, 2019. Ассоциация вычислительной техники. ISBN 9781450362016. URL <https://doi.org/10.1145/3292500.3330758>.
5. Дж. Фернандес, Л. Борн и Д. Сервон. Разложение неизмеримого спорта: структура ожидаемой ценности владения в футболе с глубоким обучением. В исследовательской статье, MIT Sloan, конференция по спортивной аналитике, Бостон, 2019 г.
6. Ф. Гое-Смит, М. Кемпе, Р. Меерхофф и А.П.М. Коэн Лемминк. Не каждый пас может быть результативным: модель на основе данных для измерения эффективности пасов в профессиональных футбольных матчах. *Большие данные*, 7, 2018. URL <https://doi.org/10.1089/big.2018.0067>.
7. Р. Ковач и Л. Тока. Прогнозирование трансферов игроков в маленьком мире футбола, 2022 год. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-02044-5_4.
8. Г. Лю и О. Шульте. Глубокое обучение с подкреплением в хоккее для контекстно-зависимой оценки игроков. В материалах двадцать седьмой международной совместной конференции по искусственному интеллекту, июль, IJCAI-18., страницы 3442–3448, 2018 г. URL <https://doi.org/10.24963/ijcai.2018/478>.
9. Г. Лю, Ю. Луо, О. Шульте и Т. Харрат. Глубокая футбольная аналитика: изучение функции значения действия для оценки футболистов. *Данные Мин. Знать. Discov.*, 34 (5):1531–1559, 2020. ISSN 1384–5810. URL <https://doi.org/10.1007/s10618-020-00705-9>.
10. П. Люси, А. Бялковски, М. Монфорт, П. Карр и И. Мэтьюз. «Качество против количества»: улучшенное прогнозирование бросков в футболе с использованием стратегических характеристик на основе пространственно-временных данных. В материалах 8-й ежегодной конференции MIT Sloan Sports Analytics (стр. 1–9), 2015 г. I. Г. Макхейл и Б. Холмс. Оценка трансферных сборов профессиональных футболистов с использованием передовых показателей производительности и машинного обучения. *Европейский журнал операционных исследований*, 306(1):389–399, 2023. ISSN 0377-2217. URL <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.06.033>.
11. Д. Патнаик, Х. Прахарадж, К. Пракаш и К. Самдани. Исследование моделей прогнозирования оценок футболистов путем количественной оценки статистических и экономических характеристик мирового трансферного рынка. На Международной конференции IEEE по системам, вычислениям, автоматизации и сетям (ICSCAN) 2019 г., страницы 1–7, 2019 г. URL <https://doi.org/10.1109/ICSCAN.2019.8878843>.
12. Р. Поли, Р. Бессон и Л. Равенель. Эконометрический подход к оценке трансферных сборов и стоимости профессиональных футболистов. *Экономика*, 10 (1), 2022. ISSN 2227-7099. URL <https://doi.org/10.3390/economies10010004>.
13. П. Пауэр, Х. Руис, К. Вэй и П. Люси. Не все передачи одинаковы: объективно оценивайте риск и выгоду от передач в футболе на основе данных отслеживания. В материалах 23-й Международной конференции ACM SIGKDD по обнаружению знаний и интеллектуальному анализу данных, страницы 1605–1613, 2017 г. ISBN 978-1-4503-4887-4. URL <https://doi.org/10.1145/3097983.3098051>.
14. П. Рахимян, Дж. Ван Хаарен, Т. Абжанова и Л. Тока. Помимо оценки действий: система глубокого обучения с подкреплением для оптимизации решений игроков в футболе. На 16-й ежегодной конференции по спортивной аналитике MIT Sloan. Бостон, Массачусетс, США: Массачусетский технологический институт, стр. 25, 2022 г.
15. Статсбомб. открытые данные, 2023 г. URL <https://github.com/statsbomb/open-data>.

© Сулимов Даниил Андреевич (dany.sulimov@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА СИМУЛЯЦИОННОГО МЕДИЦИНСКОГО КОМПЛЕКСА КАК ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ

DEVELOPMENT OF A SIMULATION MEDICAL COMPLEX AS A TECHNOLOGICAL TRAINING TOOL

O. Hudasova

Summary. Simulation-based learning allows students to apply abstract concepts in active, hands-on activities. Today, many additional educational institutions are opening everywhere to provide career guidance to schoolchildren in order to attract them to medicine; in connection with this, there is an urgent need to develop a simulation practice-oriented medical complex for practicing the skills of doctors/students. The article presents the advantages of simulation training in the field of medicine, the technical implementation of biological laws, the structure of a simulation medical complex, as well as its advantages over analogues.

Keywords: additive technologies, medical mannequin, simulation complex, decision support system, education.

Худасова Ольга Геннадьевна

*Старший преподаватель, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»
hudasova_og@bsu.edu.ru*

Аннотация. Обучение на основе моделирования позволяет учащимся применять абстрактные концепции в активной практической деятельности. Сегодня повсеместно открывается множество учреждений дополнительного образования для профориентации школьников с целью привлечения в медицину, в связи с этим возникла острая необходимость в разработке симуляционного практико-ориентированного медицинского комплекса для отработки навыков врачей/обучающихся. В статье представлены преимущества симуляционного обучения в области медицины, техническая реализация биологических закономерностей, структура симуляционного медицинского комплекса, а также его преимущества перед аналогами.

Ключевые слова: аддитивные технологии, медицинский манекен, симуляционный комплекс, система поддержки принятия решений, обучение.

Медицинское образование претерпело значительные изменения во всем мире. Одной из причин изменений является забота о безопасности пациента. Подсчитано, что медицинские ошибки приводят к травмам примерно 15 % пациентов, поступающих в приемные отделения, в результате чего погибают как минимум порядка 50 000 человек ежегодно. Еще один важный вывод был сделан в ходе исследования медицинской практики (информация взята из открытых источников), в котором авторы проанализировали порядка 35000 случайно выбранных больничных записей в Москве и Московской области в рамках междисциплинарного исследования медицинских травм и судебных разбирательств по врачебной халатности. Они обнаружили, что травмы в результате нежелательных явлений произошли в 9 % госпитализаций, 30 % из которых были вызваны халатностью, а 8 % привели к смерти [2]. Медицинские ошибки также увеличивают стоимость медицинского обслуживания во всем мире. Годовые затраты, связанные со всеми нежелательными явлениями, связанными с приемом лекарств, и предотвратимыми нежелательными явлениями ежегодно увеличиваются на 10 %.

Призывы к изменению методов обучения привели к созданию инновационных медицинских программ. В новых учебных программах подчеркивается важность

владения несколькими клиническими навыками выпускниками медицинских учебных заведений, а не простого приобретения знаний. Как свидетельствует их одобрение многими международными организациями и медицинскими школами, общепризнано, что клинические навыки представляют собой важный результат обучения. Приобретение соответствующих клинических навыков является ключом к медицинскому просвещению; однако студенты иногда завершают свои образовательные программы, вооружившись теоретическими знаниями, но не имея многих практических навыков, жизненно важных для их работы. Основной задачей для студентов-медиков является применение теоретических и практических знаний для ведения пациентов.

За последнее десятилетие медицинское моделирование стало инновационным инструментом, которое произвело революцию в медицинском образовании и обучении. Обеспечивая реалистичный и захватывающий опыт, медицинское моделирование значительно повысило навыки и компетентность медицинских работников [3]. Медицинское моделирование охватывает огромную область знаний начиная от моделирования сложных операций до отработки навыков при возникновении чрезвычайных ситуациях с высоким давлением, что доказало свою эффективность на практике (повышение безопасности пациентов более чем на 45% и улучшение

нии результатов в целом). Под термином «медицинское моделирование» мы подразумеваем моделирование сложных биомеханических и физиологических процессов с целью поддержки медицинских вмешательств. Этого можно добиться путем улучшения диагностики, обучения на симуляторе или путем моделирования и «виртуального тестирования» хирургических вмешательств — с учетом особенностей пациента — с помощью цифрового двойника. Кроме того, медицинское моделирование помогает на предварительных этапах медицинских исследований за счет лучшего понимания физиологических процессов [2].

Конечная цель симуляционного обучения — уменьшить количество ошибок и повысить безопасность в сфере здравоохранения. Эта методика обучения позволяет как студентам-медикам, так и опытным медицинским работникам учиться и совершенствовать свои навыки без последствий для реальных пациентов, т.к. безопасность пациентов является приоритетом.

Студенты, только что закончившие обучение, обычно вооружены теоретическими знаниями. Включение симуляционного обучения в учебную программу позволяет

им приобрести практические навыки, которые помогут им быстрее добиться продуктивности в реальном мире. Университетам и учебным центрам требуются самые высококачественные симуляторы человека для взрослых и детей, доступные для создания действительно захватывающего опыта обучения, позволяющего отточить высокий уровень компетентности.

Симуляционное обучение позволяет адаптировать различные сценарии обучения, подготавливая специалистов к различным условиям и результатам. Моделирование в здравоохранении открывает доступ к неограниченной практике и востребовано профессионалами. В настоящее время возникла острая необходимость в симуляционных медицинских центрах для отработки практических навыков, учитывая мировую тенденцию стоит отметить, что зарубежные разработки имеют высокую стоимость, а также возникают проблемы в их приобретении из-за введения санкций против РФ. В связи с этим нами было принято решения для проектирования и разработки собственного симуляционного медицинского комплекса для образовательных и медицинских учреждений. Посредством медицинского моделирования врачи, студенты-медики, медицинские работники

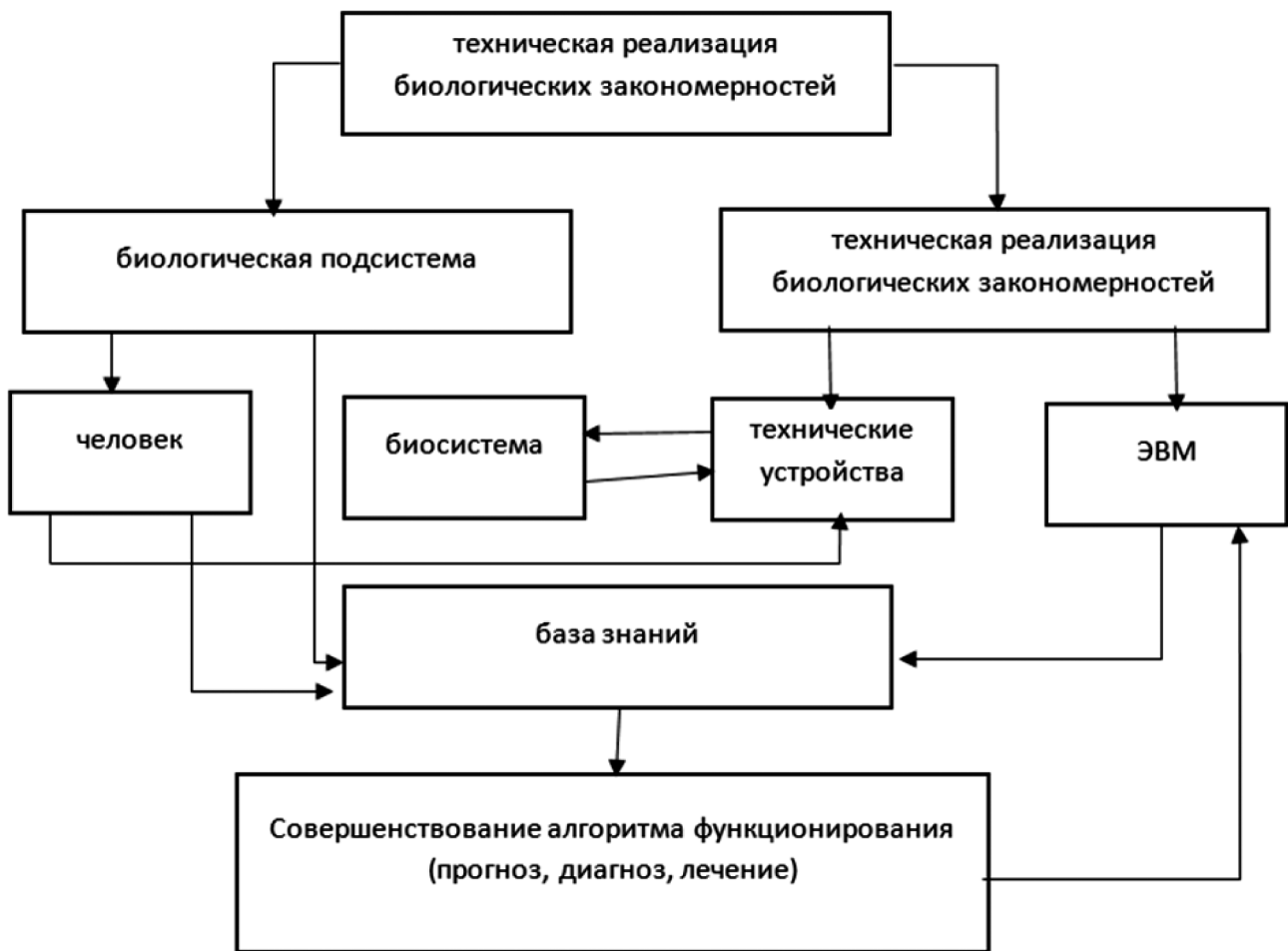


Рис. 1. Техническая реализации биологических закономерностей

и производители медицинского оборудования получают доступ к ранее неиспользованной информации, которую вы можете использовать при разработке продуктов, диагностике и терапии для своей пользы и пользы пациентов. Медицинское моделирование поддерживает инновационные идеи и подходы для расширения и устойчивого улучшения существующих процедур или цепочек процессов с помощью моделирования. Следовательно, появляются более инновационные методы лечения.

В ходе проведения исследования возможностей технической реализации биологических закономерностей нами было обнаружено что биологические закономерности при реализации с технической точки зрения являются особым классом больших систем, представляющий собой совокупность биологических и технических элементов, связанных между собой в едином контуре управления [2]. Схема технической реализации биологических закономерностей представлена на рисунке 1.

В рамках исследования всех преимуществ моделирования медицинских навыков нами было разработан симуляционный медицинский комплекс для отработки навыков. Обучение медицинскому моделированию устраняет разрыв между учебой в классе и уходом за пациентами. Все члены медицинской команды могут извлечь выгоду из симуляции — врачи, медсестры, стоматологи, смежные медицинские работники и сотрудники служб экстренной помощи — предлагая возможность не только овладеть техническими навыками, но и улучшить критическое мышление, принятие решений и коммуникативные навыки. Это делается в безопасной среде обучения, что в конечном итоге приводит к созданию безопасной среды лечения для реальных пациентов.

В состав комплекса входят компоненты регистрации физиологических параметров человека, модуль для организации беспроводной связи, модуль управления мехатронными исполнительными устройствами, а также система энергообеспечения.

На рисунке 2 представлена структурная модель медицинского симуляционного комплекса.

Структурно комплекс состоит из четырех основных подсистем: блок 1 — пользовательский управляющий контроллер с интерфейсом оператора; блок 2 — персональный компьютер; блок 3.N — набор универсальных контроллеров для моделей органов; блок 4 — модуль управления набором сервоприводов сервоприводами.

Комплекс содержит механические компоненты скелета, выполняющие анатомические функции, в том числе служащие каркасом для моделей органов. Также в состав комплекса входят интерактивные управляемые модели органов, содержащие необходимую электрони-

ку, приводы и датчики. Управление функциями осуществляется от персонального компьютера.

Созданная конструкция аппаратно-программного комплекса обеспечивает удобную установку и коммутацию отдельных модельных подсистем органов, реализующих соответствующие функции, предлагаемое решение моделирует температурные, цветовые, тактильные, звуковые и иные закономерности, имитирующие таковые в поведении реальной живой системы, и позволяющее производить диагностику патологических и болезненных состояний с одной стороны, и влиять на их течение посредством медицинских манипуляций с другой, элементы связи между органами замаскированы под реальные биологические структуры в соответствии с реальными анатомическими закономерностями, впервые выполнена реализация упрощенной интерактивной анатомической системы для задач обучения основам медицины школьников, студентов в области медицины.

Благодаря разрабатываемому симуляционному медицинскому комплексу новое поколение медицинских работников прикасается к технологиям завтрашнего дня и дает нынешним практикующим врачам возможность отточить свои навыки в контролируемой среде. Используя сложные компьютеры и манекен в натуральную величину, основные органы которого запрограммированы соответствующим образом реагировать на вмешательства пользователя, учащиеся оттачивают свои навыки в виртуальной среде ухода за пациентами. Сеансы разбора полетов следуют за каждым сценарием моделирования и позволяют учащемуся получать обратную связь от преподавателей и коллег, одновременно объективно критикуя свою собственную работу.

Состояние здравоохранения очень динамично, и оно требует, чтобы медицинские работники постоянно обновляли свои знания и навыки. Например, с введением симуляционного обучения для медицинских работников врачи и медсестры смогут провести сложную операцию перед самой операцией. Поскольку здравоохранение становится более сложным, а клиническая практика — более специализированной, моделирование, вероятно, продолжит развиваться для удовлетворения образовательных потребностей. Нам следует ожидать, что виртуальная реальность, дополненная реальность и симуляторы смешанной реальности станут все более распространенными. Симуляторы также станут более функциональными, поскольку будут включать в себя тренажеры по диагностике, задачам и окружающей среде [3].

Лучшие медицинские учреждения и медицинские школы внедряют симуляционное обучение для своих сотрудников и студентов в рамках своих учреждений и учебных программ. Симуляция в здравоохранении ста-

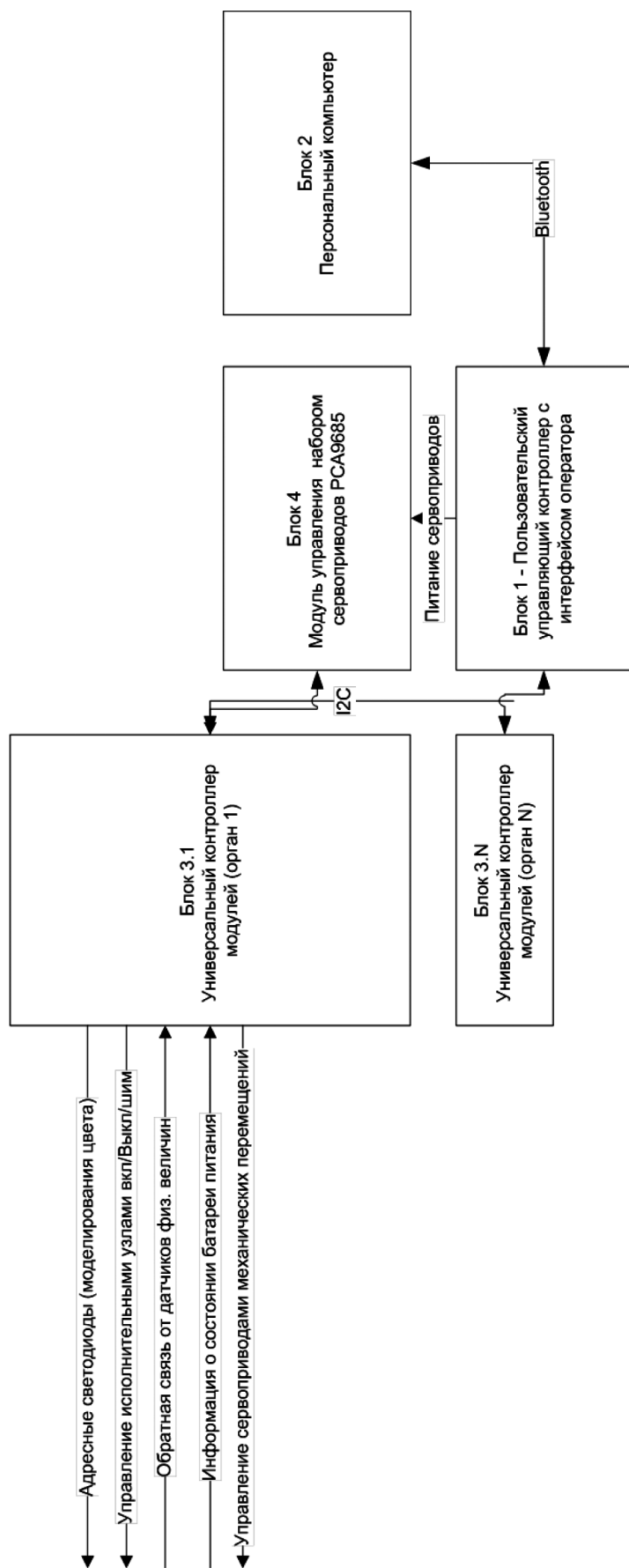


Рис. 2. Структурная схема комплекса

новится все более популярной и будет играть ключевую роль в будущем профессиональном развитии здравоохранения.

Благодаря повышенному реализму, интеграции VR и AR, групповому обучению, мобильному и удаленному моделированию, а также обратной связи на основе данных, использование симуляционного медицинского

комплекса станет незаменимым инструментом для повышения безопасности пациентов и улучшения результатов. Поскольку технологии продолжают развиваться, мы можем ожидать дальнейших прорывов в области медицинского моделирования, которые позволят медицинским работникам постоянно совершенствовать свои навыки и оказывать исключительный уход за пациентами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sappenfield, JW, Smith, WB, Cooper, LA, et al. Visualization improves supraclavicular access to the subclavian vein in a mixed reality simulator. *Anesth Analg.* 2018;127:83–89
2. Gaba, DM. Simulation is a critical tool for advancing patient safety — available to everyone regardless of location or resources. Online. *APSF Newsletter.* 2019;33:96–97.
3. Юдаева, Ю.А. Симуляционный центр как инновационное направление развития медицинского профессионального образования / Ю.А. Юдаева // *Управление инновациями: теория, методология, практика.* — 2014. — № 11. — С. 124–127.

© Худасова Ольга Геннадьевна (hudasova_og@bsu.edu.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РОЛЬ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В СОВРЕМЕННОМ СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

THE ROLE OF MATHEMATICAL MODELS IN MODERN AGRICULTURE

V. Cherepenin
V. Serkezyuk
S. Vorobyov

Summary. This publication provides a comprehensive analysis of research works focused on the application of mathematical modeling in the field of agricultural economics. Highlighting parallel trends in the development of mathematical methods in economic sciences, the authors concentrate on the accelerated integration and progress of mathematical strategies, including analytical approaches and probability theory, in the agro-cultural sector. The article thoroughly examines relevant cases of using mathematical modeling, emphasizing its role in improving the management of production processes and enhancing productivity in the agricultural sector.

Keywords: mathematical modeling, optimization, optimality criteria, composition of variables, selection of parameters, solution search.

Черепенин Валентин Анатольевич

Аспирант, Южно-Российский государственный
политехнический университет имени М.И. Платова
cherept2@gmail.com

Серкезюк Виктор Русланович

Аспирант, Южно-Российский государственный
политехнический университет имени М.И. Платова
jakxid@gmail.com

Воробьев Сергей Петрович

Кандидат технических наук, доцент, Южно-Российский
государственный политехнический университет имени
М.И. Платова
vsp1999@yandex.ru

Аннотация. Эта публикация освещает всесторонний анализ исследовательских работ, ориентированных на применение математического моделирования в сфере аграрной экономики. Освещая параллельные тенденции в развитии математических методов в экономических науках, авторы фокусируются на ускоренной интеграции и прогрессе математических стратегий, включая аналитический подход и теорию вероятностей, в агрокультурной отрасли. Статья подробно рассматривает релевантные случаи использования математического моделирования, подчеркивая его роль в улучшении управления производственными процессами и повышении продуктивности в аграрном секторе.

Ключевые слова: математическое моделирование, оптимизация, критерии оптимальности, состав переменных, подбор параметров, поиск решения.

Аграрный сектор представляет собой многоаспектную экономическую сеть, в которой происходит взаимодействие между биологическими, техническими, управленческими и финансовыми элементами, способствующими углубленному развитию аграрной отрасли. В этой системе агробизнес тесно связан с аграрной деятельностью. Основная задача аграрных предприятий — обеспечивать непрерывный рост выпуска сельскохозяйственной продукции, стабильное снабжение населения продовольствием и аграрными ресурсами. Кроме того, важным аспектом является синергия различных отраслей для достижения значительных успехов в рамках Национальной продовольственной программы.

Моделирование в аграрной сфере охватывает широкий спектр объектов: от сельскохозяйственных компаний до индивидуальных фермерских хозяйств, экономических регионов, специализированных зон и внутренних процессов предприятий [1]. В экономическом контексте сельского хозяйства наблюдается сложная сеть взаимодействий, анализ которых может привести к разработке комплексных и технически сложных моделей. При этом

критически важно выделить ключевые факторы, оказывающие основное влияние на производственные циклы, минимизируя количество второстепенных элементов.

Аграрный сектор функционирует как вероятностная динамическая система с многочисленными входами и выходами. Она взаимодействует с окружающей средой, которая включает в себя социальные и технологические системы, а также природные комплексы [2]. Для более точного моделирования сельскохозяйственных процессов необходимо учитывать этот многоуровневый обмен.

Сельское хозяйство, несмотря на схожесть с крупными техническими системами, имеет уникальные черты, которые выделяют его из этой категории. Это развивающаяся отрасль, отличающаяся своим социально-экономическим аспектом, средствами и условиями производства [3]. При математическом моделировании экономического развития сельскохозяйственной сферы, важно учитывать эти уникальные особенности для адекватного отражения сложных взаимодействий, характерных для этой отрасли.

Применение математических алгоритмов в аграрной отрасли сталкивается с уникальными вызовами, отличными от тех, что встречаются в промышленности. В агро-секторе, из-за его мультидисциплинарной природы, требуется анализ обширного набора переменных, каждая из которых вносит значительную сложность в систему ограничений [4, 5]. Это обстоятельство ведет к формированию сложных моделей с высокими требованиями к вычислительным ресурсам. Особенностью сельского хозяйства является нелинейность количественных отношений и значительный разброс параметров, что усиливает сложность математического моделирования. К тому же, недостаток стандартизированных данных в аграрном секторе ограничивает применение экономико-математических анализов.

Тем не менее, многие эксперты в области экономики видят в аграрном секторе значительный потенциал для применения линейного программирования. Это связано с тем, что множество экономических задач в аграрной отрасли, направленных на эффективное распределение ресурсов, соответствуют моделям линейного программирования [6]. Аспекты, такие как сезонность и строгая последовательность агротехнических операций, могут быть интегрированы в соответствующие линейные модели.

Следовательно, для оптимального функционирования аграрного сектора необходимо применять теоретические принципы, разработанные для общей экономической оптимизации, адаптируя их к уникальным характеристикам сельского хозяйства.

Моделирование является процессом формирования абстрактного представления объектов с целью аналитического изучения их характеристик и поведения [7]. Это ценный инструмент научного абстрагирования, способствующий выделению основных атрибутов исследуемого объекта. В частности, математические модели представляют собой универсальные инструменты для исследования внутренних закономерностей различных процессов и явлений, позволяя анализировать количественные отношения и оптимизировать работу систем.

Компьютерное моделирование осуществляется независимо от специфических факторов, таких как структура организации, транспортировка или сезонные изменения. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будут достигнуты объективные и практически обоснованные результаты. Имеются также стандартные модели, которые проходят экспериментальное тестирование и демонстрируют высокую эффективность [8]. В сельском хозяйстве такие модели фокусируются на оптимизации структуры хозяйства, объеме посевных площадей, эффективном использовании земельных ресурсов, применении удобрений и мелиоративных мер, а также

на координации и специализации различных секторов агропроизводства. Если существующие модели не способны решить определенную экономическую задачу, разрабатываются новые, уникальные модели, которые подвергаются всесторонней проверке и апробации перед их практическим применением [9].

Структура моделей в зависимости от объектов и процессов, подвергаемых моделированию, может значительно различаться [10-12]. Однако существуют универсальные компоненты моделирования, включающие:

1. Исходные данные о ресурсах: Они представляют начальную информацию о доступных ресурсах, используемых в модели.
2. Динамические переменные: Это параметры, чьи значения эволюционируют в процессе моделирования.
3. Техничко-экономические показатели и нормативы: Эти элементы отражают связи между ресурсами и результатами, выведенными из модели.
4. Ограничения: Описывают структуру и логику взаимосвязей в модели, а также ограничения, которые необходимо учитывать.
5. Критерий эффективности: Определяет качество работы системы и служит для выбора оптимальных решений.

Для моделей с числовыми характеристиками требуется специфическая информация, включая стандартные данные [13]. Например, при создании экономико-математических моделей для оптимального распределения земельных ресурсов применяются отраслевые и макроэкономические нормативы, адаптированные к условиям большей части аграрного сектора в данном регионе. Учитываются различия в нормативах для разных типов почв, например, черноземных и серых лесных [14].

При разработке оптимизационных моделей используются такие методы, как:

1. Интеграция требований севооборота и агротехнической целесообразности в стратегии оптимизации посевных площадей.
2. Связь планируемой структуры посевных площадей с рекомендованной схемой чередования культур при оптимизации комбинаций отраслей сельского хозяйства.
3. Выбор наилучшей схемы чередования сельского хозяйства.
4. Размещение пунктов переработки разных видов севооборота, учитывая качественные характеристики почвы.

Принимая во внимание эти методы, моделирование в сельском хозяйстве не ограничивается статическими параметрами, а включает динамическое взаимодействие между различными компонентами системы [15].

Это позволяет не только оптимизировать текущие процессы, но и адаптировать стратегии для улучшения долгосрочной устойчивости и производительности.

В дополнение к вышеупомянутым аспектам, моделирование в агросекторе включает анализ структурных изменений и идентификацию потенциальных направлений развития предприятий. Оно позволяет выявить неиспользуемые ресурсы, определить наиболее эффективные способы их использования, оптимизировать производство кормов, структуру посевных площадей и улучшить общую эффективность отраслевых систем. Таким образом, применение продвинутых методов моделирования в сельском хозяйстве становится ключевым фактором в повышении его продуктивности и адаптации к изменяющимся условиям.

Экономическая модель, применяемая в аграрной сфере, должна точно и комплексно отображать ключевые взаимосвязи и элементы рассматриваемой сельскохозяйственной отрасли. Например, в оптимизационной модели для использования удобрений может быть представлен следующий элемент:

$$F = \sum_{k=1}^n x_k^i y_k (c_k - v_k) - \sum_{k=1}^n z_k^i x_k^i \rightarrow \max, i = \overline{1, m}$$

где n — количество культур; m — количество видов удобрений; x_k^i — площадь k -ой культуры, на которой вносится i -ый вид удобрения; y_k — планируемая прибавка урожайности с 1 га k -ой культуры за счет внесения комплекса удобрений; c_k — стоимость 1 ц продукции k -ой культуры; v — затраты на уборку и транспортировку 1 ц k -ой продукции; z_k^i — затраты на приобретение, транспортировку и внесение i -ого вида удобрения, под k -ую культуру на 1 га.

Основными ограничивающими факторами являются расходы, связанные с использованием удобрений:

$$\sum_{k=1}^n z_k^i x_k^i w_k^i = Z, i = \overline{1, m}$$

где w_k^i — норма внесения i -ого вида удобрения под k -ую культуру; Z — общая сумма затрат на приобретение, транспортировку и внесение удобрений.

— баланс удобрений:

$$\sum_{k=1}^n w_k^i x_k^i \leq Y_i, i = \overline{1, m}$$

где Y_i — общий объем имеющихся в наличии удобрений i -ого вида;

— удобряемая площадь культур:

$$\sum_k x_k^i \leq S_k, i = \overline{1, m}$$

где S_k — общая площадь под k -ой культурой;

— баланс питательных веществ:

$$\sum_k \beta_k^{ij} x_k^i \leq D_k^j, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, 3}$$

где β_k^{ij} — норма внесения i -ого удобрения на k площадь в кг.д.в.; j — группа удобрений (азотные, фосфорные, калийные); D_k^j — максимальный объем внесения удобрений j -ой группы под k -ую культуру;

— баланс площадей (площадь, удобряемая азотными, фосфорными и калийными удобрениями, должна быть равна, т.е. внесение удобрений для получения планируемой урожайности должно быть комплексным):

$$\sum_{i=1}^p x_k^i = \sum_{i=1+p}^s x_k^i = \sum_{i=1+s}^m x_k^i, k = \overline{1, n}$$

где p — количество азотных удобрений; s — количество фосфорных удобрений; $(m-s)$ — количество калийных удобрений;

— неотрицательности переменных:

$$x_k^i \geq 0, k = \overline{1, n}, i = \overline{1, m}$$

Не всегда необходимо разрабатывать собственные экономико-математические методы для решения каждой экономической проблемы. В арсенале математики имеются универсальные подходы, способные охватить общие аспекты экономического прогресса. Большинство специфических заданий могут быть эффективно решены с использованием уже известных инструментов, таких как линейное программирование, теория очередей и другие установленные методологии. Применение математического анализа значительно повышает качество управленческих решений, хотя это не единственный путь. В то же время, усилия по увеличению производственной эффективности часто ведут к росту прибыли и оптимизации бизнес-процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сергеев Д.А. Энтропийные параметры структурных параметров систем. // Наука, техника и образование. 2016. № 3.
2. Воробьев С.П., Горобец В.В. Исследование модели транзакционной системы с репликацией фрагментов базы данных, построенной по принципам облачной среды // Инженерный вестник Дона. — 2012. — № 4.
3. Bren d'Amour C, Reitsma F, Baiocchi G, Barthel S, Güneralp B, Erb K-H. Future urban land expansion and implications for global croplands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2016;114(34).
4. Vyckova SM, Zhidkova EA, Andreeva OO. Innovative controlling technologies. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(3).
5. Коломейченко А.С. Повышение экономической эффективности использования сельскохозяйственных земель на основе оптимизации применения удобрений // Наука и Мир, 2015. № 8.
6. Jones Z., Taft K., Sidhu S. The state of food security and nutrition in the world. Building climate resilience for food security and nutrition. Rome: Food and Agriculture Organization; 2018.
7. Al-Doghman F., Chaczko Z., Ajayan A.R., Klempous R. A review on Fog Computing Technology // Conference Proceedings of 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, SMC 2016 (Budapest, Hungary, October, 9–12, 2017). Institute of Electrical and Electronics.
8. Черепенин В.А., Воробьев С.П., Серкезюк В.Р. Реализация моделей нейронных сетей для прогнозирования показателей в умной теплице // Инженерный вестник Дона. — 2024. — №1.
9. Коломейченко А.С. Экономико-математическая модель структуры сельскохозяйственных угодий с учетом экологической составляющей // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, 2014. — №2-1.
10. Alexandratos N, Bruinsma J. *World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision*. Rome: Food and Agriculture Organization; 2012.
11. Powell C.H. How AP Automation Helps Healthcare Organizations Get Ahead // *Supply & Demand Chain Executive*, 2022
12. Brown M. S. Robotic Process Automation for Procurement // *Supply & Demand Chain Executive*, 2021
13. Liu S., Ye H., Jin K. CT-UNet: Context-Transfer-UNet for Building Segmentation in Remote Sensing Images // *Neural Process Lett*, 2021, № 53.
14. Kline D.M., Berardi V.L. Revisiting squared-error and cross-entropy functions for training neural network classifiers // *Neural Comput and Applic*, 2005, № 14.
15. Feilmayr C., Wöβ W. An analysis of ontologies and their success factors for application to business // *Data & Knowledge Engineering*. 2016. №101.

© 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»

ОПТИМАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОБУЧЕНИЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА И АВТОМАТИЗАЦИИ

THE OPTIMAL APPROACH TO TRAINING NEURAL NETWORKS FOR INDUSTRIAL PRODUCTION AND AUTOMATION PURPOSES

*T. Chernyshova
E. Chernyshova
A. Titkov*

Summary. The development of an optimal approach to training neural networks for the purposes of industrial production and automation is crucial to improve its efficiency. This approach ensures maximization of results with minimal time and money, accuracy and reliability of network predictions, adaptability and scalability, reliability of systems and reduction of the risk of accidents, minimization of unexpected downtime and associated losses, preservation of knowledge and experience of employees for future generations. The optimal approach to training neural networks in industrial enterprises depends on many factors that need to be taken into account. These factors included: task definition, data collection and preprocessing, network architecture selection, network training, validation and testing, integration into the production environment, continuous learning, working with limited resources, cybersecurity. Optimal training of neural networks allows you to obtain the following advantages: automation of processes, improvement of product quality, increased efficiency, improved quality of forecasting and planning, better maintenance of equipment, robot control, product personalization, increased energy efficiency, ensuring production safety. Despite all the advantages, the formation of an optimal approach to training neural networks for industrial production and automation is associated with a number of problems and challenges. Among them, problems were noted in the field of data collection and preprocessing, architecture selection, integration into the production process, scaling, security and reliability, staff training and support, model portability, as well as problems of model complexity.

Keywords: neural network, optimization, automation, industrial automation, neural network training, neural network.

Чернышова Татьяна Владимировна

*Старший преподаватель,
Московский государственный университет технологий
и управления имени К.Г. Разумовского
Chernyshova.T1@yandex.ru*

Чернышова Евгения Александровна

*Младший научный сотрудник, ООО НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР «СИНТЕЗ»
harchenkoevgenia@gmail.com*

Титков Александр Анатольевич

*Генеральный директор, ООО «ВашЭксперт»
vashexpert2016@yandex.ru*

Аннотация. Разработка оптимального подхода к обучению нейронных сетей для целей промышленного производства и автоматизации имеет решающее значение для повышения эффективности его работы. Такой подход обеспечивает максимизацию результатов при минимальных затратах времени и финансов, точность и надежность предсказаний сети, адаптивность и масштабируемость, надежность систем и снижение риска аварий, минимизацию неожиданных простоев и связанных с ними потерь, сохранность знаний и опыта сотрудников для будущих поколений. Оптимальный подход к обучению нейронных сетей на промышленных предприятиях зависит от множества факторов, которые необходимо учитывать. К таким факторам были отнесены: определение задачи, сбор и предобработка данных, выбор архитектуры сети, обучение сети, валидация и тестирование, интеграция в производственную среду, непрерывное обучение, работа с ограниченными ресурсами, кибербезопасность. Оптимальное обучение нейронных сетей позволяет получать следующие преимущества: автоматизация процессов, улучшение качества продукции, повышение эффективности деятельности, повышение качества прогнозирования и планирования, более качественное обслуживание оборудования, управление роботами, персонализация продукции, повышение энергоэффективности, обеспечение безопасности производства. Несмотря на все преимущества, формирование оптимального подхода к обучению нейронных сетей для промышленного производства и автоматизации связано с рядом проблем и вызовов. Среди них были отмечены проблемы в сфере сбора и предобработки данных, выбора архитектуры, интеграции в производственный процесс, масштабирования, обеспечения безопасности и надёжности, обучения и поддержки персонала, переносимости моделей, а также проблемы сложности моделей.

Ключевые слова: нейронная сеть, оптимизация, автоматизация, автоматизация промышленности, обучение нейронных сетей, нейросеть.

Нейронные сети — это тип искусственного интеллекта, модели вычислений, вдохновленные работой человеческого мозга, которые используются в области искусственного интеллекта для решения различных задач. Они состоят из большого количества связанных элементов, называемых искусственными нейро-

нами, которые могут обучаться на данных и приобретать способность к обобщению, работают вместе для выполнения определенных задач, например, распознавания образов, обработки языка, прогнозирования данных и многих других. Как и в человеческом мозге, где нейроны активируются в ответ на стимулы и передают сигналы

друг другу, искусственные нейроны в нейросети активируются в ответ на входные данные и передают сигналы по сети. Каждый нейрон обрабатывает сигнал и передает его дальше, и этот процесс повторяется до тех пор, пока не будет получен конечный результат [2, 4].

Существуют различные типы нейросетей для различных задач, включая сверточные нейронные сети (CNN) для обработки изображений, рекуррентные нейронные сети (RNN) для работы с последовательными данными, такими как текст или временные ряды, и многие другие [6].

Обучение нейросетей обычно происходит с использованием метода, называемого обратным распространением ошибки, при котором сеть подстраивается под задачу путем корректировки весов связей между нейронами с целью минимизации разницы между её выходными данными и желаемым результатом. Этот процесс требует большого количества данных для обучения и значительных вычислительных ресурсов [7, 8].

Использование нейросетей в последние годы значительно увеличилось благодаря улучшению алгоритмов, увеличению доступности больших наборов данных и развитию мощных вычислительных систем, таких как графические процессоры (GPU), которые могут быстро обрабатывать сложные вычисления, необходимые для обучения и функционирования нейросетей. Нейронные сети применяются в самых разных областях.

Использование нейронных сетей в промышленности является одной из наиболее актуальных тем технологического прогресса, что обусловлено множеством факторов. Прежде всего, нейронные сети способны автоматизировать сложные процессы, такие как контроль качества, прогнозирование отказов оборудования и управление производственными процессами, благодаря их способности к обучению и адаптации.

Кроме того, нейронные сети могут анализировать большие объемы данных для оптимизации производственных процессов, что приводит к экономии энергии, сырья и времени. В энергоемких отраслях промышленности нейронные сети помогают в оптимизации потребления энергии, учитывая множество факторов, таких как погодные условия и текущие нагрузки на оборудование. Вместе с тем применение машинного зрения с нейронными сетями для контроля качества позволяет обнаруживать дефекты с высокой точностью, что значительно улучшает качество продукции и снижает затраты на брак [3].

Также важно отметить, что нейронные сети, обученные на исторических данных о работе машин, могут предсказывать необходимость технического обслужи-

вания до возникновения серьезных проблем, таким образом минимизируя простои и убытки. В робототехнике нейронные сети используются для обучения роботов выполнению сложных задач, таких как манипуляции с объектами, перемещение в пространстве и взаимодействие с людьми [1, 4].

Нейронные сети часто работают в сочетании с Интернетом вещей IoT, собирая и анализируя данные с множества датчиков в реальном времени для оптимизации работы оборудования. Также нейронные сети способны анализировать предпочтения потребителей, что позволяет компаниям создавать более персонализированные продукты и услуги. Применение нейронных сетей для анализа трендов и предсказания спроса помогает в более точном планировании производства и управлении запасами. И наконец, нейронные сети используются для обеспечения безопасности на производстве, отслеживая потенциально опасные ситуации и предупреждая об их возникновении.

С учетом всех этих преимуществ, нейронные сети и более широко машинное обучение продолжают играть важную роль в промышленности, поскольку они предлагают решения для повышения эффективности, снижения затрат и улучшения качества продукции.

Однако для эффективной работы нейронной сети и получения всех вышеперечисленных преимуществ необходимо выбрать наиболее оптимальный подход к обучению такой сети.

При формировании оптимального подхода к обучению нейронных сетей для целей промышленного производства и автоматизации необходимо учитывать ряд аспектов, которые могут варьироваться в зависимости от конкретной задачи, доступности данных и вычислительных ресурсов и других факторов [7, 10].

Прежде всего, необходимо четко определить, какую задачу должна решать нейронная сеть. Это может быть классификация изделий по качеству, прогнозирование отказов оборудования, оптимизация процессов или что-то иное. Для обучения нейронной сети требуется большой объем качественных данных. Поэтому необходимо собрать данные, которые адекватно отражают все возможные сценарии, с которыми сеть может столкнуться в реальных условиях работы. Данные должны быть предварительно обработаны, очищены от шума и нормализованы.

Обучение должно проводиться на основе достаточно большого и репрезентативного набора данных. Важно использовать методы предотвращения переобучения, такие как регуляризация или ранняя остановка обучения. Может быть полезным использование техник увели-

чения данных (data augmentation), особенно при работе с изображениями [7, 9].

Далее необходимо сделать выбор архитектуры сети. Существует множество типов нейронных сетей, каждый из которых подходит для решения определенного класса задач. Например, сверточные нейронные сети (CNN) хорошо работают с изображениями, рекуррентные нейронные сети (RNN) подойдут для анализа последовательностей (например, временных рядов), а полносвязные сети могут быть использованы для классификации данных с небольшим количеством признаков [8].

Нейронная сеть должна быть интегрирована в производственную систему таким образом, чтобы ее использование было максимально эффективным и не вызывало сбоев в процессах. После обучения нейронной сети необходимо провести валидацию ее работы на отдельном наборе данных, который не использовался при обучении, чтобы оценить ее способность к обобщению. Это помогает понять, насколько хорошо сеть будет работать в реальных условиях.

При этом важно помнить, что промышленные условия могут меняться, поэтому нейронная сеть должна постоянно обновляться и обучаться на новых данных. Это требует создания инфраструктуры для сбора и анализа данных в режиме реального времени.

Также следует помнить о том, что в промышленной среде может быть ограничен доступ к вычислительным ресурсам. Необходимо стремиться к созданию эффективных моделей, которые требуют меньше вычислительной мощности и могут работать на устройствах с ограниченными возможностями (например, на встраиваемых системах).

Также при интеграции нейронных сетей в промышленные системы следует уделить внимание аспектам безопасности, чтобы исключить возможность вмешательства в работу сети извне [1, 10].

Однако, несмотря на все преимущества, формирование оптимального подхода к обучению нейронных сетей для промышленного производства и автоматизации связано с рядом проблем и вызовов.

Нейронные сети должны обеспечивать стабильную и надежную работу в условиях промышленного производства, где ошибки могут привести к серьезным последствиям. Проблемы со сбором достаточного количества данных, их очисткой и аннотированием могут значительно усложнить обучение нейронной сети, так как качественные и репрезентативные данные являются ключевым фактором для их успешного обучения. Вместе с тем зачастую возникают проблемы определения

баланса между сложностью модели и её способностью обобщать данные. Слишком простые модели могут не захватить всю сложность данных, а слишком сложные могут привести к переобучению. Нельзя забывать, что при этом обученная модель должна быть эффективно масштабируема для работы с различными объемами производства и адаптации к изменениям в процессах [5, 9].

Кроме того, важно отметить, что выбор подходящей архитектуры нейронной сети для конкретной задачи является нетривиальной задачей и часто требует экспериментирования и опыта в области машинного обучения. На данном этапе также возникают проблемы и ошибки.

Обучение мощных нейронных сетей требует значительных вычислительных ресурсов и времени, что может быть проблематично для некоторых предприятий. Тогда как интеграция обученных нейронных сетей в существующие производственные системы может потребовать дополнительной разработки и подстройки, что также влечет за собой затраты.

Также острым вопросом остается наличие необходимого персонала, который должен быть обучен работе с новыми системами, основанными на нейронных сетях, что требует времени и финансовых ресурсов [3].

Зачастую появляется проблема, связанная с переносимостью моделей, так как модели, обученные в одних условиях, могут не показывать такую же производительность в других условиях. Поэтому требуется разработка подходов к трансферному обучению и адаптации моделей [3, 6].

Решение указанных проблем требует комплексного подхода, включая междисциплинарное сотрудничество между инженерами, исследователями в области машинного обучения, специалистами по большим данным, а также внимательное планирование и управление проектами на стадии внедрения технологий машинного обучения на производстве.

Таким образом, оптимальный подход к обучению нейронных сетей для промышленного производства и автоматизации должен сочетать в себе передовые технологии машинного обучения, учитывать специфику и требования отрасли, а также обеспечивать безопасность и экономическую эффективность. Оптимальный подход к обучению нейронных сетей на промышленных предприятиях зависит от множества факторов, которые необходимо учитывать. К таким факторам были отнесены: определение задачи, сбор и предобработка данных, выбор архитектуры сети, обучение сети, валидация и тестирование, интеграция в производственную среду, непрерывное обучение, работа с ограниченными ресурсами, кибербезопасность. Оптимальное обучение ней-

ронных сетей позволяет получать следующие преимущества: автоматизация процессов, улучшение качества продукции, повышение эффективности деятельности, повышение качества прогнозирования и планирования, более качественное обслуживание оборудования, управление роботами, персонализация продукции, повышение энергоэффективности, обеспечение безопасности производства. Несмотря на все преимущества, формирование оптимального подхода к обучению ней-

ронных сетей для промышленного производства и автоматизации связано с рядом проблем и вызовов. Среди них были отмечены проблемы в сфере сбора и преобработки данных, выбора архитектуры, интеграции в производственный процесс, масштабирования, обеспечения безопасности и надёжности, обучения и поддержки персонала, переносимости моделей, а также проблемы сложности моделей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алмазова, К.И. Автоматизация технологических процессов производства на промышленных предприятиях России / К.И. Алмазова, А.О. Курочкина, Р.Н. Берлизов // Тенденции социально-экономического развития в период санкционного воздействия и цифровой трансформации: материалы III Международной научно-практической конференции, Краснодар, 29 марта 2023 года, 2023. — С. 72–76.
2. Вакуленко, С.А., Жихарева А.А. Практический курс по нейронным сетям — СПб: Университет ИТМО, 2018. — 71 с.
3. Вишняков, Б. Нейронные сети для задач промышленности и безопасности // Системы безопасности. — URL: <http://lib.secuteck.ru/articles2/all-over-ip/neyronnye-seti-dlya-zadach-promyshlennosti-i-bezопасnosti-vstraivaemye-sistemy-mashinnogo-zreniya-novogo-pokoleniya> (дата обращения: 17.02.2024).
4. Жмуровский, К.В. Нейронные сети и как они работают: основные виды и этапы разработки нейронных сетей / К.В. Жмуровский // Современные тенденции и инновации в науке и производстве: Материалы XII Международной научно-практической конференции, Междуреченск, 26 апреля 2023 года, 2023. — С. 417.1–417.3.
5. Захаров, Н.А. Автоматизация процессов производства: системы автоматизации / Н.А. Захаров // Актуальные проблемы общества, экономики и права в контексте глобальных вызовов: Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, Москва, 14 апреля 2023 года, 2023. — С. 217–220.
6. Ростовцев, В.С. Искусственные нейронные сети: учебник для вузов. — 3-е изд. — М.: Лань, 2023. — 874 с.
7. Рутковская, Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. — М.: Горячая Линия — Телеком, 2013. — 384 с.
8. Скрипачев, В.О., Гуйда М.В., Гуйда Н.В., Жуков А.О. Особенности работы сверточных нейронных сетей // International Journal of Open Information Technologies. 2022. №12. С.53–61.
9. Alves, R.M.B., Nascimento C.A. O. Neural network based approach applied to for modeling and optimization an industrial isoprene unit production // Chemistry, Engineering, Environmental Science. — 2004. — №3. — pp. 123–135.
10. Chong, H.Y., Yap H.J., Tan S.C. Advances of metaheuristic algorithms in training neural networks for industrial applications // Soft Comput 25. — 2021. — pp. 11209–11233. DOI <https://doi.org/10.1007/s00500-021-05886-z>.

© Чернышова Татьяна Владимировна (Chernyshova.T1@yandex.ru); Чернышова Евгения Александровна (harchenkoevgenia@gmail.com);

Титков Александр Анатольевич (vashexpert2016@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БОТУЛИНИЧЕСКОГО НЕЙРОПРОТЕИНА ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ РЕЦЕССИИ ДЕСНЫ В СТОМАТОЛОГИИ

THE EFFECTIVENESS OF BOTULINUM NEUROPROTEIN IN THE COMPLEX TREATMENT OF GUM RECESSION IN DENTISTRY

**D. Azizova
A. Khairutdinova**

Summary. The article presents comparative results of a study of the use of botulinum neuroprotein in the complex therapy of gum recession in the frontal mandible. As a result of the study, it was revealed that the use of neuroprotein allows to stabilize the process of gum recession and prevents the aggravation of recession already at the initial stages. The need for surgical interventions is reduced, patients note a decrease in the sensitivity of the necks of the teeth, aesthetic satisfaction and an improvement in the quality of life.

Keywords: botulinum neuroprotein, gum recession, muscle relaxation, aesthetic satisfaction.

Азизова Дина Анваровна

Кандидат медицинских наук, доцент,
Казанский федеральный университет
Daim-09@mail.ru

Хаирутдинова Айгуль Рафиковна

Кандидат медицинских наук, доцент,
Казанский федеральный университет
ajgele4ka@mail.ru

Аннотация. В статье приведены сравнительные результаты исследования использования ботулинического нейтропротеина при комплексной терапии рецессии десен во фронтальном отделе нижней челюсти. В результате исследования выявлено, что использование нейтропротеина позволяет стабилизировать процесс рецессии десен и предотвращает усугубление рецессии уже на начальных стадиях. Сокращается необходимость в хирургических вмешательствах, пациенты отмечают уменьшение чувствительности шеек зубов, эстетическую удовлетворенность и улучшение качества жизни.

Ключевые слова: ботулинический нейтропротеин, рецессии десны, расслабление мускулатуры, эстетическая удовлетворенность.

Распространенность заболеваний парадонта с каждым годом возрастает и это является насущной медико-социальной проблемой. Проблема хирургического устранения рецессии десны еще далека от своего разрешения, из общего числа всех заболеваний парадонта на долю рецессии десны приходится 10 % [2,6]. С увеличением возраста рецессия десны встречается чаще и составляет 8 % у детей, примерно к 50 годам приближается к 100 % [6].

Рецессия десны — это патологический процесс при котором открывается корень зуба в результате снижения десневого края [3]. Рецессия может быть физиологическим процессом в момент старения организма, а также результатом прогрессирования воспалительных и деструктивных процессов в тканях парадонта [2].

Наиболее частыми жалобами пациентов при наличии рецессий десны являются повышенная чувствительность зубов из-за оголения корней. Так же пациенты жалуются на кариозные процессы эмали и цемента корня зуба. Большинство пациентов отмечают косметические недостатки от наличия рецессии десны [7].

Очень часто причиной десневой рецессии является низко прикрепленная уздечка или мышечные тяжи преддверия полости рта [5].

Ботулинический токсин — это токсин, вырабатываемый бактериями *Clostridium botulinum*. При внутримышечном введении ботулинического токсина в нервно-мышечное соединение, происходит паралич мышц путем ингибирования высвобождения ацетилхолина из пресинаптических двигательных нейронов [1]. Этот токсин имеет широкое применение в стоматологии и в челюстно-лицевой хирургии, в частности. Он может быть применен при лечении заболеваний височно-нижнечелюстного сустава, невропатической боли в лице, параличе лицевого нерва, гипертрофии и гиперактивности жевательных мышц, сиалорея, дистония, невралгия тройничного нерва и других [9]. При введении ботулинического нейтропротеина происходит расслабление не только двигательных волокон, но также и гладкомышечной мускулатуры стенок сосудов, вазодилатация. Увеличивается доставка кислорода на сосудистом, тканевом, клеточном и молекулярном уровнях в этой области. Увеличивается объем кровотока, таким образом улучшается трофика тканей.

В области фронтальных зубов нижней челюсти имеется подбородочная мышца, которая начинается от кости челюсти на апикальном уровне резцов, двигающуюся вниз и заканчивающуюся на коже. При сокращении этой мышцы на лице создается грустное, недовольное вы-

ражение. Она обеспечивает вертикальную поддержку нижней губы. Волокна подбородочной мышцы вплетаются в кожу и при высокой активности создают «апельсиновую корку», вмятину на подбородке. Для решения этой проблемы применяют препараты ботулотоксина, которые снижают чрезмерную активность данной мышцы, а также улучшают трофику подбородочной области за счет вазодилатации.

Целью данного исследования явилась оценка эффективности использования ботулинического нейротоксина в комплексном лечении рецессий десны.

Материалы и методы исследования

Для реализации цели исследования проведено обследование и лечение 42 пациентов (14 мужчин и 28 женщин) с рецессиями десны 1 и 2 класса по Миллеру в возрасте от 30 до 55 лет. В исследование были включены только пациенты, считающие себя соматически здоровыми.

Пациенты были поделены на 2 группы — основную и контрольную (по 7 мужчин и 14 женщин). Обязательно проводили анкетирование до и после проведения лечения. При осмотре фиксировали данные о глубине, ширине рецессии десны, ширине прикрепленной десны, наличии мышечных тяжей, выраженных уздечек и эпителиальных прикреплений до лечения, через 1 месяц после лечения и через 6 месяцев после лечения.

При анкетировании осуществляли опрос пациентов по поводу чувствительности шеек зубов, эстетической удовлетворенности, удовлетворенностью проведенным лечением.

Пациенты и основной, и контрольной групп получали в качестве базовой терапии профессиональную гигиену полости рта. Зубной налет и камень, скопившийся на поверхности зуба, тщательно удаляются, обнаженная область корня подвергается шлифовке [3]. Так как в этой области имеется патогенная микрофлора, то всем пациентам назначается перорально антибиотикотерапия [9]. Так же в базовую терапию мы включили плазмалифтинг. Это введение в десну плазмы крови, полученной от самого пациента, обогащенной тромбоцитами. Так же эта плазма содержит факторы роста сосудов, эпителия [4]. Курс лечения составил 5 посещений с перерывом в 7 дней.

Терапию ботулиническим нейротоксином проводили российским препаратом ботулотоксина Релатокс, который является эффективным и безопасным препаратом, не уступает зарубежным аналогам. Продолжительность действия препарата от 3 до 6 месяцев.

Пациентам из основной группы дополнительно после проведения базовой терапии, делали инъекции ботулотоксина непосредственно в тяжи слизистой оболочки полости рта, которые тоже были причинами рецессий, а также непосредственно в подбородочную мышцу. Общая доза Релатокса выбиралась в зависимости от степени выраженности тяжей слизистой оболочки и активности подбородочной мышцы. И составляла от 20 до 60 ЕД. Средняя доза составила 40 единиц. В тяжи вводили в каждую по 5 единиц, в подбородочную мышцу справа и слева в среднем по 10 ЕД.

Для статистической обработки данных использовали программы SAS JMP и STATISTICA.

Результаты и их обсуждение

За период наблюдений были пролечены 46 зубов с рецессией десны 1–2 класса по Миллеру. Глубина рецессий до терапии составила $2,45 \pm 0,14$ мм, ширина рецессий до терапии составила $4,32 \pm 0,15$ мм, толщина десны — $0,45 \pm 0,01$ мм.

По результатам анкетирования можно судить об оценке состояния в области рецессии десны самими пациентами.

Если перед лечением на чувствительность зубов жаловались практически 100 % пациентов, то после проведенной терапии жалобы в контрольной группе оставались лишь у 27 %, а в основной группе у 4,8 % пациентов. То же самое мы наблюдаем по поводу эстетической неудовлетворенности. Это говорит о высокой эффективности выбранной терапии. Однако через 6 месяцев жалобы в контрольной группе снова возвращаются — чувствительность зубов в области рецессии отмечают 86 % пациентов, эстетическая неудовлетворенность у 48 %. При этом удовлетворенность проведенной терапией через месяц мы видим у 100 % обратившихся за лечением, а к 6 месяцам удовлетворенность проведенной терапией в основной группе 90 %, когда как в контрольной группе это всего лишь 19 %. Это говорит о том, что дополнительная терапия ботулиническим нейротокси-

жалобы на	до лечения		через 1 мес.		через 6 мес.	
	основная, %	контрольная, %	основная, %	контрольная, %	основная, %	контрольная, %
чувствительность зубов	100	100	4,8	27	9,5	86
эстетическую неудовлетворенность	100	100	4,8	19	14	48
удовлетворенность проведенной терапией	—	—	100	100	90	19

ном значительно влияет на удовлетворенность пациентов с рецессией десны.

Через 6 месяцев после завершения эффективность лечения в контрольной группе составила 57 %. Удалось устранить полностью 43 % рецессий десны, закрытие рецессии зафиксировали в 14 % случаев, удалось полностью ликвидировать рецессии десны в 19 % случаев. При этом глубина рецессий $0,47 \pm 0,07$ мм, прирост прикрепления десны составил — $2,13 \pm 0,1$ мм.

В основной группе через 6 месяцев эффективность лечения составила 95 %. Удалось устранить полностью 76 % рецессий десны, закрытие рецессии зафиксировали в 95 % случаев, удалось полностью ликвидировать рецессии десны в 81 % случаев. Через 6 месяцев после завершения терапии глубина рецессий десны $0,13 \pm 0,01$ мм, прирост прикрепления десны составил — $2,45 \pm 0,09$ мм.

Таким образом, использование ботулинического нейротоксиона при лечении рецессий десны 1 и 2 класса по Миллеру при выраженных тяжах в области рецессии и напряженности подбородочной мышцы показало высокую эффективность. Эффективность лечения через 6 месяцев в контрольной группе составила 57 %, а в основной 95 %, устранить рецессии полностью удалось в 76 % случаев против 43 %, закрытие рецессий при использовании ботулотоксина зафиксировано в 95 % случаев, в отличие от контрольной, где закрытие рецессий наблюдалось лишь в 14 % случаев. Ликвидировать рецессии получилось в 81 % случаев, когда в контрольной это наблюдалось лишь в 19 %. При этом глубина рецессий в основной группе — $0,13 \pm 0,01$ мм, а в контрольной в 3 раза больше ($0,47 \pm 0,07$ мм), прирост прикрепления десны составил — $2,45 \pm 0,09$ мм, отличалась незначительно от контрольной группы $2,13 \pm 0,1$ мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азизова Д.А., Хаирутдинова А.Р., Хафизов Р.Г. Использование ботулинического нейротоксиона при комплексном лечении височнонижнечелюстных расстройств / Азизова Д.А., Хаирутдинова А.Р., Хафизов Р.Г. // Журнал Современная наука: актуальные проблемы теории и практики: Серия «Естественные и Технические науки» — 2023. - №9/2. — С. 133–137
2. Артюшкевич А.С. Заболевания пародонта. Москва, 2006.
3. Гордеева А.И., Рагулина Д.Д., Саятина Л.В. Современные аспекты лечения рецессии десны / Гордеева А.И., Рагулина Д.Д., Саятина Л.В. // Журнал Международный студенческий научный вестник: Серия «Медицинские науки» — 2018. — №4. — С.130–133
4. Жданов Е.Ф., Февралева А.Ю. Анализ значения десневого фенотипа при выборе хирургического метода закрытия рецессии десны // Пародонтология. — 2006. — №1. — С. 33–39.
5. Рунова Г.С., Гугкаева З.Д. Ликвидация рецессий, современный подход к пластической пародонтальной хирургии. / Рунова Г.С., Гугкаева З.Д. // Журнал Российская стоматология: Серия «Пародонтология» — 2011. — №6. — С.51–54
6. Смирнова С.С. Оптимизация лечения рецессий десны пациентов с тонким биотипом десны на фоне воспалительных заболеваний пародонта // Журнал Проблемы стоматологии: Серия «Терапевтическая стоматология» — 2010. — №4. — С. 4–11
7. Kassab M.M., Cohen R.E. The etiology and prevalence of gingival recession. J Am Dent Ass 2003; 134: 2: 225.
8. Randall J. Harris. Root Coverage With Connective Tissue Grafts: An Evaluation of Short— and Long Term Results. JPeriodontol. — September 2002 с. 1054–1058
9. Serrera-Figallo, M-A. Use of Botulinum Toxin in Orofacial Clinical Practice [Текст] / M-A. Serrera-Figallo, G. Ruiz-de-León-Hernández, D. Torres-Lagares, A. Castro-Araya, O. Torres-Ferreros, E. Hernández-Pacheco, J-L. Gutierrez-Perez // Toxins (Basel). — 2020. — Vol.12, №2. — P.112

© Азизова Дина Анваровна (Daim-09@mail.ru); Хаирутдинова Айгуль Рафиковна (ajgele4ka@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЦИТОКИНЫ В ПАТОГЕНЕЗЕ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ КИШЕЧНИКА

CYTOKINES IN THE PATHOGENESIS OF INFLAMMATORY BOWEL DISEASES

I. Alrhaya
K. Krasnoglazova
O. Radaeva
M. Iskandiyarova
A. Gurbanov
E. Negodnova
V. Ereemeev

Summary. Inflammatory bowel diseases include ulcerative colitis and Crohn's disease. They form a group of chronic gastrointestinal diseases of unclear etiology. The etiopathogenesis of these diseases is multifactorial. It is believed that the development of inflammatory bowel diseases is influenced by complex interactions of genetic, bacterial, environmental factors and disorders of the immune mechanisms of the intestine. Cytokines play an important role in inflammatory processes as signaling molecules of cells that control inflammation and the pathogenesis of ulcerative colitis, performing various functions such as the production of inflammatory mediators and activation of inflammatory pathways. As a result, cytokines are directly responsible for epithelial damage, intestinal barrier defect, and tissue damage.

Keywords: cytokines, inflammatory bowel diseases, interleukin, Crohn's disease, ulcerative colitis.

Алрхаиа Ислам

Аспирант, ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»,
mariademyashkina@yandex.ru

Красноглазова Ксения Александровна

Ассистент, ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»

Радаева Ольга Александровна

д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»

Искандярова Мария Сергеевна

Старший преподаватель,

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»

Гурбанов Александр Владимирович

Клинический ординатор,

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»

Негоднова Елена Валерьевна

Старший преподаватель,

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»

Еремеев Виталий Викторович

Аспирант, ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»

Аннотация. Воспалительные заболевания кишечника включают язвенный колит и болезнь Крона. Они составляют группу хронических желудочно-кишечных заболеваний неясной этиологии. Этиопатогенез этих заболеваний кишечника влияют сложные взаимодействия генетических, бактериальных и экологических факторов, а также нарушения иммунных механизмов кишечника. Цитокины играют важную роль в воспалительных процессах как сигнальные молекулы клеток, управляющие воспалением и патогенезом язвенного колита, выполняя различные функции, такие как выработка медиаторов воспаления и активация воспалительных путей. Как следствие, цитокины несут прямую ответственность за повреждение эпителия, дефект кишечного барьера и повреждение тканей.

Ключевые слова: цитокины, воспалительные заболевания кишечника, интерлейкин, болезнь Крона, неспецифический язвенный колит.

Воспалительные заболевания кишечника (ВЗК) — хронические рецидивирующие заболевания желудочно-кишечного тракта, характеризующиеся различной степенью поражения кишечника [1, 2]. Две основные формы ВЗК — болезнь Крона (БК) и язвенный колит (ЯК) — отличаются важными клиническими и патологоанатомическими характеристиками и представляют собой самостоятельные заболевания, требующие разных терапевтических подходов. Точная причина ВЗК остается неизвестной, поэтому этиологического лечения не существует. Общепризнано, что как при БК, так и при ЯК патологический процесс обусловлен избыточным иммунным ответом на антигены резидентной флоры, возникающим у генетически предрасположенных лиц в результате действия многих факторов внешней

среды [3–5]. Тем не менее, ВЗК являются чрезвычайно гетерогенными заболеваниями, и понимание того, какой воспалительный путь действует в определенные моменты времени у одного пациента, может помочь предсказать течение заболевания и способствовать целенаправленному лечению. Иммунофенотипирование клеток слизистой оболочки во многом помогло идентифицировать ключевых участников патологического процесса и способствовало установлению того, как медиаторы воспаления, такие как цитокины, приводят к реализации основных иммунологических этапов патогенеза в воспаленной ткани пациентов с ВЗК.

Цитокины представляют собой более 250 растворимых низкомолекулярных белков или гликопротеинов,

которые регулируют различные биологические активности иммунной системы как в норме, так и при патологии. Перечень «провоспалительных» и «противовоспалительных» цитокинов не совсем однозначен, учитывая, что один и тот же цитокин может оказывать различное влияние на конкретную иммунную функцию в зависимости от анализируемого контекста. Эта статья представляет собой обзор цитокинов и связанных с ними сигнальных путей при ВЗК. Поскольку область исследования обширна, обзор не может быть всеобъемлющим. Вместо этого он предоставляет собой избранную информацию, которая считается необходимой для оценки потенциального участия таких молекул в патогенезе ВЗК.

В кишечнике пациентов с ВЗК многие иммунные и неиммунные клетки продуцируют широкий спектр цитокинов, которые способствуют либо усилению, либо ослаблению продолжающегося воспаления слизистой оболочки. Профиль воспалительных цитокинов, продуцируемых у пациентов с ВЗК, отличается от профиля, наблюдаемого при ЯК, что позволяет предположить, что индукторы таких иммунных ответов различны при этих двух заболеваниях.

Болезнь Крона представляет собой Т-хелпер 1 (Th)1-опосредованную патологию с повышенной выработкой интерферона (IFN)- γ и повышенным содержанием транскрипционного фактора T-bet, способствующим дифференцировке клеток Th1 [6, 7]. Напротив, в слизистой оболочке ЯК наблюдается повышенная выработка цитокинов, связанных с Th2 (т.е. IL-5, IL-13) и Th9 (т.е. IL-9) [7–9].

Провоспалительные цитокины

Роль провоспалительных цитокинов при воспалительных заболеваниях кишечника заключается в иницировании, усилении и поддержании воспалительного процесса. К ним относятся: IL-1, -6, -17, -18, -23 [10]. Установлено, что чрезмерная экспрессия IL-1 β , TNF и IL-6 ограничивается зоной воспаления слизистой оболочки и коррелирует с активностью заболевания и уровнем СРБ у пациентов с ВЗК.

Интерлейкин 1 (IL-1) представляет собой семейство цитокинов, включающее более 10 молекул. IL-1 — один из основных регуляторов воспалительной реакции, секретируемый преимущественно моноцитами и макрофагами различных тканей в ответ на взаимодействие с липополисахаридом бактериальной стенки [11]. IL-1 стимулирует Т-лимфоциты к синтезу других провоспалительных цитокинов, влияет на пролиферацию и дифференцировку В-лимфоцитов, а также стимулирует высвобождение факторов роста и хемотаксических факторов, индуцируя тем самым миграцию иммунных клеток в слизистую оболочку кишечника и поддерживая местный воспалительный процесс [12]. В то же время он оказыва-

ет системное действие, вызывая повышение температуры тела и усиление продукции белков острой фазы.

IL-6 представляет собой типичный провоспалительный цитокин, вырабатываемый главным образом макрофагами и секретируемый во время острой фазы воспалительного ответа. У пациентов с ЯК увеличение уровня IL-6 было обнаружено в сыворотке крови и биоптатах тканей толстой кишки [13]. IL-6 играет значительную роль в процессе передачи сигналов путем связывания с растворимым рецептором IL-6 (sIL-6R). Комплекс IL-6/sIL-6R стимулирует клетки к экспрессии белка gp130 на поверхности. Затем IL-6 отправляет сигнал через gp130. Активация gp130 приводит к активации преобразователя сигнала и активатора транскрипции-3 (STAT3). STAT3, следовательно, транслоцируется в ядро и способствует транскрипции генов-мишеней. Некоторые воспалительные заболевания, включая ЯК, демонстрируют высокие уровни IL-6 и sIL-6R, и это повышение связано со многими клиническими особенностями ЯК [14]. STAT3 сам по себе индуцирует антиапоптотические факторы Bcl-2 и Bcl-xL, что приводит к устойчивости Т-клеток к апоптозу, что в конечном итоге приводит к хроническому воспалению [9].

IL12 и IL23 принадлежат к семейству цитокинов IL12, которое само по себе является частью суперсемейства IL6. IL12 выполняет несколько биологических функций, включая дифференцировку наивных CD4+Т-клеток в Th1-клетки, продуцирующие ИФН γ . IL12 также способствует пролиферации и стимулирует эффекторные функции NK-клеток, NK-T (NKT)-клеток и цитотоксических Т-клеток и стимулирует переключение В-клеток на выработку Th1-ассоциированных классов иммуноглобулинов. В то время как IL-12 преимущественно действует на наивные Т-клетки, IL-23 в основном активирует Т-клетки памяти, экспрессирующие рецептор IL-23 [15]. Т-клетки памяти, экспрессирующие рецептор IL-23, продуцируют цитокины Th17, такие как IL-17 A, IL-17 F и IL-22, что указывает на то, что IL-23 является ключевым фактором, поддерживающим активацию клеток Th17 и выработку цитокинов, поддерживающих воспалительный процесс в кишечнике [16].

IL17 — это семейство цитокинов, состоящее из шести белков, от IL17A до IL17F. IL17A, широко распространенный и продуцируемый несколькими типами клеток, является мощным провоспалительным цитокином, который усиливает воспалительную реакцию, поддерживая высвобождение других медиаторов воспаления, таких как TNF- α , IL-6 [17], и индуцирует гены, связанные с нейтрофилами, такие как CXС-хемокиновый лиганд 1 (CXCL1), CXCL2 и CXCL5, участвующие в воспалительных процессах. IL-17A, по-видимому, играет важную роль в развитии фиброза кишечника, однако недавно Ши и др. [18] подтвердили противовоспалительную функцию IL-17E при

колите, индуцированном тринитробензолсульфоновой кислотой (TNBS), что позволяет сделать вывод о разностороннем вкладе семейства IL17 в развитии ВЗК.

TNF- α представляет собой многофункциональный цитокин, продуцируемый мононуклеарными клетками, который играет роль в стимулировании воспаления, включая выработку IL-1 β и IL-6, пролиферацию фибробластов, экспрессию молекул адгезии, активацию прокоагулянтных факторов и инициацию острого воспалительного ответа [19]. TNF- α существенно действует в фазе апоптоза, увеличивая экспрессию связанного с TNF лиганда, индуцирующего апоптоз [20]. TNF- α активирует макрофаги и лимфоциты, стимулирует В-клетки и увеличивает выработку IFN- γ Т-клетками [21]. Кроме того, TNF- α активирует пути митоген-активируемой протеинкиназы и ядерного фактора (NF)- κ B, которые способствуют клеточной дифференцировке, пролиферации клеток и усилению регуляции провоспалительных цитокинов. Таким образом, увеличение экспрессии TNF- α может вызывать нарушения барьерной функции слизистой оболочки у пациентов с ЯК, усугубляя воспаление [22].

IL-9 вырабатывается клетками Th9, новым подтипом Th-клеток. Недавно было обнаружено, что IL-9 и его рецептор участвуют в патогенезе ЯК [23]. IL-9 регулирует барьерную функцию кишечного эпителия посредством регуляции клаудина-2, во время воспаления кишечника в экспериментальной модели ЯК. Сверхэкспрессия IL-9 наблюдалась в биоптатах воспаленной слизистой оболочки пациентов с ЯК, а повышение уровня IL-9 в сыворотке коррелировало с тяжелым прогнозом ВЗК [24, 25].

Противовоспалительные цитокины

Другой группой цитокинов являются противовоспалительные цитокины: IL-4, -10, -13, -37, которые тормозят воспалительный процесс в слизистой оболочке толстой кишки. Они продуцируются преимущественно стимулированными Th2-лимфоцитами [26]. Противовоспалительный эффект IL-4 и IL-13 включает ингибирование

продукции провоспалительных цитокинов (TNF, IL-1, IL-6 и хемокинов) моноцитами и макрофагами и стимуляцию рецептора IL-1. IL-4 оказывает иммуносупрессивное действие в ткани кишечника, а при активном заболевании ингибирует продукцию фактора роста эндотелия сосудов (VEGF) мононуклеарами периферической крови [27]. Вместе с IL-10 он может ингибировать некоторые элементы клеточного ответа, например, ингибировать секрецию IFN Th1-лимфоцитами. IL-10 также ингибирует провоспалительные цитокины, высвобождаемые Т-клетками и макрофагами при активном воспалительном заболевании кишечника. Он оказывает противовоспалительное действие путем ингибирования транскрипции ядерного фактора NF- κ B — ингибирование секреции тканевых металлопротеиназ, тканевого фактора и циклооксигеназы 2, а также ограничивает апоптоз моноцитов и макрофагов и уменьшает высвобождение активных соединений кислорода и оксида азота [28].

Несколько исследований на мышах показали противовоспалительные биологические функции IL-37 и IL-38 при ВЗК. Данные цитокины могут облегчать клинические симптомы и патогистологические изменения за счет ингибирования экспрессии воспалительных цитокинов. Однако точный механизм противовоспалительного действия IL-37 и IL-38 при ВЗК до сих пор не ясен [29, 30].

Заключение

Представленные данные литературы подтверждают важную роль иммунной системы при воспалительных заболеваниях кишечника. Исследования показывают повышенную активацию Т-лимфоцитов и моноцитов/макрофагов, которые являются источником цитокинов, влияющих на дальнейшее течение воспалительной/иммунной реакции. Механизмы действия интерлейкинов при воспалительных заболеваниях кишечника требуют дальнейшего изучения, что позволит найти более эффективный метод таргетной биологической терапии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ordás I., Eckman L., Talamini M., et al. Ulcerative colitis. *Lancet*. 2012;380:1606–1619.
2. De Souza H. Etiopathogenesis of inflammatory bowel disease: today and tomorrow. *Curr Opin Gastroenterol*. 2017;33(4):222–229.
3. Cho J.H. The genetics and immunopathogenesis of inflammatory bowel disease. *Nat Rev Immunol*. 2008;8:458–466.
4. Sanmarco L.M., Chao C.C., Wang Y.C. et al. Identification of environmental factors that promote intestinal inflammation. *Nature*. 2022 Nov;611(7937):801–809. doi: 10.1038/s41586-022-05308-6.
5. Schirmer M., Garner A., Vlamakis H. et al. Microbial genes and pathways in inflammatory bowel disease. *Nat Rev Microbiol*. 2019 Aug;17(8):497–511. doi: 10.1038/s41579-019-0213-6.
6. Huff K.R., Akhtar L.N., Fox A.L. et al. Extracellular matrix-associated cytokines regulate CD4+ effector T-cell responses in the human intestinal mucosa. *Mucosal Immunol*. 2011 Jul;4(4):420–7. doi: 10.1038/mi.2010.86.
7. Neurath M.F. Targeting immune cell circuits and trafficking in inflammatory bowel disease. *Nat Immunol*. 2019 Aug; 20(8): 970–979. doi: 10.1038/s41590-019-0415-0.
8. Rosen M.J., Karns R., Vallance J.E. et al. Mucosal Expression of type 2 and type 17 immune response genes distinguishes ulcerative colitis from colon-only crohn's disease in treatment-naïve pediatric patients. *Gastroenterology*. 2017 May;152(6):1345–1357.

9. Gomez-Bris R., Saez A., Herrero-Fernandez B. et al. CD4 T-Cell Subsets and the Pathophysiology of Inflammatory Bowel Disease. *Int J Mol Sci.* 2023 Jan 31;24(3):2696. doi: 10.3390/ijms24032696.
10. Song, Y., Yuan M., Xu Y. et al. Tackling Inflammatory Bowel Diseases: Targeting Proinflammatory Cytokines and Lymphocyte Homing. *Pharmaceuticals* 2022, 15, 1080. doi: 10.3390/ph15091080.
11. Singh U.P., Singh N.P., Murphy E.A. et al. Chemokine and cytokine levels in inflammatory bowel disease patients. *Cytokine.* 2016. 77:44–9. doi: 10.1016/j.cyt.2015.10.008.
12. Mi J., Liu Z., Pei S. et al. Mendelian randomization study for the roles of IL-18 and IL-1 receptor antagonist in the development of inflammatory bowel disease. *Int Immunopharmacol.* 2022 Sep;110:109020. doi: 10.1016/j.intimp.2022.109020.
13. Hunter C.A., Jones S.A. IL-6 as a keystone cytokine in health and disease. *Nat Immunol* 2015;16:448–57.
14. Powell N., Lo J.W., Biancheri P. et al. Interleukin 6 increases production of cytokines by colonic innate lymphoid cells in mice and patients with chronic intestinal inflammation. *Gastroenterology* 2015;149:456–67.
15. Greving C.N., Towne J.E. A Role for IL-12 in IBD after All. *Immunity.* 2019 Aug 20;51(2):209–211.
16. Bloch Y., Bouchareychas L., Merceron R. et al. Structural activation of pro-inflammatory human cytokine IL-23 by cognate IL-23 receptor enables recruitment of the shared receptor IL-12Rbeta1. *Immunity* 48. 2018; 45–48.
17. Jiang P., Zheng C., Xiang Y. et al. The involvement of TH17 cells in the pathogenesis of IBD. *Cytokine Growth Factor Rev.* 2023 Feb;69:28–42.
18. Shi T., Xie Y., Fu Y. et al. The signaling axis of microRNA-31/interleukin-25 regulates Th1/Th17-mediated inflammation response in colitis. *Mucosal Immunol.* 2017;10:983–995.
19. Souza R.F., Caetano M.A., Magalhães H. et al. Study of tumor necrosis factor receptor in the inflammatory bowel disease. *World J Gastroenterol* 2023; 29(18): 2733–2746. doi: 10.3748/wjg.v29.i18.2733
20. Raddatz D., Bockemühl M., Ramadori G. Quantitative measurement of cytokine mRNA in inflammatory bowel disease: relation to clinical and endoscopic activity and outcome. *Eur. J. Gastroenterol. Hepatol.*, 2005; 17: 547–557.
21. Chu M-W. Tumor necrosis factor. *Cancer Lett.* 2013. 328(2), 222–225. doi: 10.1016/j.canlet.2012.10.014.
22. Xiao Y.T., Yan W.H., Cao Y. et al. Neutralization of IL-6 and TNF- α ameliorates intestinal permeability in DSS-induced colitis. *Cytokine* 2016;83:189–92.
23. Nalleweg N., Chiriac M.T., Podstawa E. et al. IL-9 and its receptor are predominantly involved in the pathogenesis of UC. *Gut.* 2015;64 (5):743–755.
24. Defendenti C., Sarzi-Puttini P., Saibeni S. et al. Significance of serum IL-9 in inflammatory bowel disease. *Int J Immunopathol Pharmacol* 2015;28:569–75.
25. Matusiewicz K., Iwańczak B., Matusiewicz M. Th9 lymphocytes and functions of interleukin 9 with the focus on IBD pathology. *Adv Med Sci.* 2018 Sep;63(2):278–284. doi: 10.1016/j.advms.2018.03.002.
26. Fuss I.J., Heller F., Boirivant M. et al. Nonclassical CD1d-restricted NK T cells that produce IL-13 characterize an atypical Th2 response in ulcerative colitis. *J. Clin. Invest.*, 2004; 113: 1490–1497.
27. Vebr M., Pomahačová R., Sýkora J. et al. A Narrative Review of Cytokine Networks: Pathophysiological and Therapeutic Implications for Inflammatory Bowel Disease Pathogenesis. *Biomedicines.* 2023; 11(12):3229.
28. Fillatreau S., Sweeney C.H., McGeachy M.J. et al. B cells regulate autoimmunity by provision of IL-10. *Nat Immunol.* 2002;3(10):944–950.
29. Jia Y., Anwaar S., Li L. et al. A new target for the treatment of inflammatory bowel disease: Interleukin-37. *Int Immunopharmacol.* 2020 Jun;83:106391.
30. Andoh A., Nishida A. Pro- and anti-inflammatory roles of interleukin (IL)-33, IL-36, and IL-38 in inflammatory bowel disease. *J Gastroenterol.* 2023 Feb;58(2):69–78.

© Алрхаиа Ислам (mariademyashkina@yandex.ru); Красноглазова Ксения Александровна; Радаева Ольга Александровна; Искандярова Мария Сергеевна; Гурбанов Александр Владимирович; Негоднова Елена Валерьевна; Еремеев Виталий Викторович
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПАТОГЕНЕЗ И СТРАТЕГИИ ЛЕЧЕНИЯ ЭНДОМЕТРИОЗА

PATHOGENESIS AND TREATMENT STRATEGIES FOR ENDOMETRIOSIS

S. Ahmedova
N. Omarov
T. Hashaeva
M. Dudueva

Summary. This paper is devoted to the study of the pathogenesis of endometriosis and the development of treatment strategies for this disease. The article presents an analysis of the main theories of endometriosis development. The pathogenesis of endometriosis is based on the increased reproductive activity of the endometrium and its ability to invade outside the uterus. Treatment strategies, including conservative and surgical methods, are reviewed. Also, the authors discuss perspectives in the treatment of endometriosis. The article emphasizes the need for research to determine optimal treatment strategies for endometriosis and to improve patients' quality of life.

Keywords: endometriosis, treatment, pathogenesis, reproductive health, hormonal imbalance.

Ахмедова Саида Рафиковна

Кандидат медицинских наук, доцент, «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ
saida.ahmedova2017@yandex.ru

Омаров Наби Султан-Муратович

Доктор медицинских наук, профессор, «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ
sitoru@gmail.com

Хашаева Тамара Хаджимуратовна

Доктор медицинских наук, профессор, заслуженный врач РФ, лауреат государственной премии РД, «Дагестанский государственный медицинский университет» МЗ РФ
tamara40@mail.ru

Дудуева Мата Вахаевна

ФГБОУ «Северо-Кавказская государственная академия»
mata.dydyeva@mail.ru

Аннотация. Работа посвящена изучению патогенеза эндометриоза и разработке стратегий лечения данного заболевания. В статье представлен анализ основных теорий развития эндометриоза. В основе патогенеза эндометриоза лежит усиление репродуктивной активности эндометрия и его способность к инвазии вне матки. Рассматриваются стратегии лечения, включая консервативные и хирургические методы. Также, авторами обсуждаются перспективы в лечении эндометриоза. Статья подчеркивает необходимость исследований для определения оптимальных стратегий лечения эндометриоза и улучшения качества жизни пациенток.

Ключевые слова: эндометриоз, лечение, патогенез, репродуктивное здоровье, гормональный дисбаланс.

Эндометриоз — распространенное хроническое воспалительное гинекологическое заболевание, характеризующееся наличием эндометриоподобной ткани вне матки, которым страдают свыше 10 % пациенток в репродуктивном возрасте — 190 миллионов женщин во всем мире. Он может вызывать диспареунию, дисменорею и бесплодие [11; 12]. Патогенез эндометриоза до конца не изучен, однако предложено несколько теорий для определения возможных причин его возникновения. Рассмотрим некоторые из них и их роль в патогенезе заболевания.

Одна из первых теорий эндометриоза, предложенная Сэмпсоном в 1921 году [17], предполагает, что фрагменты ткани эндометрия, выделяющиеся во время менструации, могут имплантироваться в брюшную полость через маточные трубы. Эта гипотеза была подтверждена экспериментами по введению в полость матки материала, который выходил через лимфатические синусы, маточные и яичниковые вены. Наличие желез эндометрия в фаллопиевых трубах и крови у менструирующих жен-

щин, перенесших операцию, еще раз подтвердило эту теорию. Starzinski-Powitz и коллеги предположили [20], что недифференцированные клетки эндометрия, попадающие в таз или брюшную полость во время менструации, могут самообновляться и приводить к эндометриозу. Обструкция оттока и рубцы после кесарева сечения связаны с более высокой заболеваемостью эндометриозом, поскольку клетки эндометрия могут быть имплантированы в прилегающие ткани во время операции. Исследования на приматах показали, что индуцированный стеноз шейки матки, вызывающий усиление ретроградных менструаций, может способствовать эндометриозу [9]. Неонатальная ретроградная менструация, возникающая у новорожденных девочек из-за гормональных влияний матери, связана со случаями эндометриоза у девочек в пременоархическом возрасте [3].

Эндометриоз можно обнаружить в различных локализациях тела, таких как диафрагма, плевра, легкие и перикард. Эти данные привели к появлению концепции целомической метаплазии в развитии эндометриоза.

Marsh и Laufer [15] описали пять случаев эндометриоза у девочек в возрасте 8,5–13 лет без каких-либо сопутствующих отклонений. Это говорит о том, что в некоторых случаях эндометриоз может иметь иную причину, чем ретроградная менструация. Теория целомической метаплазии объясняет, что целомические стенки связаны с мюллеровыми протоками в процессе эмбрионального развития, что позволяет эндометриозу развиваться в различных локализациях. Также показано, что химические вещества, нарушающие работу эндокринной системы, могут способствовать трансформации или активации целоматических клеток. Увеличение случаев эндометриоза у женщин, подвергшихся воздействию диэтилstilбестрола внутриутробно, подтверждает идею о том, что гормональная стимуляция может способствовать метапластическим изменениям в целомических клетках, что приводит к эндометриозу [18; 19].

Стволовые клетки также играют определенную роль в патогенезе. Они обладают способностью обновляться и производить различные типы клеток. В контексте эндометриоза исследования показали наличие в эндометрии различных типов стволовых клеток, которые способствуют реструктуризации, регенерации и гомеостазу тканей. Стволовые клетки могут мигрировать посредством различных механизмов, включая ретроградную менструацию, аномальную миграцию клеток во время органогенеза и пассивное попадание в кровообращение во время менструации. Достигнув эктопических участков, стволовые клетки могут прикрепляться и образовывать поражения эндометрия. Эта теория дает представление о развитии подтипов эндометриоза и их возникновении за пределами брюшной полости [13; 24]. Некоторые исследования позволяют предположить, что эндометриоз развивается из стволовых клеток в костном мозге. В одном из случаев у пациентки, получившей трансплантат костного мозга, впоследствии развился эндометриоз из донорских тканей [21].

Патогенез может быть связан с эпителиально-мезенхимальным переходом (ЭМП) и резистентностью к прогестерону. В одном из исследований было обнаружено, что ЭМП способен снизить уровень прогестероновых рецепторов в очагах поражения, делая их менее чувствительными к прогестероновой терапии. Устойчивость к прогестерону может быть обусловлена низким уровнем экспрессии генов *SNAI1* и *SNAI2* в клеточных линиях эндометриоза. Эти результаты указывают на роль ЭМП и резистентности к прогестерону в патогенезе эндометриоза [14].

Исследована роль железа в патогенезе эндометриоза. Избыток железа наблюдается везде, где обнаруживаются эндометриотические ткани, и ассоциируется с окислительным стрессом, воспалительным микроокружением и повреждением клеток; железо-опосредо-

ванный окислительный стресс имеет независимую связь с субфертильностью, выраженностью симптоматики и злокачественной трансформацией [25].

Гипотеза бактериального заражения объясняет связь между эндометриозом и хроническим воспалением. Бактериальный эндотоксин, особенно липополисахарид (ЛПС), или загрязняющие субстанции, такие как *E. coli*, создают провоспалительную среду в малом тазу. Женщины с эндометриозом имеют более высокие уровни эндотоксина в менструальной крови и перитонеальной жидкости. *E. coli* может перемещаться из влагалища в матку через менструальную кровь или из кишечника в полость таза. Воспаление, вызванное *E. coli* посредством TLR4, стимулирует рост эндометриотических поражений. Простагландин E2 в менструальной жидкости способствует росту кишечной палочки. Женщины с эндометриозом имеют повышенный риск субклинической бактериальной инфекции. Однако, роль конкретных бактерий в патогенезе эндометриоза остается неопределенной. Нарушение микробиома в кишечнике или репродуктивном тракте женщин с эндометриозом явно не связано с ростом очагов поражения [8].

Гормональная терапия является наиболее распространенным методом лечения эндометриоза. Цель терапии — блокировать менструации, вызывая состояние ятрогенной менопаузы или псевдобеременности. Современная гормональная терапия не излечивает заболевание окончательно, но способна контролировать болевые симптомы [22]. Гормоны давно используются для лечения эндометриоза, но широкое распространение они приобрели с появлением нестероидных эстрогенов, в связи с чем стали применяться различные гормоны и гормональные комбинации. Эти комбинации вызывают состояние псевдобеременности с децидуализацией эндометрия и эндометриотических очагов. Применение этих препаратов позволяет облегчить боль и в определенной степени улучшить фертильность. Несмотря на широкое применение, рандомизированных контролируемых исследований для подтверждения их эффективности недостаточно [2]. Также, существует неопределенность относительно механизма действия лекарственной терапии и стратегий лечения эндометриоза. Подавляя овуляцию, медикаментозное лечение снижает уровень эстрогена и прогестерона, особенно в брюшной полости, где их концентрация обычно выше, чем в кровотоке. Учитывая повышенную концентрацию прогестерона в перитонеальной жидкости, специфическое влияние прогестерона на поверхностный эндометриоз сомнительно [5]. Поэтому также сомнительно, что некоторые прогестины более эффективны, чем другие [1].

В лечении эндометриоза обычно используются такие препараты, как нестероидные противовоспалительные

препараты (НПВП), прогестины (в том числе в составе оральных контрацептивов), даназол и агонисты гонадотропин-рилизинг-гормона (ГнРГ). В настоящее время основной подход к лечению симптоматического эндометриоза включает использование агонистов ГнРГ. Эти агенты эффективно ингибируют высвобождение эстрогена, тем самым останавливая кровотечение из отложенной эндометрия [23]. НПВП обычно назначают для облегчения боли за счет их противовоспалительных свойств, однако масштаб научных исследований и доступных обоснований их эффективности недостаточен [4].

Как и в случае с агонистами ГнРГ, дополнительная гормональная терапия минимизирует вазомоторные побочные эффекты и предотвращает значительную потерю костной массы, что позволяет использовать антагонисты ГнРГ в течение длительного времени. Некоторые антагонисты ГнРГ можно назначать в более низких дозах, поддерживая частичное подавление уровней простагландинов E₂ для лечения менее тяжелых случаев эндометриоза. Этот подход обеспечивает дозозависимое облегчение боли и устраняет необходимость приема нескольких препаратов одновременно. Ожидается, что более высокие дозы антагонистов ГнРГ в сочетании с дополнительной терапией, вероятно, станут стандартным лечением для пациенток с тяжелым эндометриозом.

Стойкая боль при адекватной терапии является показанием к хирургическому вмешательству, особенно при первичной диагностике. Хирургическое вмешательство рекомендовано пациенткам, испытывающим постоянную боль или страдающим бесплодием, несмотря на медикаментозное лечение. Хирургическое вмешательство для облегчения боли включают удаление эндометриоидных кист, абляцию нервов, невротомию и в редких случаях гистерэктомию с двусторонней сальпинго-оофорэктомией. Метаанализ [7] не выявил различий в степени снижении болей у пациенток, прошедших медикаментозное лечение, по сравнению с хирургическим. Однако полное удаление крупных эндометриом яичников и ректовагинальных узелков способно значительно облегчить симптомы и повысить фертильность [2]. Одной из основных стратегий лечения является сочетание хирургического вмешательства и медикаментозной терапии для снижения частоты рецидивов эндометриоза. В случае рецидива ситуация иная — в этом

случае показания к повторной операции должны быть тщательно рассмотрены. Поэтому рекомендуется также ознакомиться с отчетом о хирургическом вмешательстве и оценить качество операции; полезно, в частности, рассмотреть, были ли очаги эндометриоза стадированы и описаны соответствующим образом и все ли очаги были удалены, например, путем сравнения с результатами гистологического исследования (сравнение количества и размера образцов ткани с результатами хирургической процедуры) [16].

Если боль или интенсивный дискомфорт сохраняются, параллельно с гормональной терапией следует рассмотреть принципы обезболивания. Обезболивающие средства не могут напрямую воздействовать на очаги эндометриоза, но они подавляют высвобождение болевых мессенджеров и, следовательно, оказывают противовоспалительное действие, действуя при острой ноцицептивной боли. Согласно рекомендациям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), нестероидные анальгетики являются частью первой линии обезболивающей терапии. Предпочтительно принимать их на ранних стадиях в малых дозах, но регулярно по установленному графику в течение нескольких дней, когда боль не проходит. Ожидание, пока боль станет невыносимой, нецелесообразно и приводит к необходимости принимать очень высокие дозы, прежде чем удастся добиться снижения боли [6].

Актуальность проблемы лечения эндометриоза состоит в том, что существующие методы направлены на снижение боли и восстановление репродуктивной функции, но они не всегда достаточно эффективны. От 11 до 19 % женщин не ощущают облегчения боли, а от 5 до 15 % прекращают лечение из-за побочных эффектов. Тем же, кто проходит хирургическое лечение, не всегда удается достичь положительных результатов: у 20 % женщин нет улучшений, а рецидивы возникают у 30–50 % пациенток [10]. Поэтому важно проводить исследования и разрабатывать новые методы лечения, которые смогут снизить боль и бесплодие с минимальным количеством побочных эффектов. Современный подход к лечению эндометриоза должен уделять первостепенное внимание благополучию пациентки, учитывая такие факторы, как уровень стресса, качество жизни и сопутствующие системные заболевания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Amro B. et al. New understanding of diagnosis, treatment and prevention of endometriosis //International Journal of Environmental Research and Public Health. — 2022. — Т. 19. — №. 11. — С. 6725.
2. Arafah M., Rashid S., Akhtar M. Endometriosis: a comprehensive review //Advances in Anatomic Pathology. — 2021. — Т. 28. — №. 1. — С. 30–43.
3. Brosens I., Benagiano G. The endometrium from the neonate to the adolescent //The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine. — 2016. — Т. 29. — №. 8. — С. 1195–1199.
4. Brown J. et al. Nonsteroidal anti-inflammatory drugs for pain in women with endometriosis // Cochrane Database of Systematic Reviews. — 2017. — №. 1.
5. Bulun S.E., Yilmaz B.D. Sison Ch., Miyazaki K., Bernardi L., Liu Sh. et al. Endometriosis //Endocr. Rev. — 2019. — Т. 40. — №. 4. — С. 1048–79.

6. Carlyle D. et al. Endometriosis pain management: A review // *Current Pain and Headache Reports*. — 2020. — Т. 24. — С. 1–9.
7. Chaichian S. et al. Comparing the efficacy of surgery and medical therapy for pain management in endometriosis: a systematic review and meta-analysis // *Pain Physician*. — 2017. — Т. 20. — №. 3. — С. 185.
8. Cousins F.L. et al. New concepts on the etiology of endometriosis // *Journal of Obstetrics and Gynaecology Research*. — 2023. — Т. 49. — №. 4. — С. 1090–1105.
9. D’Hooghe T.M. et al. Development of a model of retrograde menstruation in baboons (*Papio anubis*) // *Fertil Steril*. — 1994. — Т. 62. — №. 3. — С. 635–638.
10. Dunselman G.A.J. et al. ESHRE guideline: management of women with endometriosis // *Human reproduction*. — 2014. — Т. 29. — №. 3. — С. 400–412.
11. Horne A.W., Missmer S.A. Pathophysiology, diagnosis, and management of endometriosis // *bmj*. — 2022. — Т. 379.
12. Koninckx P.R. et al. Pathogenesis based diagnosis and treatment of endometriosis // *Frontiers in endocrinology*. — 2021. — Т. 12. — С. 745548.
13. Lamceva J., Uljanovs R., Strumfa I. The main theories on the pathogenesis of endometriosis // *International journal of molecular sciences*. — 2023. — Т. 24. — №. 5. — С. 4254.
14. Ma L. et al. Epithelial-to-mesenchymal transition contributes to the downregulation of progesterone receptor expression in endometriosis lesions // *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology*. — 2021. — Т. 212. — С. 105943.
15. Marsh E.E., Laufer M.R. Endometriosis in premenarcheal girls who do not have an associated obstructive anomaly // *Fertility and sterility*. — 2005. — Т. 83. — №. 3. — С. 758–760.
16. Mechsner S. Management of endometriosis pain: Stage-based treatment strategies and clinical experience // *Der Schmerz*. — 2021. — Т. 35. — С. 159–171.
17. Sampson J.A. Perforating hemorrhagic (chocolate) cysts of the ovary: their importance and especially their relation to pelvic adenomas of endometrial type (adenomyoma of the uterus, rectovaginal septum, sigmoid, etc.) // *Archives of Surgery*. — 1921. — Т. 3. — №. 2. — С. 245–323.
18. Shafrir A.L. et al. Risk for and consequences of endometriosis: a critical epidemiologic review // *Best practice & research Clinical obstetrics & gynaecology*. — 2018. — Т. 51. — С. 1–15.
19. Shigesu N. et al. The association between endometriosis and autoimmune diseases: a systematic review and meta-analysis // *Human reproduction update*. — 2019. — Т. 25. — №. 4. — С. 486–503.
20. Starzinski-Powitz A. et al. Endometriosis—a stem cell disease? // *Zentralblatt fur Gynakologie*. — 2003. — Т. 125. — №. 7-8. — С. 235–238.
21. Taylor H.S. Endometrial cells derived from donor stem cells in bone marrow transplant recipients // *Jama*. — 2004. — Т. 292. — №. 1. — С. 81–85.
22. Vannuccini S. et al. Hormonal treatments for endometriosis: The endocrine background // *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*. — 2022. — Т. 23. — №. 3. — С. 333–355.
23. Veth V.B. et al. Gonadotropin-releasing hormone analogues for endometriosis // *Cochrane Database of Systematic Reviews*. — 2023. — №. 6.
24. Wang Y., Nicholes K., Shih I. M. The origin and pathogenesis of endometriosis // *Annual Review of Pathology: Mechanisms of Disease*. — 2020. — Т. 15. — С. 71–95.
25. Wyatt J. et al. The role of iron in the pathogenesis of endometriosis: a systematic review // *Human Reproduction Open*. — 2023. — Т. 2023. — №. 3. — С. hoad033.

© Ахмедова Саида Рафиковна (saida.ahmedova2017@yandex.ru); Омаров Наби Султан-Мурадович (sitoru@gmail.com);
Хашаева Тамара Хаджимурадовна (tamara40@mail.ru); Дудуева Мата Вахаевна (mata.dydyeva@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭПИГЕНЕТИЧЕСКАЯ РЕГУЛЯЦИЯ И МУТАЦИИ DNMT3A: ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ И ПРОГНОЗ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ

EPIGENETIC REGULATION AND DNMT3A MUTATIONS: IMPACT ON THE DEVELOPMENT AND PROGNOSIS OF HEMATOLOGICAL MALIGNANTS

**O. Ashirov
V. Storojeva
N. Garkusha
A. Gorokhova
P. Ivakhnenko
V. Kaliberdenko**

Summary. Hematologic malignancies, which have become increasingly common and present a variety of clinical and molecular features, pose challenges in treatment and prognosis. Epigenetic regulation, including mutations associated with DNA methylation, plays a key role in these processes. Hypomethylating agents and histone deacetylase inhibitors are effective in the treatment of some forms of leukemia and lymphoma. The review examines the factors responsible for DNA methylation.

Keywords: epigenetics, hematopoiesis, methylation, hemoblastosis, leukemia.

Аширов Осман Вильдан-оглу

Крымский Федеральный Университет
им. В.И. Вернадского (г. Симферополь)
osman.ashirov@mail.ru

Сторожева Валерия Максимовна

Крымский Федеральный Университет
им. В.И. Вернадского (г. Симферополь)
valeria.storojeva@gmail.com

Гаркуша Никита Олегович

Крымский Федеральный Университет
им. В. И. Вернадского (г. Симферополь)
nikit2000@mail.ru

Горохова Александра Владимировна

Крымский Федеральный Университет
им. В. И. Вернадского (г. Симферополь)
olt.616@yandex.ru

Ивахненко Полина Игоревна

Крымский Федеральный Университет
им. В. И. Вернадского (г. Симферополь)
polina.ivakhnenko.00@mail.ru

Калиберденко Виталий Борисович

Кандидат медицинских наук, доцент,
Крымский Федеральный Университет
им. В.И. Вернадского (г. Симферополь)
kaliberdenkovb@mail.ru

Аннотация. Злокачественные гематологические новообразования, ставшие все более распространенными и представляющие разнообразие клинических и молекулярных особенностей, создают проблемы в лечении и прогнозировании. Эпигенетическая регуляция, включая мутации связанные с метилированием ДНК, играет ключевую роль в этих процессах. Гипометилирующие агенты и ингибиторы гистондеацетилазы эффективны в лечении некоторых форм лейкемии и лимфомы. В обзоре рассмотрены факторы, отвечающие за метилирование ДНК.

Ключевые слова: эпигенетика, гемопоэз, метилирование, гемобластозы, лейкоз.

Введение

Гематологические злокачественные новообразования являются распространенными видами рака, которые могут воздействовать на различные системы и органы организма. Они включают лейкозы, лимфому и множественную миелому (ММ), и все они характеризуются значительной молекулярной гетерогенностью, что создает сложности в индивидуальном лечении. Особенно ММ и другие гематологические злокачественные новообразования часто не поддаются полному излечению

и имеют тенденцию к рецидивам или развитию лекарственной резистентности, что требует применения инновационных стратегий лечения для улучшения эффективности терапии и прогноза пациентов [1]. Исследования, проведенные недавно, выявили, что гематологические злокачественные новообразования демонстрируют повторяющиеся мутации, связанные с процессом метилирования ДНК, а также аномальные профили метилирования и необычную экспрессию гистондеацетилазы. Это особенно заметно при лейкемии и лимфоме. Кроме того, было обнаружено, что гипометилирующие агенты и ин-

гибиторы гистондеацетилазы эффективны в лечении острого миелолейкоза и Т-клеточных лимфом, что подтверждает важность эпигенетической регуляции в развитии гематологических опухолей [2].

Эпигенетика изначально относилась к наследственным особенностям клеточного фенотипа, которые не зависели от изменений в последовательности ДНК. Однако с проведением многочисленных исследований и прогрессом в нашем понимании эпигенетики, она теперь определяет реакции, основанные на состоянии хроматина, которые регулируют процессы, заложенные в ДНК. Хроматин состоит из ДНК и гистонов, образующих макромолекулярный комплекс, который служит основой для упаковки генома. Гистоны делятся преимущественно на пять категорий: H2A, H2B, H3 и H4, которые являются высококонсервативными, и ядро нуклеосомы, состоящее из октамера, включающего по две молекулы каждого из них, обернутых вокруг 146 пар оснований ДНК. Гистон H1 имеет вариативность среди различных видов и связывается с линейной межнуклеосомной ДНК, образуя структуру более высокого уровня. Эпигенетическая регуляция, в зависимости от состава хроматина, включает изменения модификаций ДНК, модификаций гистонов, ремоделирование хроматина и некодирующих РНК (нкРНК) [3, 4]. Эпигенетическая регуляция играет важную роль в различных процессах, связанных с ДНК, включая репликацию, репарацию и транскрипцию ДНК. С использованием эпигенетических методов исследования была изучена роль эпигенетической регуляции в процессе кроветворения и описан эпигеном при гематологических злокачественных новообразованиях. Цель данного обзора заключается в рассмотрении влияния модификаций ДНК, модификаций гистонов и нкРНК на гемопоэз и их значимость в целевой терапии гематологических злокачественных новообразований [4].

Изменение метилирования ДНК часто встречается при гематологических злокачественных новообразованиях. Первоначальное обнаружение метилирования ДНК произошло у пневмококков, когда было обнаружено, что ДНК является наследственным материалом у млекопитающих. Метилирование ДНК 1 и 2 происходит путем добавления метильной группы к позиции углерода-5 цитозина, образуя 5-метилцитозин (5mC). 3 Обычно метилирование ДНК происходит на сайтах цитозин-гуанин-динуклеотидов (CpG) под воздействием ферментов ДНК-метилтрансферазы (DNMT) [1–4].

Метилирование ДНК в нормальном геноме

В геноме человека сайты CpG широко распространены и обычно сильно метилированы, за исключением CpG-островков в нормальных соматических клетках. 4–7 Приблизительно 45 % межгенных участков генома млекопитающих состоят из мобильных элементов и ви-

русных элементов, которые подавляются интенсивным метилированием. Однако, CpG-островки, которые представляют собой GC-богатые последовательности длиной от 500 до 2000 п.н., обычно не метилированы в нормальных клетках. Кроме того, около 70 % промоторов генов содержат CpG-островки. Хотя большинство CpG-островков не метилированы, многие онкогены имеют метилированные промоторные CpG-островки в нормальных клетках, что приводит к подавлению их функции. Кроме того, дистальные регуляторные регионы, такие как энхансеры, не содержат CpG-островков и обычно имеют низкий уровень метилирования [2].

Метилирование ДНК в раковых клетках в целом

Однако многие заболевания, включая воспалительные заболевания, предраковые состояния и рак, сопровождаются нарушением нормальных эпигенетических процессов. В таких случаях обычно наблюдается общее снижение или увеличение метилирования всего генома, а также региональное гиперметилирование ДНК или гипометилирование CpG-островков. Нарушение метилирования ДНК мобильных элементов и повторяющихся элементов, сопровождающееся неправильной экспрессией генов, приводит к нарушению регуляции биологических путей. Гиперметилирование ранее неметилированных промоторных CpG-островков связано с подавлением работы генов-супрессоров опухолей и функциональных генов. Однако гипометилирование ранее метилированных промоторных CpG-островков связано с активацией онкогенов, а CpG-бедные области на границах или энхансерах CpG-островков имеют тенденцию быть метилированными в раковых клетках [1, 2, 4, 5].

Изменение метилирования ДНК при гематологических злокачественных новообразованиях

Глубокое изучение вопроса позволило установить, что паттерны метилирования ДНК в регулирующих зонах имеют ключевое значение для роста и функционирования стволовых клеток лейкоза (ЛСК). При онкогематологических изменениях в метилировании ДНК обычно проявляются в двух направлениях: вариации в метилировании генов, кодирующих метилтрансферазы, и мутации этих генов или генов, кодирующих деметилазы. В контексте первого направления, исследования выявили, что промотор гена DNMT1 не подвергается метилированию у большинства пациентов с острым промиелоцитарным лейкозом (APL). Тирдас и его коллеги отметили, что у пациентов с острым лимфобластным лейкозом В и Т (ОЛЛ) промоторы в гене DNMT1 не метилировались, в то время как в контрольной группе промотор был частично метилирован [5, 6]. Было также обнаружено, что у 55,3 % пациентов с острым миелоидным лейкозом (ОМЛ) при-

существовало аномальное гипометилирование гена DNMT3A, что коррелировало с негативным прогнозом у пациентов с цитогенетически нормальным ОМЛ. В отношении второго аспекта, в случае лейкемии были выявлены повторяющиеся мутации DNMT3A и мутации TET2. В частности, у пациентов с мутациями DNMT3A и IDH1/2 обнаруживались отличия в профиле гидроксид-/метилирования ДНК по сравнению с образцами от здоровых людей. У 25 больных острым миелоидным лейкозом с мутациями DNMT3A были зафиксированы более низкие степени метилирования ДНК и меньшее число одновременно гиперметилированных генов. Утрата DNMT3A приводила к гипометилированию энхансера при FLT3-ITD-связанных лейкозах, что было критически важно для подавления лейкоэмического превращения. В ходе исследований были обнаружены соматические мутации при секвенировании экзона при AML-M5, и было установлено, что мутации DNMT3A приводят к снижению ферментативной активности и аномальной аффинности к гистону H3. У пациентов с хроническим миеломоноцитарным лейкозом (ХММЛ) с мутациями TET2 AIM2 и SP140, промоторы не-CpG-островков были гиперметилированы. Выявлено, что TET2 транскрипционно подавляется у 71 % и 17 % пациентов с T-ALL, соответственно. Помимо часто встречающихся изменений метилирования ДНК, были обнаружены и другие изменения в медиаторах метилирования. Например, высокий уровень экспрессии метилтрансферазы DNMT3B коррелировал с негативным прогнозом у пациентов с ОМЛ. Миелодиспластический синдром (МДС) и мезенхимальные стволовые клетки (МСК) ОМЛ проявляли глобальное гипометилирование и низкую экспрессию метилтрансферазы DNMT1 и метилсвязывающего белка UHRF1. Были замечены изменения в метилировании метилсвязывающих белков, MBD2 и MeCP2, при В-хроническом лимфоцитарном лейкозе (ХЛЛ). Регулярные изменения в профиле метилирования ДНК при ОМЛ и ОЛЛ могут служить индикаторами прогноза и эффективности лечения пациентов [5, 6, 7, 8, 9].

Ферменты метилирования ДНК

В процессе метилирования ДНК задействованы разнообразные ферменты, которые можно классифицировать на три типа в соответствии с их ролью. «Писатели» — это белки, которые катализируют и индуцируют определенную модификацию, «ластики» — это белки, которые удаляют уже существующие модификации. Наконец, «считыватели» — это белки, которые определяют текущую модификацию и привлекают другие макромолекулярные комплексы к матричной цепи [2].

Ферменты семейства DNMT, включая DNMT1, DNMT3A и DNMT3B, способны напрямую катализировать процесс метилирования ДНК. Длительное время было известно, что DNMT3A и DNMT3B, которые часто называют *de novo* DNMT, способны формировать новые модели ме-

тилирования на немодифицированной ДНК. Структурно и функционально DNMT3A и DNMT3B очень похожи. В то же время DNMT1 в основном метилирует гемиметилированную ДНК и может восстанавливать метилирование ДНК. Дополнительно, DNMT1 способен поддерживать уже существующую модель метилирования ДНК, копируя её в процессе репликации ДНК. Все три DNMT являются критически важными для эмбрионального и неонатального развития. DNMT3A играет ключевую роль в процессе дифференцировки гемопоэтических стволовых клеток. DNMT2 и DNMT3L не обладают каталитическими функциями. DNMT2 функционирует как РНК-метилтрансфераза, в то время как DNMT3L связывается с DNMT3A и DNMT3B, усиливая их метилтрансферазную активность [2, 8, 9, 10].

DNMT1 играет ключевую роль в поддержании установленного паттерна метилирования ДНК. Усиленная экспрессия DNMT1 может привести к аномальному региональному гиперметилированию и способствовать развитию лейкемии. Изменения в DNMT1 часто встречаются при различных формах лейкоза и лимфом. Исследования указывают на то, что у пациентов с ОМЛ, МДС и хроническим миелогенным лейкозом наблюдается сверхэкспрессия DNMT1 [2, 10]. Метилирование CpG-островков в промоторных областях является общим для лимфом. Высокий уровень экспрессии DNMT1 был обнаружен при лимфоме Беркитта, диффузной крупноклеточной В-клеточной лимфоме, первичной желудочно-кишечной диффузной крупноклеточной В-клеточной лимфоме и других видах лимфом. Сверхэкспрессия DNMT1 была определена как независимый фактор риска при PGI-DLBCL. В дополнение к этому, сверхэкспрессия DNMT1 была связана с поздними стадиями заболевания и устойчивостью к терапии DLBCL. DNMT1 может служить маркером для прогнозирования выживаемости и уровня экспрессии Ki-67 у пациентов с DLBCL, проходящих лечение по схеме R-CHOP. Кроме того, уровень экспрессии DNMT1 в клетках миеломы U266 оказался выше, чем в нормальных контрольных клетках [2, 11, 12].

Роль DNMT1 в развитии гематологических малигнизаций представлена неоднозначно. В случае лейкоза, условное отключение DNMT1 сдерживает развитие заболевания, в то время как гаплоинсуффициция DNMT1 замедляет прогрессию лейкоза и нарушает способность к самообновлению у стволовых клеток крови, не влияя при этом на нормальное кроветворение. Свежие исследования указывают, что при остром лимфобластном лейкозе уровень эксосомальных транскриптов мРНК DNMT1 у пациентов повышен, что может перенастроить прогрессию лейкоза. В контексте хронического миелогенного лейкоза, DNMT1 активизируется при помощи BCR-ABLp210 и способствует «пробуждению» опухолевых стволовых клеток, в то время как подавление гена DNMT1 может сдерживать пролиферацию и стимули-

ровать апоптоз клеток K562 ХМЛ. В отношении лимфомы, DNMT1 играет ключевую роль в поддержании MYC-индуцированных Т-клеточных лимфом и лимфомы Беркитта, способствуя аномальному метилированию [9]. Более того, DNMT1 связан с клеточным циклом и наборами генов, отвечающих за репликацию ДНК при DLBCL. В множественной миеломе DNMT1 также способствует метилированию генов SOCS-1 и TJP1 в клетках миеломы, уменьшая их экспрессию и влияя на развитие ММ [11, 12].

Среди разных типов DNMT, DNMT3A наиболее изучен и часто упоминается в контексте гематологических злокачественных образований. Изменения в DNMT3A, связанные с лейкозом, лимфомой и множественной миеломой, представлены ниже.

В случае лейкоза, мутации DNMT3A, особенно R882H, являются одними из наиболее распространенных повторяющихся генетических изменений в ОМЛ. Мутации DNMT3A также обнаруживаются у пациентов с клональным гемопоэзом, миелодиспластическими синдромами, острым лимфобластным лейкозом, хроническим миеломонобластным лейкозом (ХММЛ), острым лейкозом смешанного фенотипа и у детей с ОМЛ. Распространенность мутаций DNMT3A варьируется в зависимости от географического региона и достигает 7,4 % среди взрослых тайских пациентов с ОМЛ, 25 % среди пациентов из США, 19,7 % среди корейских пациентов, 4,0–13,9 % среди китайских пациентов, 6% среди бразильских пациентов, 20,9 % среди немецких пациентов и 17,9 % среди египетских пациентов с ОМЛ. Большинство мутаций DNMT3A ассоциируются с повышенной частотой рецидивов и низкой выживаемостью при ОМЛ, ХММЛ, ОЛЛ. DNMT3A1 и DNMT3A2V считаются основными вариантами при ОМЛ. В отличие от первичного ОМЛ, при терапевтическом и вторичном ОМЛ большинство мутаций происходит в домене метилтрансферазы, отличном от аргинина, на позиции 882 [12, 13, 14].

Кроме того, мутации DNMT3A связаны с различными клиническими характеристиками лейкемии. Исследования показали, что мутация DNMT3A связана не только с цитогенетической группой промежуточного риска при первичном ОМЛ, но и с возрастом; количеством лейкоцитов (WBC), количеством тромбоцитов (PLT) и процентом бластов в периферической крови; иммунофенотипом M4/M5; мутациями FLT3, NPM1, IDH1/2 и CEBPA при ОМЛ. При T-ALL мутация DNMT3A также связана с возрастом, высоким содержанием лейкоцитов, высоким процентом бластных клеток в костном мозге и экстрамедуллярной болезнью. В отношении исходной клетки, мутация DNMT3A R882H чаще встречается в подтипе T-ALL, чем в подтипе B-ALL. Мутации DNMT3A также показали заметную склонность к дифференцировке Т-линии при MPAL. Помимо генетической мутации DNMT3A, сверх-

экспрессия белка DNMT3A также наблюдалась при ОМЛ и острой стадии ХМЛ. Уровни экспрессии у пациентов с ОМЛ были выше, чем у пациентов с ОЛЛ или здоровых доноров, и экспрессия DNMT3A может служить потенциальным прогностическим биомаркером [14, 15, 16].

Кроме того, мутации DNMT3A в сочетании с другими мутациями были связаны с прогнозом у больных лейкемией. Например, мутации FLT3 и/или NPM1 влияли на различия в выживаемости у пациентов с мутацией DNMT3A. Однако ген IDH1/2 мало влиял на выживаемость пациентов с мутацией DNMT3A. Повышение дозы антрациклина в режиме индукции коррелировало с улучшением выживаемости у пациентов с ОМЛ с мутациями DNMT3A. Аллогенная трансплантация гемопоэтических стволовых клеток (алло-ТГСК) может повысить выживаемость пациентов с ОМЛ с мутациями DNMT3A. У пациентов с полным ответом после алло-ТГСК с полным донорским химеризмом не было обнаружено мутации DNMT3A R882H. Мутант DNMT3A всегда мог быть обнаружен во время ремиссии и не предсказывал прогноз у пациентов с ОМЛ. В то время как DNMT3A R882 / FLT3 -ITD имел плохой прогноз у пациентов с ОМЛ после алло-ТГСК. Варианты DNMT3A также были связаны с прогрессированием ХМЛ после терапии ингибиторами тирозинкиназы (ИТК) [16, 17, 18, 19, 20, 21, 22].

Существуют разногласия в отношении связи между конкретными вариантами мутаций DNMT3A и клиническими результатами у больных лейкемией. В одном исследовании утверждалось, что результаты для пациентов с мутациями R882 и тех, у кого этих мутаций нет, были схожими, в то время как у пациентов с усеченными мутациями результаты были сравнимы с результатами у пациентов с нормальным DNMT3A. Однако, другое исследование показало различия в клинических исходах между пациентами с мутацией R882 и теми, у кого мутации не связаны с R882, пациенты с мутацией R882 имели неблагоприятное прогнозирование рецидива, в то время как у пациентов с другими мутациями общие показатели выживаемости были благоприятными. Кроме того, мутации DNMT3A R882 были связаны с неблагоприятным прогнозом у пожилых пациентов, в то время как другие мутации коррелировали с худшим прогнозом у более молодых пациентов. Было также отмечено, что мутации в 23-м экзоне DNMT3A независимо предсказывают неблагоприятный исход у пожилых пациентов с острым миелобластным лейкозом [13, 17, 18, 20, 23, 24].

Мутации DNMT3A, хотя и встречаются реже, обнаружены также и при лимфомах. Мутации DNMT3A были найдены у 11% пациентов с Т-клеточными лимфомами, 26,6–39 % пациентов с периферическими Т-клеточными лимфомами, 26,1–34 % пациентов с ангиоиммунобластными Т-клеточными лимфомами, а также у пациентов с НК/Т-клеточной лимфомой/лейкемией, анапластиче-

ской крупноклеточной лимфомой, связанной с грудными имплантатами, и лимфомой Беркитта. Однако, мутации DNMT3A были редкими при первичном кожном CD4 + мелко/среднем Т-клеточном лимфопролиферативном заболевании, мономорфной эпителиотропной кишечной Т-клеточной лимфоме и Т-клеточной лимфоме, связанной с энтеропатией. Мутации DNMT3A часто встречались у пациентов африканского происхождения по сравнению с пациентами европейского происхождения. Мутации или экспрессия DNMT3A были связаны с прогнозом у пациентов с лимфомой [2, 24].

Данные о влиянии DNMT3A на множественную миелому неоднозначны. В одном исследовании было показано, что мутации DNMT3A присутствуют как у впервые диагностированных пациентов с множественной миеломой, так и у пациентов, которые проходили аутологичную трансплантацию стволовых клеток. Однако, другие исследования показали, что низкий уровень экспрессии DNMT3A связан с ухудшением общей выживаемости у пациентов с множественной миеломой [22, 25].

DNMT3A играет важную роль в развитии гематологических злокачественных образований различными путями. Во-первых, мутация DNMT3A R882 активирует путь mTOR и реактивирует лейкозный транскрипционный фактор MEIS1, что приводит к развитию острого миелобластного лейкоза. Во-вторых, DNMT3A является гаплоинсуффициентным опухолевым супрессором в различных гематологических злокачественных образованиях.

В-третьих, мутации DNMT3A тесно связаны с ответом на лечение [2, 3, 25, 26].

В завершение стоит подчеркнуть, что эпигенетические процессы играют ключевую роль в механизмах формирования крови и развитии гематологических опухолей. Аномалии в паттернах метилирования ДНК, включая общее гипометилирование генома и неправильное гипер- или гипометилирование CpG-островков, часто встречаются при гематологических злокачественных образованиях. Увеличение активности или мутации в генах, кодирующих ферменты метилирования ДНК (DNMT1, DNMT3A и DNMT3B), являются причиной развития острого миелобластного лейкоза. Однако взаимосвязь между эпигенетикой рака и другими взаимодействиями механизмами, такими как иммунная система или метаболизм раковых клеток, требует дополнительного исследования. В будущем, использование передовых геномных технологий может обеспечить более точную диагностику и прогнозирование, что, в свою очередь, может привести к более точным и индивидуализированным подходам к лечению. Кроме того, некодирующие РНК могут стать потенциальными диагностическими и прогностическими биомаркерами в клинической практике. С учетом быстрого развития современных методов и технологий научных исследований, терапия, направленная на некодирующие РНК, может стать реальной перспективой для лечения пациентов с гематологическими опухолями в ближайшем будущем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Clonal haematopoiesis and dysregulation of the immune system / Belizaire R, Wong WJ, Robinette ML, Ebert BL // *Nature Reviews Immunology*. — 2023. Vol. 23, N 9. — P. 595–610.
2. Epigenetic regulation in hematopoiesis and its implications in the targeted therapy of hematologic malignancies / Zhao A, Zhou H, Yang J, Li M, Niu T // *Signal Transduction and Targeted Therapy*. — 2023. — Vol. 8, N 1. — P. 71.
3. Hu D, Shilatifard A. Epigenetics of hematopoiesis and hematological malignancies // *Genes and Development*. — 2016. — Vol. 30, N 18. — P. 2021–2041.
4. Zebardast S, et al. The gene expression profile and DNA methylation pattern of *cdh1* and *DNMT1* genes in acute promyelocytic leukemia (APL) // *Reports of Biochemistry & molecular biology*. — 2020. — Vol.8. — P. 454–457.
5. Šestáková Š, et al. DNA methylation and hydroxymethylation patterns in acute myeloid leukemia patients with mutations in *DNMT3A* and *IDH1/2* and their combinations // *Cancer Biomarkers*. — 2019. — Vol. 25. — P. 43–51.
6. Bensberg M, et al. TET2 as a tumor suppressor and therapeutic target in T-cell acute lymphoblastic leukemia // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. — 2021. — P. 118.
7. Roux B, et al. Aberrant DNA methylation impacts *HOX* genes expression in bone marrow mesenchymal stromal cells of myelodysplastic syndromes and de novo acute myeloid leukemia // *Cancer Gene Therapy*. — 2022. — Vol. 29. — P. 1263–1275.
8. Jiang H, et al. DNA methylation markers in the diagnosis and prognosis of common leukemias. // *Signal Transduction and Targeted Therapy*. — 2020. — Vol. 5. — P. 3.
9. Haque S, Vaiselbuh SR. Exosomal *DNMT1* mRNA transcript is elevated in acute lymphoblastic leukemia which might reprograms leukemia progression // *Cancer Genetics*. — 2022. — P. 260–261.
10. Vicente-Duenas C, et al. *Dnmt1* links BCR-ABLp210 to epigenetic tumor stem cell priming in myeloid leukemia // *Leukemia*. — 2019. — Vol. 33. — P. 249–278.
11. Wu K, et al. Silencing *DNMT1* attenuates the effect of *WIF-1* gene promoter methylation on the biological behavior of chronic myeloid leukemia K562 cells // *Zhongguo Shi Yan Xue Ye Xue Za Zhi*. — 2021. — Vol. 29. — P. 1768–1774.
12. DNMT1 is associated with cell cycle and DNA replication gene sets in diffuse large B-cell lymphoma / Loo SK, Ab Hamid SS, Musa M, Wong KK // *Pathology Research and Practice*. — 2018. Vol. 214. — P. 134–143.

13. Li M, et al. Methylation of the promoter region of the tight junction protein-1 by DNMT1 induces EMT-like features in multiple myeloma // *Molecular Therapy Oncolytics*. — 2020. — Vol. 19. — P. 197–207.
14. Sasaki K, et al. Impact of the variant allele frequency of ASXL1, DNMT3A, JAK2, TET2, TP53, and NPM1 on the outcomes of patients with newly diagnosed acute myeloid leukemia // *Cancer*. — 2020 — Vol. 126. P. 765–774.
15. Park DJ, et al. Characteristics of DNMT3A mutations in acute myeloid leukemia // *Blood Research*. — 2020. Vol. 55. — P. 17–26.
16. El Gammal MM, et al. Clinical effect of combined mutations in DNMT3A, FLT3-ITD, and NPM1 among Egyptian acute myeloid leukemia patients // *Clinical Lymphoma Myeloma Leukemia*. — 2019. — Vol. 19. — P. e281–e290.
17. Elrhman H, El-Meligui YM, Elalawi SM. Prognostic impact of concurrent DNMT3A, FLT3 and NPM1 gene mutations in acute myeloid leukemia patients. *Clinical Lymphoma Myeloma Leukemia*. — 2022. — Vol. 21. — P. e960–e969. doi: 10.1016/j.cml.2021.07.011.
18. Chen S, et al. Bioinformatics analysis identifies key genes and pathways in acute myeloid leukemia associated with DNMT3A mutation // *BioMed Research International*. — 2020. — Vol. 2020. — P. 93–116.
19. DNMT3A (R882) mutation features and prognostic effect in acute myeloid leukemia in Coexistent with NPM1 and FLT3 mutations / Kumar D, Mehta A, Panigrahi MK, Nath S, Saikia KK // *Hematol Oncol Stem Cell Therapy*. — 2018. — Vol.11. — P. 82–89.
20. Association between increased mutation rates in DNMT3A and FLT3-ITD and poor prognosis of patients with acute myeloid leukemia / Zhang Q, Wu X, Cao J, Gao F, Huang K // *Experimental and Therapeutic Medicine*. — 2019. — Vol. 18. — P. 3117–3124.
21. Saygin C, et al. Mutations in DNMT3A, U2AF1, and EZH2 identify intermediate-risk acute myeloid leukemia patients with poor outcome after CR1. *Blood Cancer J*. 2018;8:4. doi: 10.1038/s41408-017-0040-9.
22. Bond J, et al. DNMT3A mutation is associated with increased age and adverse outcome in adult T-cell acute lymphoblastic leukemia // *Haematologica*. — 2019. — Vol. 104. — P. 1617–1625.
23. Badar T, Atallah E. Do histone deacetylase inhibitors and azacitidine combination hold potential as an effective treatment for high/very-high risk myelodysplastic syndromes? // *Expert Opinion and Investigational Drugs*. — 2021. — Vol. 30. — P. 665–673.
24. Expression and prognosis analysis of DNMT family in acute myeloid leukemia / Zhang TJ, Zhang LC, Xu ZJ, Zhou JD // *Aging*. — 2020. — Vol. 12. — P. 14677–14690.
25. Zhang X, et al. Clinical and biological implications of IDH1/2 in acute myeloid leukemia with DNMT3A(mut) // *Cancer Management and Research*. — 2018. — Vol. 10. — P. 2457–2466.
26. Gaidzik VI, et al. DNMT3A mutant transcript levels persist in remission and do not predict outcome in patients with acute myeloid leukemia // *Leukemia*. — 2018. — Vol.32. — P. 30–37.

© Аширов Осман Вильдан-оглу (osman.ashirov@mail.ru); Сторожева Валерия Максимовна (valeria.storojeva@gmail.com);
Гаркуша Никита Олегович (nikit2000@mail.ru); Горохова Александра Владимировна (olt.616@yandex.ru);
Ивахненко Полина Игоревна (polina.ivakhnenko.00@mail.ru); Калиберденко Виталий Борисович (kaliberdenkovb@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ДИАГНОСТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ СТенок ГЛАЗНИЦ

DIAGNOSTICS OF DAMAGE TO THE WALLS OF THE ORBITS

A. Bakushev

Summary. Purpose of the study. Analysis of publications devoted to the diagnosis of damage to the walls of the orbit.

Materials and methods. A search and analysis of domestic and foreign scientific sources over the past 5 years or more, indexed in the databases and libraries of the Russian Science Citation Index, PubMed, eLibrary, Medline, Web of Science and Google Scholar, was carried out.

Results. The leading factor in the formation of post-traumatic enophthalmos and binocular diplopia are traumatic injuries to the walls of the orbits. Surgical correction and reconstruction of such injuries and their consequences are of great social importance. Currently, the main method for studying damage to the orbit is multislice computed tomography, which allows one to assess the extent of damage to both bone and soft tissue elements of the orbit during trauma.

Conclusion. In the literature, there are rare reports on the diagnosis of damage to the walls of the orbits and enophthalmos using magnetic resonance imaging. It is planned to propose a mathematical model for the restoration of bone and soft tissue structures of the orbit based on magnetic resonance imaging data.

Keywords: orbital wall, orbital skt, orbital wall fracture, post-traumatic enophthalmos.

Бакушев Артем Петрович

к.м.н., ассистент, Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России
bakushev.artem90@mail.ru

Аннотация. Цель исследования. Анализ публикаций, посвященных диагностике повреждений стенок глазницы.

Материалы и методы. Проведены поиск и анализ отечественных и зарубежных научных источников за последние 5 лет и более, индексируемых в базах данных и библиотеках РИНЦ, PubMed, eLibrary, Medline, Web of Science и Google Scholar.

Результаты. Ведущим фактором формирования посттравматического экзофтальма, бинокулярной диплопии являются травматические повреждения стенок глазниц. Хирургическая коррекция и реконструкция таких повреждений и их последствий имеет важное социальное значение. На текущий момент основным методом исследования повреждений глазницы является мультиспиральная компьютерная томография, которая позволяет оценить масштаб повреждения как костных, так и мягкотканых элементов глазницы при травме

Заключение. В литературных источниках редки сообщения о диагностике повреждений стенок глазниц и экзофтальма с помощью исследования магнитно-резонансной томографии. Планируется предложить математическую модель восстановления костных и мягкотканых структур глазницы по данным магнитно-резонансной томографии.

Ключевые слова: стенка глазницы, скт глазниц, перелом стенок глазниц, посттравматический экзофтальм.

Введение

Согласно литературным данным частота повреждений костей средней трети лица составляет до 40 % [1].

Основным фактором формирования экзофтальма является травматические повреждения стенок глазниц, в большей степени дна глазницы и медиальной ее стенки [2; 3]. Повреждения структур глазницы составляют от 36 % до 64 % из общего объема травмы средней зоны лица, среди которых повреждения собственно стенок глазниц достигает 85 % [4; 5]. Хирургическая коррекция и реконструкция данных повреждений и их последствий имеет важное социальное значение [6].

Травма с пролабированием мягкотканых структур глазницы в область сформировавшегося дефекта стенки глазницы без хирургического лечения однозначно приводит к образованию стойкой диплопии и экзофтальму. Однако даже после хирургического вмешательства воз-

можны явления посттравматического экзофтальма в позднем реабилитационном периоде без диплопии [8, 9].

Таким образом, данная проблема сохраняет свою актуальность ввиду отсутствия универсальной методики лечения травматических повреждений стенок глазницы.

Результаты и обсуждение

Переломы глазницы могут вызывать множество симптомов. Наиболее распространенными из них являются периорбитальный отек, боль при движении глаза и субконъюнктивальное кровоизлияние. У пациентов также могут наблюдаться диплопия и онемение щеки на пораженной стороне. При переломах дна глазницы с вовлечением 2 ветви 5 пары черепного нерва характерна парестезия в зоне его иннервации. В острой фазе травмы глазницы вследствие отека или кровоизлияния может возникнуть временная диплопия с последующим смещением глазного яблока, что в свою очередь вызывает смещение зрительной оси.

Переломы, вызывающие увеличение объема глазницы, могут привести к заднему смещению глазного яблока в глазницу (энофтальм) или к смещению глаза вниз (гипофтальм). Гипофтальм и энофтальм являются наиболее частыми осложнениями, возникающими после переломов стенок глазницы [10]. Особенно часто это происходит при комбинированных переломах дна и медиальной стенки глазницы [11]. Диплопия может возникнуть и в том случае, если перелом непосредственно нарушает движение глазного яблока, или же вследствие натяжения или ущемления глазодвигательной мышцы или других периорбитальных тканей. Дифференциальная диагностика между основными причинами расстройств моторики, а именно между парезом веточки глазодвигательного нерва или ущемление мышцы в зоне перелома, осуществляется с помощью тракционного теста [12].

Для определения положения глазного яблока используется экзофтальмометр Гертеля. Определяют разницу в выстоянии одного и другого глазного яблока. Однако данное обследование невозможно при разрушении или выраженной дислокации точки его фиксации — латерального глазничного края [13]. Поэтому с 1992 г. в клиническую практику внедрен орбитометр Нагля, который использует в качестве точек фиксации лобную дугу и скуловой бугор, а точки отсчета — надглазничный край.

В случаях острой травмы глазницы важно проверить остроту зрения, зрачки и, в некоторых случаях, цветовое зрение, чтобы исключить повреждение зрительного нерва или внутриглазных структур. Остроту зрения проверяют путем подсчета пальцев или с помощью таблицы ближнего зрения, при этом в рутинной практике пациентов не направляют на офтальмологическое обследование. Однако исследования показали, что значительная часть пациентов с переломами глазницы также имеют повреждения глазного яблока [14]. При подозрении на травму глазного яблока перед началом лечения рекомендуется осмотр офтальмолога. Дополнительно необходимо провести пальпацию края глазницы, пальпацию глазного яблока при подозрении на повышенное внутриглазное давление, а также тест на чувствительность средней части лица.

Снижение остроты зрения может быть связано как с повреждением самого глаза, так и с повышением внутриглазного давления. Последнее возникает вследствие глубокого глазничного кровоизлияния и вызывает снижение остроты зрения в результате уменьшения кровоснабжения сетчатки или зрительного нерва. Если снижение остроты зрения связано с повышением внутриглазного давления, то пациента следует немедленно направить в челюстно-лицевую хирургию или другое специализированное отделение для проведения хирургической декомпрессии.

В 2008 г. А.С. Караян и соавт. [15] разработали классификацию травм челюстно-лицевой области, основанную на их давности. К свежим переломам авторы отнесли повреждения со сроком давности не более 30 сут. В период от одного до 3 мес. травма трактовалась как формирующаяся посттравматическая деформация. После 3 мес. данное повреждение относилось к сформированной посттравматической деформации.

На текущий момент основным методом исследования повреждений глазницы является мультиспиральная компьютерная томография, которая позволяет оценить масштаб повреждения как костных, так и мягкотканых элементов глазницы при травме [16].

В связи с развитием компьютерных технологий в дальнейшем стало возможным изготавливать 3D стереолитографические модели-образцы, что явилось скачком в хирургическом лечении переломов и деформаций стенок глазниц [17]. Благодаря технологии 3D-моделирования на основе данных компьютерной томографии (КТ) стало возможным изготовить индивидуальный эндопротез, повторяющий естественную анатомию и наличие дефекта в результате травмы [18].

J. Hoffman и С.Р. Cornelius (1998) с помощью стереолитографического 3D моделирования впервые применили индивидуальный керамический имплантат [19].

K. Aitasao et al. (2001) выполнили реконструкцию посттравматического дефекта глазницы при помощи гидроксиапатита кальция с применением стереолитографической технологии [20].

А.С. Караян и Е.С. Кудинова (2006) на основе стереолитографической модели выполнили и описали изготовление интраоперационных шаблонов путем лепки вручную из разогретого воска [21].

R. Shön et al. (2006) для изготовления индивидуальных титановых имплантатов начали использовать стереолитографические модели [22].

M. Salmi et al. (2012) в своей работе, посвященной созданию индивидуальных титановых имплантатов, поделились мнением, что будущее остается за технологиями трехмерного моделирования и печати [23]. M.Kozakiewicz et al. (2009) опубликовали результаты успешного применения зеркальной стереолитографической модели глазницы для формирования титановой сетки, имплантируемой в область костного дефекта дна глазницы [24].

Таким образом, технология трехмерного моделирования и 3D печати в значительной степени повысили точность выполняемого хирургического лечения повреждений стенок глазницы.

G.S. Parsons и R.H. Mathog (1988) [25] предположили, что изменение положения стенок глазницы при их повреждении приводит к дислокации глазного яблока ориентировочно на 2,5–4,0 мм.

Помимо выбора материала для пластики стенок глазниц шли исследования по устранению энтофтальма. Например, В.В. Волков (1984) руководствовался различием в объеме травмированной и здоровой глазниц [26].

Вслед за выбором пластического материала вопрос встал и за планированием оперативного вмешательства [27]. А.С. Караян и соавт. (2004) предложили способ определения степени смещения глазного яблока [28]. Расчет смещения глазного яблока производился по данным аксиальных срезов с использованием миллиметровой сетки по разнице появления наиболее выступающей точки глазного яблока на здоровой и поврежденной сторонах. Данная методика была предложена в виду отсутствия должного технического оснащения и программного обеспечения. Однозначно данный метод в силах только ориентировочно определить параметры смещения поврежденных элементов и с развитием диагностики он потерял свою актуальность [28].

В дальнейшем О.В. Левченко в 2014 году предложил определять степень гипотофтальма по данным МСКТ в аксиальной плоскости — по разнице появления верхнего полюса глазного яблока на здоровой и поврежденной сторонах. Данная методика не позволяет получить максимально точные результаты, так как неправильная укладка или любое изменение положения головы ли глазных яблок пациента во время МСКТ изменяет плоскость сканирования, что в дальнейшем влияет на точность результатов [29].

На данный момент технологии в диагностике и программного обеспечения шагнули вперед и самым основным методом исследования данных повреждений является МСКТ [30].

МСКТ при травмах глазницы позволяет оценить масштаб повреждения, как костных, так и мягкотканых элементов глазницы [31]. Д.А. Лежнев с соавт. (2014) по результатам клинико-лучевого обследования 78 пациентов показали возможности МСКТ в контроле хирургического лечения с использованием имплантатов при пластике нижней стенки глазницы и рекомендованы для использования данного метода [32].

Компьютерное планирование увеличивает точность в достижении планируемого результата операции и способствует сокращению продолжительности хирургического вмешательства [33].

Н.Е. Хомутичкина с соавт. (2020) в своей работе, посвященной реконструкции скуло-глазничного комплекса, доказали неопровержимое преимущество цифрового подхода к планированию оперативных вмешательств [34].

Несмотря на то, что специалистами различных областей пройден колоссальный путь, некоторые вопросы реконструктивной хирургии глазницы еще предстоит решить. Одним из таких вопросов является устранение посттравматического и послеоперационного энтофтальма [35].

По сегодняшний день ведется поиск оптимального искусственного пластического материала для реконструкции стенок глазницы и устранения посттравматического энтофтальма.

Выводы

В литературных источниках редко сообщения о диагностике повреждений стенок глазниц и энтофтальме с помощью исследования магнитно-резонансной томографии. Планируется предложить математическую модель восстановления костных и мягкотканых структур глазницы по данным магнитно-резонансной томографии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Епифанов С.А., Апостолиди К.Г., Ахиян Э.К. Реконструкция нижней стенки глазницы при помощи миниинвазивных технологий. Вестник национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. 2018;13(4):71–74.
2. Сипкин А.М., Ахтямова Н.Е., Ахтямов Д.В. Характеристика острых травматических повреждений челюстно-лицевой области. РМЖ. 2016;14:932–935. Ссылка активна на 04.10.2023.
3. Кулаков А.А. Челюстно-лицевая хирургия: Национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2019.
4. Blumer M, Rostetter C, Johner J-P. Associated ophthalmic injuries in patients with fractures of the midface. Craniomaxillofacial Trauma & Reconstruction. 2020;13(3):168–173.
5. Груша Я.О., Караян А.С., Коробков Г.И., Данилов С.С. Устранение посттравматических дефектов глазницы с применением костных аутоотрансплантатов. Стоматология. 2019;98(1):38–44.
6. Дубровин М.С., Копецкий И.С., Полуниин В.С. Медико-социальные особенности больных с повреждениями челюстно-лицевой области. Лечебное дело. 2012;4:92–94. Ссылка активна на 04.10.2023.
7. Николаенко В.П. Орбитальные переломы: руководство для врачей. СПб.: Эко-Вектор; 2012.

8. Енгибарян М.А., Ульянова Ю.В. Восстановительные операции при дефектах тканей средней зоны лица. *Международный журнал экспериментального образования*. 2013;8:92-93. Ссылка активна на 04.10.2023.
9. Стучилов В.А., Никитин А.А., Секирин А.Б., Филатова Е.В., Ларионов К.С., Гришин А.С., Кокорев В.Ю., Рябцева А.А. Компьютерное моделирование и лазерные технологии в реабилитации пациентов при травме средней зоны лица. *Альманах клинической медицины*. 2015;36:82-89. Ссылка активна на 04.10.2023.
10. Koenen L., Waseem M. *Orbital Floor Fracture*; StatPearls Publishing: Treasure Island, FL, USA, 2021.
11. He Y., Zhang Y., An J.G. Correlation of types of orbital fracture and occurrence of enophthalmos // *J Craniofac Surg*. — 2012. — Vol. 23. — P. 1050-1053.
12. Corrêa, A.P. Late treatment of ocular globe displacement to the maxillary sinus after an orbital floor fracture/ A.P. Corrêa, C.A. Timóteo, E.H. Shinohara et al. // *J. Craniofac. Surg.* — 2015. — Vol. 26, № 1. — P. 314-6.
13. Kozakiewicz, M. Comparison of pre-bent titanium mesh versus polyethylene implants in patient specific orbital reconstructions/ M. Kozakiewicz, P. Szymor // *Head Face Med.* — 2013. — Vol. 29, № 9. — P. 32.
14. Boyette J.R., Pemberton J.D., Bonilla-Velez J. Management of orbital fractures: Challenges and solutions // *Clin. Ophthalmol.* — 2015 — Vol.9. — P. 2127-2137.
15. Караян А.С. Одномоментное устранение посттравматических дефектов и деформаций скулоносоглазничного комплекса: Дисс. ... докт. мед. наук / А.С. Караян. — Москва, 2008. — 234 с.
16. Cellina M, Cè M, Marziali S, Irmici G, Gibelli D, Oliva G, Carrafiello G. Computed tomography in traumatic orbital emergencies: a pictorial essay-imaging findings, tips, and report flowchart. *Insights Imaging*. 2022;13(1):4.
17. Хомутинникова Н.Е. Цифровые технологии в хирургическом лечении посттравматических деформаций скулоорбитального комплекса / Н.Е. Хомутинникова, Е.А. Дурново, Ю.В. Высельцева // *Современные технологии в медицине*. — 2020. — Т. 12. — № 3. — С. 55-63.
18. Чкадуа Т.З. Внутрикостная имплантация при экзопротезировании пациентов с дефектами лица / Т.З. Чкадуа, И.И. Сухарский, Т.Д. Чолокава и др. // *Стоматология*. — 2016. — Т. 95. — № 6-2. — С. 56.
19. Hoffmann J. Using individually designed ceramic implants for secondary reconstruction of the bony orbit / J. Hoffmann, C.P. Cornelius, M. Groten et al. // *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie: MKG*. — 1998. — Vol. 2. — № 1. — P. 98-101.
20. Aitasalo K. Repair of orbital floor fractures with bioactive glass implants / K. Aitasalo, I. Kinnunen, J. Palmgren et al. // *Journal of oral and maxillofacial surgery: official journal of the american association of oral and maxillofacial surgeons*. — 2001. — Vol. 59. — № 12. — P. 1390-1395.
21. Караян А.С. Клинико-рентгенологическая оценка различных способов восстановления дефектов дна глазницы при посттравматических деформациях средней трети лицевого черепа / А.С. Караян, Н.А. Рабухина, Г.И. Голубева и др. // *Вестник рентгенологии и радиологии*. — 2006. — № 4. — С. 4-7.
22. Schön R. Individually preformed titanium mesh implants for a true-to— original repair of orbital fractures / R. Schön, M.C. Metzger, C. Zizelmann et al. // *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. — 2006. — Vol. 35. — № 11. — P. 990-995.
23. Salmi M. Patient-specific reconstruction with 3D modeling and DMLS additive manufacturing / M. Salmi, J. Tuomi, K. Paloheimo et al. // *Rapid Prototyping Journal*. — 2012. — Vol. 18. — № 3. — P. 209-214.
24. Kozakiewicz M. Clinical application of 3D pre-bent titanium implants for orbital floor fractures / M. Kozakiewicz, M. Elgalal, P. Loba et al. // *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery: Official Publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery*. — 2009. — Vol. 37. — № 4. — P. 229-234.
25. Parsons G.S. Orbital wall and volume relationships / G.S. Parsons, R.H. Mathog // *Archives of Otolaryngology--Head & Neck Surgery*. — 1988. — Vol. 114. — № 7. — P. 743-747.
26. Волков В.В. Пластические операции на глазнице при посттравматическом экзофтальме с дислокацией глазного яблока / В.В. Волков, А.А. Лимберг, Ю.С. Когин и др. // *Офтальмологический журнал*. — 1984. — № 3. — С. 154-157.
27. Лебедев М.В. Частота и структура повреждения органа зрения при сочетанных травмах в дорожно-транспортных происшествиях / М.В. Лебедев, М.М. Оленникова, Ю.А. Бахтурина и др. // *Вестник Российской военно— медицинской академии*. — 2015. — № 2 (50). — С. 92-95.
28. Караян А.С. Планирование одномоментных реконструктивных вмешательств при посттравматических деформациях средней зоны лица / А.С. Караян, Е.С. Кудинова, В.С. Перфильев и др. // *Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии*. — 2004. — № 4. — С. 84-85.
29. Левченко О.В. Рентгеновская компьютерная томография для оценки эффективности хирургической реконструкции посттравматических дефектов и деформаций глазницы / О.В. Левченко, В.В. Крылов, Д.В. Давыдов и др. // *Нейрохирургия*. — 2014. — № 1. — С. 29-33.
30. Kühnel T.S. Trauma of the midface / T.S. Kühnel, T.E. Reichert // *Laryngo— Rhino— Otologie*. — 2015. — Vol. 94 Suppl 1. — P. S206-247.
31. Левченко О.В. Рентгеновская компьютерная томография для оценки эффективности хирургической реконструкции посттравматических дефектов и деформаций глазницы / О.В. Левченко, В.В. Крылов, Д.В. Давыдов и др. // *Нейрохирургия*. — 2014. — № 1. — С. 29-33.
32. Лежнев Д.А. МСКТ-визуализация имплантатов и трансплантатов при пластике дефектов и деформаций стенок орбиты / Д.А. Лежнев, Д.В. Давыдов, Д.И. Костенко // *Биотехносфера*. — 2014. — № 4 (34). — С. 9-12.
33. Йигиталиев Ш.Н. Функциональная и эстетическая реабилитация пациентов с дефектами и деформациями скуло-носо-лобно-глазничной области: Дисс. ... канд. мед. наук / Ш.Н. Йигиталиев. — Москва, 2011. — 168 с.
34. Хомутинникова Н.Е. Цифровые технологии в хирургическом лечении посттравматических деформаций скулоорбитального комплекса / Н.Е. Хомутинникова, Е.А. Дурново, Ю.В. Высельцева // *Современные технологии в медицине*. — 2020. — Т. 12. — № 3. — С. 55-63.
35. Kolk A. Secondary post-traumatic enophthalmos: high-resolution magnetic resonance imaging compared with multislice computed tomography in postoperative orbital volume measurement / A. Kolk, C. Pautke, V. Schott et al. // *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*. — 2007. — Vol. 65. — № 10. — P. 1926-1934.

© Бакушев Артем Петрович (bakushev.artem90@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ РЕАКЦИИ ПАРОДОНТА ОПОРНЫХ ЗУБОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ НЕСЪЕМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРОТЕЗОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ЦИФРОВЫМ И ТРАДИЦИОННЫМ МЕТОДАМИ

THE RESULTS OF STUDYING THE PERIODONTAL REACTION OF THE SUPPORTING TEETH WHEN USING NON-REMOVABLE PROSTHESIS STRUCTURES MADE BY DIGITAL AND TRADITIONAL METHODS

Ju. Vokulova
E. Zhulev
N. Yanova
M. Zhdanova
A. Plishkina
I. Velmakina
T. Ghukasyan

Summary. The aim of the study is to study the effect of non-removable dentures made by traditional and digital methods on the condition of periodontal tissues of the supporting teeth by measuring the amount of gingival fluid. *Materials and methods.* The amount of gingival fluid was determined by absorption using strips of filter paper. *Results.* Our study made it possible to establish that the amount of gingival fluid in the supporting teeth covered with non-removable dentures made by the digital method are closer to the boundary values of the norm, which indicates their weakly pronounced effect on the condition of the marginal periodontium, due primarily to the smaller thickness of the edge of the artificial crown, which does not have a repelling effect on the gingival margin, unlike traditional structures with a thicker edge, secondly, the anatomical shape of the prosthesis, which differs little from the natural tooth, and thirdly, significantly less influence of the microbial landscape with a more precise fit of the edge of the artificial crowns to the posterior ledge.

Keywords: gingival fluid, non-removable dentures, CAD/CAM systems, 3D printer.

Вокулова Юлия Андреевна

Кандидат медицинских наук, Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского
Vokulova89@mail.ru

Жулев Евгений Николаевич

Заслуженный работник высшей школы РФ,
доктор медицинских наук, профессор, ФГБОУ ВО
«Приволжский исследовательский медицинский
университет» Минздрава России, Нижний Новгород
hrustalev54@mail.ru

Янова Нина Александровна

Кандидат медицинских наук, доцент, Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского
nina-yanova@yandex.ru

Жданова Мария Леонидовна

Кандидат медицинских наук, доцент, Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского
marikac3@mail.ru

Плишкина Анна Александровна

Кандидат медицинских наук, доцент,
Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского
plishkina@unn.ru

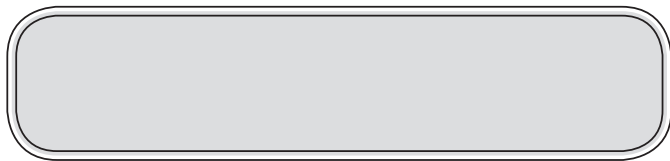
Вельмакина Ирина Владимировна

Кандидат медицинских наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский
медицинский университет» Минздрава России
velmakinairina@rambler.ru

Гукасян Тереза Нельсоновна

Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород
dante.danielyan@mail.ru

Аннотация. Цель исследования — изучить влияние несъемных протезов, изготовленных традиционным и цифровым методом, на состояние тканей пародонта опорных зубов, путем измерения количества десневой жидкости. *Материалы и методы.* Количество десневой жидкости определяли методом абсорбции при помощи полосок фильтровальной бумаги. *Результаты.* Проведенное нами исследование позволило установить, что количество десневой жидкости у опорных зубов, покрытых несъемными протезами, изготовленными цифровым методом, находятся ближе к пороговым значениям нормы, что свидетельствует о слабо выраженном их влиянии на состояние краевого пародонта, обусловленном прежде всего меньшей толщиной края искусственной коронки, не оказывающей отесняющего действия на десневой край в отличие от традиционных конструкций, имеющих более толстый край, во-вторых, анатомической формой протеза, мало отличающейся от естественного зуба, и в-третьих, значительно мень-



Введение

Несъемные протезы, изготовленные традиционным способом, как правило, оказывают влияние на краевую пародонт. Объективным критерием оценки реакции пародонта является количество и качество выделяемой десневой жидкости как физиологической среды организма, транссудата сыворотки крови, заполняющей десневую борозду, количество которой резко возрастает при развитии воспалительного процесса [1, 2, 3, 4].

Количество десневой жидкости, выделяемой в десневом желобке зубов жевательной группы в 2 раза выше, чем в области зубов передней группы. Изменение количества десневой жидкости находится в прямой зависимости от нозологической формы и тяжести течения воспалительного процесса в пародонте. Так при отсутствии заболеваний пародонта площадь пропитывания равна 0–0,5 мм², при катаральном гингивите 0,5–1 мм², а при пародонтите — более 1 мм² [5]. Научных публикаций, посвященных определению количества десневой жидкости, у пациентов с несъемными протезами, изготовленными традиционным и цифровым методом, крайне мало, что и явилось обоснованием необходимости проведения данного исследования.

Цель исследования — изучить влияние несъемных протезов, изготовленных традиционным и цифровым методом, на состояние тканей пародонта опорных зубов, путем измерения количества десневой жидкости.

Материалы и методы исследования

В клиническом исследовании участвовали 47 пациентов (22 мужчины и 25 женщины) в возрасте от 31 до 65 лет, которым проводилось ортопедическое лечение цельнокерамическими (33 искусственных коронки и 10 мостовидных протезов) и металлокерамическими несъемными конструкциями (54 искусственных коронки и 7 мостовидных протезов).

Все пациенты были распределены на две группы. Первую группу составили 22 пациента, ортопедическое лечение которым проводилось с применением несъемных протезов, изготовленных традиционным методом. Всего в данной группе было изготовлено 61 несъемный протез: 54 металлокерамических искусственных коронки и 7 металлокерамических мостовидных протезов.

шим влиянием микробного ландшафта при более точном прилегании края искусственных коронок к придесневому уступу.

Ключевые слова: десневая жидкость, несъемные зубные протезы, CAD/CAM системы, 3D принтер.

Вторую составили 25 пациентов ортопедическое лечение которым проводилось с применением несъемных протезов, изготовленных с использованием цифровых технологий (внутриротовой сканер, CAD/CAM система, 3D принтер). Всего в данной группе было изготовлено 65 несъемных протезов: 49 искусственных коронки (16 на титановых каркасах и 33 на каркасах из диоксида циркония) и 16 мостовидных протезов (6 на титановых каркасах и 10 на каркасах из диоксида циркония).

Для изучения состояния тканей пародонта зубов, покрытых искусственными коронками, у пациентов обеих групп в интервале 1–1,5 года после окончания ортопедического лечения измеряли количество десневой жидкости.

Количество десневой жидкости определяли методом абсорбции при помощи полосок фильтровальной бумаги размером 15X4 мм, конец которой для более удобного введения в борозду делали заостренным под углом в 45°.

На первом этапе проводили профессиональную гигиену полости рта, затем область исследования при помощи ватных валиков изолировали от слюны и тщательно высушивали. Введение бумажных полосок в десневую борозду для определения количества выделяемой десневой жидкости проводили с использованием внутрибороздкового метода забора. При помощи пинцета в десневую щель вводили кончик полоски фильтровальной бумаги, не доводя его до дна желобка во избежание механического раздражения тканей краевого пародонта и последующего усиления образования десневой жидкости. Время получения десневой жидкости составляло 3 минуты.

Количественное определение десневой жидкости проводили путем измерения площади пропитывания бумажных полосок. Выявление пропитанных десневой жидкостью участков осуществляли методом окрашивания полосок фильтровальной бумаги в голубой или синий цвет 0,2 % спиртовым раствором нингидрина, действие которого основано на открытии α-аминогрупп в белке.

После этого получали фотографии полосок фильтровальной бумаги и в компьютерной программе Image J измеряли площадь пропитывания полосок десневой жидкостью в квадратных миллиметрах.

Результаты исследования и их обсуждение

Проверка соответствия нормальному распределению при помощи теста Шапиро-Уилка позволило сделать вывод, что распределение данных об измерении количества выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводили с применением несъемных протезов, изготовленных традиционным методом, не соответствует нормальному (таблица 1).

Таблица 1.
Результаты проверки соответствия выборки нормальному распределению

Метод изготовления несъемных протезов	W	p
Традиционный	0,91114	< 0,001
Цифровой	0,97253	0,079

Поэтому для анализа были применены непараметрические методы, а данные описывали с помощью медианы, 25-го и 75-го процентилей, минимального и максимального значений (таблица 2).

Таблица 2.
Описательные статистики распределения значений количества выделяемой десневой жидкости

Метод изготовления несъемных протезов	n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль
Традиционный	68	0,67	0,5	0,82	0,575	0,765
Цифровой	81	0,44	0,3	0,6	0,38	0,48

Результаты проведенного исследования показали, что среднее значение количества выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением традиционных технологий, составило $0,6597 \pm 0,106 \text{ мм}^2$, что соответствует показателям, характерным для катарального гингивита. Среднее значение количества выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением цифровых технологий, составило $0,4372 \pm 0,06277 \text{ мм}^2$, что свидетельствует об отсутствии заболеваний пародонта.

Для статистического анализа полученных результатов применяли критерий Манна-Уитни. В данном исследовании нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,025$, т.е. вероятность ошибочного признания различий значимыми меньше 0,025. При расчете критического уровня значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных сравнений: $0,025 = 0,05 / 2$, где 0,05 — общепринятое значение критического уровня значимости для одинарного сравнения в медико-биологических ис-

следованиях, а 2 — число сравнений. В таблице 3 приведены значения критерия Манна-Уитни и соответствующие ему уровни значимости p для попарного сравнения групп.

Таблица 3.
Результаты попарного сравнения групп

Признак	W	p
Количество десневой жидкости	5344,5	<0,001***

Примечание «***» — наличие статистически значимого различия на уровне $p < 0,001$.

Из Таблицы 3 видно, что цифровой и традиционный методы изготовления несъемных протезов различимы с уровнем значимости $p < 0,025$ по признаку «Количество десневой жидкости». Таким образом, количество выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезированных с применением цифровых технологий, меньше на 34,3 % в сравнении с традиционным методом изготовления ортопедических конструкций.

Полученные нами данные согласуются с результатами, полученными Копытовым А.А. [6], который пришел к выводу, что ортопедическое лечение с применением металлокерамических мостовидных протезов, изготовленных традиционным методом, приводит к увеличению количества выделения десневой жидкости до величин, характерных для хронического катарального гингивита.

Пархоменко А.Н. с соавт. [7] нашли корреляционную связь между количеством десневой жидкости и точностью прилегания искусственных коронок в области уступа, что свидетельствует о том, что недостаточный уровень технического исполнения ортопедической конструкции определяет риски развития осложнений со стороны маргинального пародонта ($p < 0,05$).

Также полученные нами данные косвенно согласуются с результатами, полученными Обидным К.Ю. с соавт. [8], которые при изучении микробного пейзажа десневой борозды у пациентов с несъемными протезами, пришли к выводу, что материал искусственных коронок, способ их изготовления и, как следствие, точность краевого прилегания играют первостепенную роль в формировании микробиоценоза десневой борозды и полости рта в целом. Штампованные коронки по данным этих авторов интенсивно влияют на микробиоценоз десневой борозды, а действие цельнолитых и металлокерамических коронок менее выражено, коронки же из диоксида циркония обладают самым минимальным воздействием на краевой пародонт.

Заключение

Проведенное нами исследование позволило установить, что количество десневой жидкости у опорных зу-

бов, покрытых несъемными протезами, изготовленными цифровым методом, находятся ближе к пограничным значениям нормы, что свидетельствует о слабо выраженном их влиянии на состояние краевого пародонта, обусловленном прежде всего меньшей толщиной края искусственной коронки, не оказывающей оттесняющего действия на десневой край в отличие от традиционных

конструкций, имеющих более толстый край, во-вторых, анатомической формой протеза, мало отличающейся от естественного зуба, и в-третьих, значительно меньшим влиянием микробного ландшафта при более точном прилегании края искусственных коронок к придесневому уступу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биохимия ротовой жидкости в норме и при патологии / под общей редакцией проф. А.В. Шестопалова. М.: Издательство ИКАР, 2017, 64 с. — ISBN 978-5-7974-0574-0
2. Проходная В.А., Чибичян Е.Х., Ломова А.С., Косых А.Ю. Методические подходы к сбору и исследованию биологических жидкостей ротовой полости в рамках преподавания пропедевтики стоматологических болезней // Главный врач юга России. 2018. № 1. — С. 43–46.
3. Янушевич О.О., Вавилова Т.П., Островская И.Г., Деркачева Н.И. Молекулярная стоматология [Электронный ресурс]: учебное пособие. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020, 160 с. ISBN 978-5-9704-5676-7.
4. Лепилин А.В., Ерокина Н.Л., Иванова И.А., Миронов А.Ю., Григорьева Д.А., Мартынова М.И. Диагностическое значение исследования десневой жидкости у пациентов с несъемными конструкциями зубных протезов // Современная ортопедическая стоматология. 2018. № 29. — С. 13–16.
5. Янушевич, О.О. Десневая жидкость. Неинвазивные исследования в стоматологии / О.О. Янушевич, Т.П. Вавилова, И.Г. Островская — Москва: ГЭОТАР-Медиа. — 2019. — 160 с. — ISBN 978-5-9704-5101-4.
6. Копытов, А.А. Динамика показателей десневой жидкости в процессе реабилитации пациентов с мостовидными протезами при различном наклоне опорных зубов: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.21. Москва, 2007. 23 с.
7. Пархоменко А.Н., Моторкина Т.В., Шемонаев В.И. Изучение влияния различных алгоритмов препарирования зубов под коронки на исход ортопедического лечения // Вестник новых медицинских технологий, электронный журнал. 2018. № 3. — С. 15–21. <https://doi.org/10.24411/2075-4094-2018-15981>
8. Обидный К.Ю., Болотная В.Н., Погорельый В.В.. Микробный пейзаж десневой борозды у пациентов с искусственными коронками из различных материалов // Тихоокеанский медицинский журнал. 2020. Т. 80, № 2. — С. 46–48. <https://doi.org/10.34215/1609-1175-2020-2-46-48>.

© Вокулова Юлия Андреевна (Vokulova89@mail.ru); Жулев Евгений Николаевич (hrustalev54@mail.ru); Янова Нина Александровна (nina-yanova@yandex.ru); Жданова Мария Леонидовна (marikac3@mail.ru); Плишкина Анна Александровна (plishkina@unn.ru); Вельмакина Ирина Владимировна (velmakinairina@rambler.ru); Гукасян Тереза Нельсоновна (dante.danielyan@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРОТЕЗИРОВАНИЕ КЛАПАНОВ СЕРДЦА У ЖЕНЩИН ФЕРТИЛЬНОГО ВОЗРАСТА: СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ПЕРИПАРТАЛЬНОГО И КАРДИОВАСКУЛЯРНОГО ПРОГНОЗА

HEART VALVE REPLACEMENT IN WOMEN OF FERTILE AGE: MODERN SOLUTIONS TO IMPROVE PERIPARTAL AND CARDIOVASCULAR PROGNOSIS

**Sh. Dzhanibekova
I. Matevosyan
T. Prokhorovich
M. Konovalova
V. Vasiliev**

Summary. The article discusses modern solutions for improving peripartum and cardiovascular prognosis during heart valve replacement in women of fertile age. It is noted that currently there are several alternatives to standard bioprosthetic heart valves in women of fertile age. It has been revealed that on the aortic valve these are neocuspidization operations, Ross operations, prosthetics with a human allograft, while atrioventricular heart valves are usually reconstructed or replaced with a human mitral allograft taken from a corpse. It was noted that despite the complexity of the above operations, it makes sense to perform them, since they best restore the anatomy of the affected valve, are capable of self-renewal, and have a high freedom from prosthesis-dependent complications. It was concluded that it is necessary to establish connections between obstetricians and gynecologists with federal cardiac surgery centers to conduct consultations and provide the population of the Russian Federation with high-tech heart interventions that remove restrictions on pregnancy and childbirth.

Keywords: prosthetics, heart valve, fertile age, pregnancy, complications.

Джанибекова Шерифат Салиховна

Кандидат медицинских наук, ассистент,
Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет
sdzhanibekova@yandex.ru

Матевосян Ирина Эдиковна

Кандидат медицинских наук, доцент,
Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет
imatevosyn@mail.ru

Прохорович Татьяна Ивановна

Кандидат медицинских наук, доцент,
Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет
tatyana.prohorovich@yandex.ru

Коновалова Марина Владиславовна

Кандидат медицинских наук, доцент,
Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет
marinavladyslavovna@mail.ru

Васильев Владимир Владимирович

Кандидат медицинских наук, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический
медицинский университет;
СПБ ГБУЗ «Городская больница 9»
doctor-vasiliev@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются современные решения для улучшения перипартального и кардиоваскулярного прогноза при протезировании клапанов сердца у женщин фертильного возраста. Отмечено, что в настоящее время есть несколько альтернатив стандартному биопротезированию клапанов сердца у женщин фертильного возраста. Выявлено, что на аортальном клапане это операции по неокуспидизации, операции Росса, протезирование человеческим аллогraftом, при этом атриовентрикулярные клапаны сердца принято реконструировать или заменять человеческим митральным аллогraftом, взятым от трупа. Отмечено, что несмотря на сложность вышеописанных операций, есть смысл их проводить, так как они наилучшим образом восстанавливают анатомию пораженного клапана, способны самообновляться, имеют высокую свободу от протез-зависимых осложнений. Сделан вывод о том, что необходимо наладить связь акушеров-гинекологов с федеральными кардиохирургическими центрами для проведения консультаций и обеспечения населения Российской Федерации высокотехнологичными вмешательствами на сердце, снимающими ограничения на беременность и роды.

Ключевые слова: протезирование, клапан сердца, фертильный возраст, беременность, осложнения.

В настоящее время примерно 60 тысяч пациентов нуждается в протезировании клапанов сердца в то время, как реально выполняется около 12 тысяч операций в год. Вмешательства, которые предлагается провести пациентам, далеки от идеала в силу нефизиологичности [1]. Стандартные операции по протезированию клапанов сердца инвалидизируют пациентов, нарушая их привычный образ жизни, лишая возможности заниматься спортом.

Отдельную группу пациентов, нуждающихся в протезировании клапанов сердца, занимает группа пациенток фертильного возраста, которые планируют беременность или не выполнили репродуктивную функцию. Беременность является достаточно большим испытанием даже для здорового организма в случае, если имеется заболевание, беременность его утяжеляет [2].

Если пациентке требуется кардиохирургическая операция, то игнорировать ее нельзя. Есть 2 классических способа замены клапана сердца — протезирование (1) механическим клапаном и (2) биологическим.

Механический клапан обладает многократным запасом прочности, а его срок службы в организме пациентки почти не ограничен. Именно из-за большой долговечности механические клапаны устанавливаются лицам молодого возраста — чтобы (в идеале) не менять его на протяжении всей оставшейся жизни. Однако, механический клапан требует пожизненной антикоагуляции варфарином, в результате чего установка такого клапана ассоциируется с крайне высокими рисками геморрагических осложнений во время беременности [3].

Альтернативой является операция по установке каркасного ксенобиопротеза. В ряде исследований было показано, что установка ксенобиопротеза клапана сердца является лучшим вмешательством для пациенток фертильного возраста. Ксенобиопротез не требует пожизненной антикоагуляции и позволяет перенести беременность и роды с теми же рисками, как и в общей популяции.

Однако, «срок службы» ксенобиопротеза клапана сердца равен примерно 10 годам, а в молодом возрасте он еще меньше. Это связано с повышенным метаболизмом в молодом возрасте, в результате которого ксенобиоткань, будучи нежизнеспособной, постепенно изнашивается, повреждена микроструктура створки теряет резистентность к кальцинозу, в результате чего клапан постепенно теряет свои свойства.

При беременности процесс деградации каркасного ксенобиоклапана ускоряется в связи с повышенными гемодинамическими нагрузками, перестройкой метаболизма и рядом других факторов, которые в настоящее время не изучены.

Ясно одно: принятая в настоящее время тактика протезирования клапанов сердца у беременных женщин значительно снижает риски родов, однако, содержит в себе ряд нерешенных вопросов: (1) непонятно, как защитить пациентку от кардиальных рисков в послеродовом периоде. За период беременности клапан может биодеградировать со скоростью несколько лет за 9 месяцев, а если он был в организме женщины еще за несколько лет до беременности, то сразу после родов пациентке может понадобиться операция по жизненным показаниям, при этом, риски повторной операции очень высоки, особенно в первые 3 месяца после родов. (2) как предотвратить кардиальные риски смерти пациентки во время родов? Если биопротез оказался скомпрометирован к родам, что бывает в 30 % случаев, в 3 триместре беременность клапан протез клапана сердца может критически повредиться, что заставит выполнять сложную операцию с привлечением сразу двух бригад — бригады акушеров для родоразрешения путем кесарева сечения и команду кардиохирургов для репротезирования. Кроме того, потребуется сложнейшее анестезиологическое пособие, выполнить которое возможно только на уровне федеральных центров.

Современные кардиохирургические вмешательства по протезированию клапанов сердца являются крайне физиологичными, применение аутогенных и аллогенных жизнеспособных тканей позволяет пациентам вести абсолютно нормальный образ жизни. Популяризация и критическая оценка данных вмешательств поможет наладить контакт акушеров и гинекологов с кардиохирургами для решения проблемы протезирования клапанов сердца именно у женщин фертильного возраста.

Протез-зависимые осложнения при классической замене клапанов сердца каркасными ксенобиопротезами

В настоящее время протезирование клапанов сердца механическими протезами считается устаревшей процедурой в отношении пациенток фертильного возраста. в большинстве кардиохирургических отделений пациентку предостерегают о том, что данная операция будет сопряжена с высокими перипартальными рисками и предлагают выполнять альтернативные вмешательства. Однако, по инерции, механические клапаны все же устанавливают, в связи с чем публикуются случаи родоразрешения пациенток с механическими протезами. В одном из исследований показано, что наиболее часто встречается тромбоз механического клапана. Прием варфарина трудно регламентировать даже вне беременности. Изменение МНО (международного нормализованного отношения) значительно запаздывает по сравнению с изменением в коагуляционном звене гемостаза, а прогрессирующее протромботическое состояние и вовсе не позволяет достаточно точно рассчитать

дозу. Передозировка антикоагулянта в свою очередь приводит к геморрагическим фатальным осложнениям. Тромбоз механического протеза — ургентная ситуация, угрожающая жизни ребенка и матери.

В нашей стране, с учетом территориальных особенностей и невозможности оказать экстренную помощь с участием команды более чем из 10 человек (кардиохирурги, акушеры, перфузиологи, анестезиологи), трудно себе представить приемлемые результаты симультанного родоразрешения и репротезирования. Да и в целом, в мире очень мало подобных успешных клинических случаев. [4]. В связи с этим, предпочтительнее выполнять биопротезирование клапанов сердца, при этом, желательно забеременеть и родить в ближайшие 1–2 года после операции. В этот срок безопаснее всего вынашивать беременность, так как вероятность прогрессирующей дегенерации биокалапана минимальна [5].

Таким образом, использование биопротеза для протезирования клапанов сердца у женщин в фертильном возрасте не является оптимальным. Это связано с: (1) ранним возрастом, который способствует снижению срока службы биопровезов, (2) заведомо неприемлемо низким для молодых пациентов сроком службы биопротеза, (3) не самыми лучшими показателями гемодинамики, (4) сложностью повторных вмешательств. Есть основания полагать, что альтернативные методы протезирования клапанов сердца могут быть лучше для течения беременности и для жизни пациентки.

Альтернативные способы замены клапанов сердца

Наиболее часто требуется замена аортального клапана. Его патология характеризуется наихудшими перипартальными исходами. Поражение в группе лиц фертильного возраста чаще всего происходит из-за врожденной патологии, чаще всего это двустворчатый аортальный клапан.

Есть несколько способов замены аортального клапана: (1) операция Росса, (2) неокуспидизация в корень аорты (Ozaki), (3) имплантация трупного человеческого аллогraftа.

Операция Росса

Данная процедура предложена Дональдом Россом и заключается в замене аортального клапана собственным клапаном легочной артерии. Ство легочной артерии вместе с клапаном берется у пациентки и пересаживается в аортальную позицию. По своей анатомии он идентичен аортальному клапану, кроме того, является «своим собственным», в связи с чем имеет наилучшую приживаемость и биосовместимость. В позицию иссе-

ченного ствола легочной артерии имплантируется трупный аллогraft легочной артерии, сохраненный методом криоконсервации.

Собственный легочный клапан идентичен по анатомии аортальному и «создан природой», повторить его свойства не может ни один искусственный протез, в связи с чем операция Росса является эталонной в хирургии аортального клапана.

Carvajal HG и соавторы впервые проанализировали результаты операции Росса у пациенток, которые в анамнезе имели беременность и самостоятельно рожали. В раннем послеоперационном периоде удалось получить отличные гемодинамические результаты, сопоставимые с физиологией нормального аортального клапана, а после беременности показатели гемодинамики на протезе аорты не изменились. [6]. В связи с этим, процедуру Росса можно рекомендовать к выполнению пациенткам, планирующим беременность. И хотя в данной когорте нет отдаленных результатов, есть убедительные доказательства того, что процедура Росса в целом является наилучшим вмешательством по замене аортального клапана.

В нашей стране операция Росса впервые была выполнена в НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева (академик Л.А. Бокерия, 2001 г). К 2005 году было выполнено 37 операций, из них 16 — женщинам в возрасте 26 лет. Сейчас данная операция продолжает выполняться с отличными послеоперационными результатами [7, 8].

Гомографты (аллогraftы)

Отличной альтернативой операции Росса является имплантация трупного человеческого клапана (гомографта). Данные протезы обладают высокой биосовместимостью, в связи с чем не отторгаются даже в отсутствие иммуносупрессивной терапии [9].

Их преимущество заключается в том, что они полностью повторяют естественную анатомию протезируемого клапана, мало того, протезы можно подбирать индивидуально по размерам фиброзного кольца протезируемого клапана [10].

Гомографты являются жизнеспособными благодаря тому, что их рано забирают из тела донора (до 20 часов после смерти), а после замораживают. Имплантированный клапан продолжает жить в теле реципиента, а наличие жизнеспособных клеток защищает от ирроботических и инфекционных осложнений [11].

Аллогraftы успешно применяют для замены митрального клапана, повторить его анатомию не может даже самый искусный протез, производимый человеком на сегодняшний день [12].

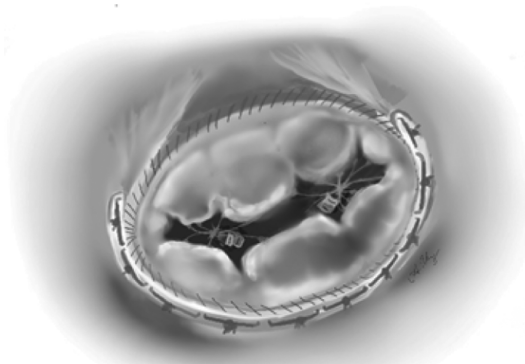


Рис. 1. Вариант замены митрального клапана аллогraftом

Неокуспидизация

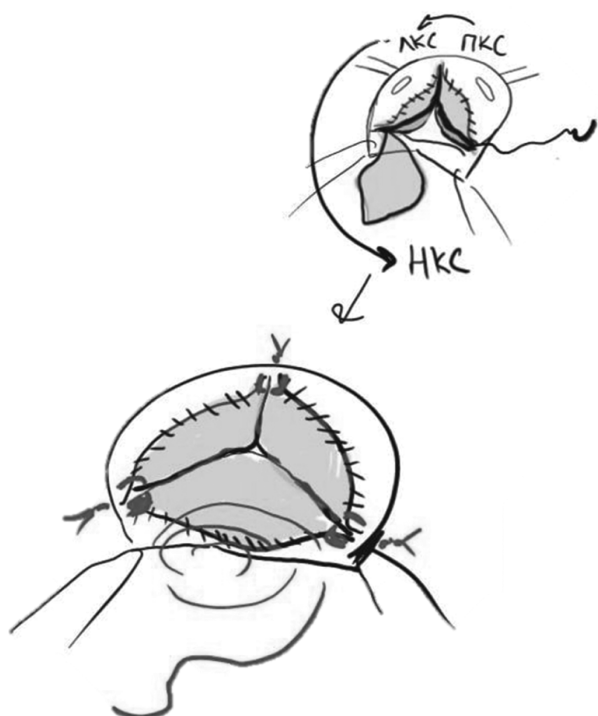


Рис. 2. Неокуспидизация аортального клапана собственным перикардом. НКС — некоронарный синус, ПКС — правый коронарный синус, ЛКС — левый коронарный синус

Неокуспидизация — сложное вмешательство по замене створок аортального клапана аутоперикардом (рисунок 2). Из собственных тканей пациента выкраиваются неостворки, которые имплантируются на «родное место» в корень аорты. Данная процедура, несмотря на сложность, является крайне перспективной и успешно применяется пациенткам с двустворчатым аортальным клапаном, планирующим беременность.

Одним из первых данную операцию выполнил Комаров Р.Н. пациентке фертильного возраста, которая к настоящему времени перенесла 2 роды без каких-либо осложнений [13].

На основании вышеизложенного целесообразно сделать следующие выводы:

1. В настоящее время есть несколько альтернатив стандартному биопротезированию клапанов сердца у женщин фертильного возраста. На аортальном клапане это операции по неокуспидизации, операции Росса, протезирование человеческим аллогraftом. Атриовентрикулярные клапаны сердца принято реконструировать или заменять человеческим митральным аллогraftом, взятым от трупа.
2. Несмотря на сложность вышеописанных операций, есть смысл их проводить, так как они наилучшим образом восстанавливают анатомию пораженного клапана, способны самообновляться, имеют высокую свободу от протез-зависимых осложнений
3. Требуется наладить связь акушеров-гинекологов с федеральными кардиохирургическими центрами для проведения консультаций и обеспечения населения Российской Федерации высокотехнологичными вмешательствами на сердце, снимающими ограничения на беременность и роды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mahgoub A, Kotit S, Bakry K, Magdy A, Hosny H, Yacoub M. Thrombosis of mechanical mitral valve prosthesis during pregnancy: An ongoing «saga» in need of comprehensive solutions. *Glob Cardiol Sci Pract.* 2020 Dec 31;2020(3):e202032.
2. Hedstrand H, Cullhed I. Pregnancy after aortic valve prosthesis. *Lancet.* 1968 Oct 26;2(7574):916.
3. Seve B, Morin P, Bouvrain Y, Engelmann P, Brusset G. Grossesse chez les femmes porteuses de prothèse valvulaire cardiaque. A propos de 5 grossesses [Pregnancy in women wearing a heart valve prosthesis: 5 case histories (author's transl)]. *J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris).* 1980;9(5):549–55.
4. Duvan İ, Sungur ÜP, Onuk BE, Ateş MŞ, Karacan İS, Kurtoğlu M. Emergency Redo Mitral Valve Replacement Immediately after Caesarean Section. *J Tehran Heart Cent.* 2016 Apr 13;11(2):85–87.
5. Wichert-Schmitt B, Grewal J, Malinowski AK, Pfaller B, Losenno KL, Kiess MC, Colman JM, Tsang W, Mason J, Siu SC, Silversides CK. Outcomes of Pregnancy in Women With Bioprosthetic Heart Valves With or Without Valve Dysfunction. *J Am Coll Cardiol.* 2022 Nov 22;80(21):2014–2024.

6. Carvajal HG, Lindley KJ, Shah T, Brar AK, Barger PM, Billadello JJ, Eghtesady P. Impact of pregnancy on autograft dilatation and aortic valve function following the Ross procedure. *Congenit Heart Dis.* 2018 Mar;13(2):217–221.
7. Акатов Д.С., Белов В.А., Хомич Д.Е., Бухарева О.Н., Макаров А.А., Котов С.Н., Шнейдер Ю.А. Шестилетний опыт выполнения операции росса у детей с врожденным пороком аортального клапана // Альманах клинической медицины. 2020. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/shestiletnyi-opyt-vypolneniya-operatsii-rossa-u-detey-s-vrozhdennym-porokom-aortalnogo-klapana> (дата обращения: 22.12.2023).
8. Bockeria L.A., Muratov R.M., AlKhadzhad Kh.F., Britikov D.V., Skopin I.I., Babenko S.I., Soboleva N.N., Makarenko V.N. [The first experience with prosthesis of the aortic valve with a lung autograft (Ross's operation)]. *Russian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery.* 2005;(3):11–5.
9. Komarov RN, Nuzhdin MD, Simonyan AO, Drakina OV, Tsaregorodtsev AV. Tricuspid valve replacement with a mitral homograft: surgical technique and immediate results. *Kardiologiya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya.* 2023;16(4):443–448.
10. Komarov R.N., Tsaregorodtsev A.V., Tkachev M.I., Savina V.A., Baziyants L.R. A case report of using an aortomitral homograft in a patient with infective endocarditis: surgical technique and immediate outcomes. *Minimally Invasive Cardiovascular Surgery.* 2023;2(2):58–64.
11. Нуждин, М., Комаров, Р., Мацуганов, Д., Мельников, И., & Царегородцев, А. (2023). Технические аспекты и результаты применения клапанных гомографтов в хирургии атриовентрикулярных клапанов сердца: систематический обзор. *Патология кровообращения и кардиохирургия*, 27(2), 42–53.
12. Komarov R.N., Nuzhdin M.D., Belov V.A., Chernyavsky S.V., Ismailbayev A.M., Drakina O.V., Tsaregorodtsev A.V., Baziyants L.R. Mitral homograft in tricuspid position: indications for implantation and surgical technique. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2023;12(2):173–182.
13. Комаров Р.Н., Чернявский С.В., Исмаилбаев А.М., Симонян А.О. Аутоперикардальная неокуспидизация аортального клапана: как это делать? // ПКК. 2021. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/autoperikardialnaya-neokuspidizatsiya-aortalnogo-klapana-kak-eto-delat> (дата обращения: 22.12.2023).

© Джанибекова Шерифат Салиховна (sdzhanibekova@yandex.ru); Матевосян Ирина Эдиковна (imatevosyn@mail.ru);
Прохорович Татьяна Ивановна (tatyana.prohorovich@yandex.ru); Коновалова Марина Владиславовна (marinavladyoslavovna@mail.ru);
Васильев Владимир Владимирович (doctor-vasiliev@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПЕРСОНИФИЦИРОВАННАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОПОГРАФИИ НЕЙТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ ПРОТЕЗНОГО ЛОЖА БЕЗЗУБОЙ ЧЕЛЮСТИ

PERSONALIZED METHODOLOGY FOR DETERMINING THE TOPOGRAPHY OF THE NEUTRAL ZONE OF THE DENTURE BED OF THE TOOTHLESS JAW

E. Zhulev
Ju. Vokulova
N. Yanova
M. Zhdanova
A. Plishkina
S. Zhdanov
T. Gukasyan
K. Vykova
A. Veneralova

Summary. The purpose of the study is to develop a personalized methodology for determining the topography of the neutral zone of the denture bed of the toothless jaw. *Materials and methods.* To confirm the effectiveness of the proposed methods for determining the neutral zone of the denture bed of the toothless jaw and the method of making an individual spoon, a special study was conducted in which 19 patients (11 men and 8 women) with complete tooth loss aged 51 to 74 years participated. During orthopedic treatment, 9 patients (5 men and 4 women) aged 56–74 years were made using the traditional method of 16 complete removable prostheses (9 for the upper jaw and 7 for the lower jaw). In the orthopedic treatment of 10 patients (6 men and 4 women) aged 51 to 72 years, 16 complete removable prostheses (10 for the upper jaw and 6 for the lower jaw) were made using the digital method proposed by us. *Results.* The use of a personalized technique for determining the topography of the neutral zone of the denture bed of the toothless jaw increases the accuracy of the functional impression, improves the fixation of the prosthesis and generally improves the effectiveness of orthopedic treatment of patients with complete absence of teeth.

Keywords: the neutral zone of the denture bed of the toothless jaw, complete removable dentures, digital technologies in dentistry.

Жулев Евгений Николаевич

Заслуженный работник высшей школы РФ,
доктор медицинских наук, профессор, ФГБОУ ВО
«Приволжский исследовательский медицинский
университет» Минздрава России, Нижний Новгород
hrustalev54@mail.ru

Вокулова Юлия Андреевна

Кандидат медицинских наук, Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского
Vokulova89@mail.ru

Янова Нина Александровна

Кандидат медицинских наук, доцент, Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского
nina-yanova@yandex.ru

Жданова Мария Леонидовна

Кандидат медицинских наук, доцент, Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского
marikac3@mail.ru

Плишкина Анна Александровна

Кандидат медицинских наук, доцент, Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского
plishkina@unn.ru

Жданов Сергей Евгеньевич

Кандидат медицинских наук, ассистент, Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского
zs-nn@mail.ru

Гукасян Тереза Нельсоновна

Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского
dante.danielyan@mail.ru

Быкова Ксения Валерьевна

Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского
bykova.ksenia2000@gmail.com

Венералова Анастасия Евгеньевна

Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского
ser_smir777@mail.ru

Аннотация. Цель исследования — разработать персонафицированную методику определения топографии нейтральной зоны протезного ложа беззубой челюсти. *Материалы и методы.* Для подтверждения эффективности предложенных нами методики определения нейтральной зоны протезного ложа беззубой челюсти и способа изготовления индивидуальной ложки было проведено специальное исследование, в котором приняли участие 19 пациентов (11 мужчин и 8 женщин) с полной потерей зубов в возрасте от 51 до 74 лет. При ортопедическом лечении 9 пациентов (5 мужчин и 4 женщин) в возрасте от 56 до 74 лет были изготовлены по традиционной методике 16 полных съемных протезов (9 — на верхнюю челюсть и 7 — на нижнюю че-



Введение

Неудовлетворительная фиксация полного съемного пластиночного протеза чаще всего является следствием плохого качества функционального оттиска, который в свою очередь зависит от точности определения границ индивидуальной ложки. Выход края базиса готового протеза за пределы нейтральной зоны в любом случае приводит к нарушению фиксации и стабилизации полных съемных протезов [1, 2, 3].

Традиционные методы определения границ нейтральной зоны слизистой оболочки беззубой челюсти состоят из следующих этапов [4, 5]: определение с помощью пальпации активно-подвижной и неподвижной слизистой оболочки, маркировка красителями границ нейтральной зоны слизистой оболочки, измерение с помощью микрометра ширины нейтральной зоны слизистой оболочки, визуальное определение ее границ на рабочей гипсовой модели.

Недостатком этих методов является высокая степень их субъективности, т.к. определение топографии нейтральной зоны переходной складки беззубой челюсти основано лишь на визуальном осмотре и пальпаторных ощущениях лечащего врача. Именно поэтому точность полученных данных зависит от квалификации, опыта и мануальных навыков исследователя. Кроме того, поскольку этот метод является внутриротовым, точно перенести полученные данные на рабочую модель челюсти практически невозможно.

Цель исследования — разработать персонализированную методику определения топографии нейтральной зоны протезного ложа беззубой челюсти.

Материалы и методы исследования

Для разработки персонализированной методики определения нейтральной зоны при ортопедическом лечении пациентов с полной потерей зубов [патент № 2792389 «Способ изготовления индивидуальной оттисковой ложки беззубой челюсти» от 21.03.2023] были использованы данные об анатомических особенностях

люсть). При ортопедическом лечении 10 пациентов (6 мужчин и 4 женщин) в возрасте от 51 до 72 лет были изготовлены по предложенной нами цифровой методике 16 полных съемных протезов (10 — на верхнюю челюсть и 6 — на нижнюю челюсть). *Результаты.* Применение персонализированной методики определения топографии нейтральной зоны протезного ложа беззубой челюсти повышает точность функционального оттиска, улучшает фиксацию протеза и в целом способствует повышению эффективности ортопедического лечения больных с полным отсутствием зубов.

Ключевые слова: нейтральная зона протезного ложа беззубой челюсти, полные съемные протезы, цифровые технологии в стоматологии.

строения протезного ложа в области переходной складки слизистой оболочки, альвеолярного отростка и альвеолярной части беззубой челюсти. Серию цифровых изображений трансверзальных срезов этой анатомической области создавали в виртуальном пространстве программного обеспечения CAD/CAM системы. Последовательный алгоритм действий состоял из обозначения необходимых для этого анатомических ориентиров: альвеолярный отросток, купол переходной складки и зона перехода неподвижной слизистой оболочки, покрывающей альвеолярный отросток, в подвижную слизистую оболочку переходной складки, т.е. полуподвижную (нейтральная зона).

По предварительному анатомическому оттиску изготавливается гипсовая модель, на которой начиная от середины и далее вдоль гребня альвеолярного отростка справа и слева с помощью жидкотекучего композитного материала наносятся точки на расстоянии 1 см друг от друга. С помощью оптического сканера получают цифровое изображение гипсовой модели челюсти. В виртуальном пространстве программного обеспечения CAD/CAM системы создается серия трансверзальных срезов альвеолярного отростка через обозначенные точки композитного материала.

На каждом трансверзальном срезе альвеолярного отростка определяется его срединная ось (рис. 1). Для этого сначала щечный и язычный скаты альвеолярного отростка обозначают плоскостями (линии А и Б), которые пересекаются в виде угла над альвеолярным отростком (точка В), а затем из его вершины проводится биссектриса (линия Г), которая и является средней осью альвеолярного отростка, на которую опускается перпендикуляр из точки купола переходной складки (точка Д) для получения теперь уже плоскости основания альвеолярного отростка (линия Е). Через купол переходной складки (точка Д) проводится еще одна вертикальная линия, параллельная средней оси альвеолярного отростка (линия Ж).

Параллельно основанию альвеолярного отростка проводится линия «З» до пересечения с плоскостью вестибулярного ската альвеолярного отростка в точке его

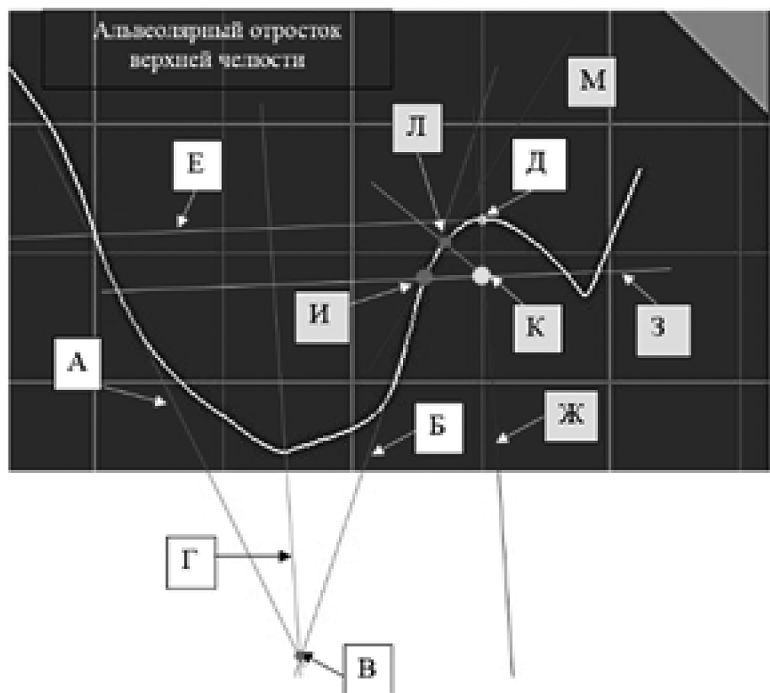


Рис. 1. Разметка контура трансверсального среза цифрового изображения модели беззубой верхней челюсти:
 А — линия, обозначающая плоскость небного ската альвеолярного отростка;
 Б — линия, обозначающая плоскость вестибулярного ската альвеолярного отростка;
 В — точка пересечения линий А и Б;
 Г — биссектриса угла АВБ;
 Д — самая высокая точка переходной складки;
 Е — основание альвеолярного отростка;
 Ж — линия, параллельная средней оси альвеолярного отростка, проведенная через вершину купола переходной складки;
 И — точка перехода вестибулярного ската альвеолярного отростка в подвижную слизистую оболочку переходной складки;
 З — линия, проведенная через точку И параллельно основанию альвеолярного отростка; К — точка пересечения линий Ж и З;
 М — плоскость вестибулярного ската переходной складки;
 Л — точка, находящаяся в пределах нейтральной зоны переходной складки

перехода в подвижную слизистую оболочку переходной складки (точка И). Точка пересечения линий Ж и З обозначается как точка К. Затем строят биссектрису угла ИКД и отмечают точку ее пересечения со скатом альвеолярного отростка (Л), которая и будет точно соответствовать участку полуподвижной слизистой оболочки, т.е. нейтральной зоне переходной складки.

На каждом трансверсальном срезе измеряют расстояние от точки, обозначенной композитом на гипсовой модели до точки Л, т.е. участка нейтральной зоны переходной складки. Полученные отрезки прямой линии отмечают на каждом срезе и переносят на гипсовую модель, на которой полученные точки маркером соединяют друг с другом для получения общей линии, проходящей по нейтральной зоне переходной складки на всем протяжении альвеолярного отростка.

На рабочей гипсовой модели по обозначенной линии нейтральной зоны изготавливают индивидуальную оттисковую ложку и получают функциональный оттиск, который в дальнейшем используется для изготовления полного съемного протеза.

Для подтверждения эффективности предложенных нами методики определения нейтральной зоны протезного ложа беззубой челюсти и способа изготовления индивидуальной ложки было проведено специальное исследование, в котором приняли участие 19 пациентов (11 мужчин и 8 женщин) с полной потерей зубов в возрасте от 51 до 74 лет. При ортопедическом лечении 9 пациентов (5 мужчин и 4 женщины) в возрасте от 56 до 74 лет были изготовлены по традиционной методике (1 группа) 16 полных съемных протезов (9 — на верхнюю челюсть и 7 — на нижнюю челюсть). При ортопедическом лечении 10 пациентов (6 мужчин и 4 женщины) в возрасте от 51

до 72 лет были изготовлены по предложенной нами цифровой методике (2 группа) 16 полных съемных протезов (10 — на верхнюю челюсть и 6 — на нижнюю челюсть).

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты сравнительной оценки эффективности ортопедического лечения пациентов при полной потери зубов с применением протезов, изготовленных с использованием цифровой методики определения нейтральной зоны протезного ложа беззубой челюсти, представлены в таблице 1. Оценка эффективности ортопедического лечения пациентов при полной потери зубов проводили после завершения периода адаптации пациентов к новым полным съемным протезам через 1–1,5 месяца после наложения протезов и с учетом жалоб пациента при наложении новых протезов и необходимости их коррекции.

Для статистического анализа полученных результатов применяли точный тест Фишера. В данном исследовании при сравнении двух групп нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,00357$, т.к. при расчете критического уровня значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных сравнений: $0,00357 = 0,05 / 14$, где 0,05 — общепринятое значение критического уровня значимости для одинарного сравнения в медико-биологических исследованиях, а 14 — число сравнений (4 заведомо неразличимые группы в строках 9, 10, 15, 16 таблицы 1 не участвовали в сравнении, т.к. для них нет вариаций значений).

В ходе проведенного исследования жалобы пациентов на болезненные ощущения при наложении полного съемного протеза, изготовленного традиционным методом, встречались в 87,5 % случаев (у 8 пациентов), при цифровом же методе изготовления протеза лишь в 6,3 % случаев (1 пациент). Все пациенты второй группы не предъявляли жалобы при пользовании протезом, в отличие от 2-х пациентов (25 % случаев), у которых протезы были изготовлены по традиционной технологии (1 группа).

Необходимость коррекции нового полного съемного протеза, изготовленного традиционным методом, при наложении в полости рта встречалась в 87,5 % случаев (у 8 пациентов), при цифровом же методе изготовления полного съемного протеза — в 6,3 % случаев (1 пациент). Все пациенты второй группы не обращались для коррекции протеза при пользовании им, в отличие от 75 % случаев (7 пациентов) применения полных съемных протезов, изготовленных по традиционной технологии (1 группа). Оценка стабильности съемных протезов при горизонтальной и боковой нагрузке показала, что протезы, изготовленные по цифровой технологии, в 93,7 % случаях не смещаются, в отличие от 81,8 % случаев при традиционном методе.

Попадание пищи под протез не наблюдалось при цифровом методе изготовления полного съемного протеза, в отличие от 12,5 % случаев (1 пациент) при традиционном методе.

Наблюдалась хорошая фиксация полных съемных протезов, изготовленных с применением цифровых технологий, в покое и при жевании, в отличие от 50 % съемных протезов (у 5 пациентов), изготовленных по традиционной методике.

У всех пациентов в обеих группах наблюдались правильное определение межальвеолярного расстояния, эстетически приемлемые цвет, форма и размер искусственных зубов, не было выявлено случаев нарушения дикции и воспалительных процессов слизистой оболочки протезного ложа, аллергических реакций, декубитальных язв или пролежней. Изготовленные полные съемные протезы улучшали внешний вид пациентов.

Неравномерные множественные окклюзионные контакты были выявлены в 43,8 % случаев лечения (у 4 пациентов) с применением полных съемных протезов, изготовленных традиционным методом и лишь у одного пациента, протезирование которого проводили с использованием цифровых технологий.

Дефекты поверхности протеза в виде пор, сколов и трещин не были выявлены у протезов, изготовленных с применением цифровых технологий, в отличие от 25 % случаев (2 пациента) при применении традиционных методов изготовления полных съемных протезов.

На очень редкое ощущение дискомфорта при жевании жаловались только 4 пациентов, протезирование которых проводили традиционным методом и только 3 пациентов этой же группы отмечали неполную адаптацию к протезам.

Все пациенты, протезированные с применением цифровых технологий, отмечали хорошее качество жизни, в отличие только от 6 пациентов, леченых с использованием традиционных методов изготовления полных съемных протезов.

Заключение

Таким образом, полные съемные протезы, изготовленные с применением цифрового способа определения топографии нейтральной зоны, обладали лучшей фиксацией и стабилизацией при горизонтальных или боковых векторах функциональной нагрузки, а также нуждались в меньшем количестве коррекции после наложения протеза в полости рта в сравнении с традиционным методом определения топографии нейтральной зоны слизистой оболочки протезного ложа беззубой челюсти ($p < 0,00357$).

Таблица 1.

Результаты сравнительной оценки эффективности ортопедического лечения пациентов при полной потере зубов с применением съемных протезов, изготовленных разными методами

№	Критерии оценки полного съемного протеза	Оценка	Баллы	Традиционный метод	Цифровой метод	p
1	Жалобы при наложении протеза*	отсутствие	12	2	15	6,84e-6
		наличие	0	14	1	
2	Жалобы при пользовании протезом	отсутствие	12	12	16	0,101
		наличие	0	4	0	
3	Необходимость коррекции нового полного съемного протеза при наложении в полости рта*	есть	0	14	1	6,84e-6
		нет	12	2	15	
4	Необходимость коррекции протеза при пользовании*	есть	0	12	0	1,61e-5
		нет	12	4	16	
5	Оценка стабильности съемных протезов при горизонтальной и боковой нагрузке*	протез не смещается	12	3	15	0,0005
		смещается в одном направлении	8	10	1	
		смещается в 2–3 направлениях	4	3	0	
		смещается во всех направлениях	0	0	0	
6	Попадание пищи под протез	нет	12	14	16	0,494
		иногда	6	2	0	
		как правило, всегда	0	0	0	
7	Фиксация съемных протезов в покое*	хорошая	12	8	16	0,002
		скорее хорошая, чем слабая	8	8	0	
		скорее слабая, чем хорошая	4	0	0	
		слабая	0	0	0	
8	Фиксация съемных протезов при жевании*	хорошая	12	8	16	0,003
		скорее хорошая, чем слабая	8	8	0	
		скорее слабая, чем хорошая	4	0	0	
		слабая	0	0	0	
9	Оценка высоты нижней трети лица	правильное определение межальвеолярного расстояния	12	16	16	–
		межальвеолярное расстояние снижено	6	0	0	
		межальвеолярное расстояние увеличено	0	0	0	
10	Состояние слизистой оболочки под протезом	слизистая оболочка не изменена	12	16	16	–
		очаговый или разлитой стоматит, аллергические реакции, декубитальные язвы или пролежни	0	0	0	
11	Окклюзионные контакты	равномерные множественные	12	9	15	0,043
		неравномерные множественные	6	7	1	
		неравномерные одиночные, не поддающиеся коррекции без снижения высоты нижнего отдела лица	0	0	0	
12	Дефекты поверхности протеза	нет	12	12	16	0,101
		поры, сколы, трещины	6	4	0	
		перелом протеза	0	0	0	

№	Критерии оценки полного съёмного протеза	Оценка	Баллы	Традиционный метод	Цифровой метод	p
13	Ощущение дискомфорта при жевании	нет	12	10	16	0,0165
		очень редко	9	6	0	
		нечасто	6	0	0	
		часто	3	0	0	
		всегда	0	0	0	
14	Влияние протезов на внешний вид лица	значительно улучшает	12	13	16	0,233
		скорее улучшает	9	3	0	
		мало влияет	6	0	0	
		скорее ухудшает	3	0	0	
		значительно ухудшает	0	0	0	
15	Оценка цвета, формы и размера искусственных зубов	эстетически приемлемо	12	16	16	—
		эстетически неприемлемо	0	0	0	
16	Оценка речи (дикции) пациента	не нарушена	12	16	16	—
		нарушена	0	0	0	
17	Оценка адаптации к протезам	полная	12	11	16	0,041
		неполная	8	5	0	
		незначительная	4	0	0	
		дезадаптация	0	0	0	
18	Качество жизни с протезами	хорошее как с естественными зубами	12	10	16	0,0205
		вполне удовлетворительное	8	6	0	
		скорее низкое	4	0	0	
		низкое	0	0	0	

Примечание: * — различия статистически значимы по критерию Фишера на уровне $p < 0,00357$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебеденко, И.Ю. Ортопедическая стоматология: национальное руководство: том 2 / под ред. И.Ю. Лебеденко, С.Д. Арутюнова, А.Н. Ряховского. — 2-е изд. перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа — 2022. — 416 с. — ISBN 978-5-9704-6367-3.
2. Коннов, В.В. Нейтральная зона — как основной ориентир расположения границ полных съёмных протезов / В.В. Коннов, Д.Х. Разаков, М.И. Кленкова // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции (10 октября 2015 г.) Волгоград «Основные проблемы в современной медицине» — г. Нижний Новгород: ИЦРОН, 2015. — С. 184–186.
3. Жилкибаева Ж.Б. Методы фиксации и стабилизации полных съёмных протезов // Актуальные научные исследования в современном мире. — 2019. — № 12-2 (56). — С. 87–91.
4. Жулев, Е.Н. Ортопедическая стоматология / Е.Н. Жулев. — М.: Медицинское информационное агентство, 2012. — 824 с. — ISBN 978-5-9986-0098-2.
5. Аствацатрян, Л.Э. Современные аспекты использования 3D-технологий в изготовлении съёмных зубных протезов / Л.Э. Аствацатрян, С.И. Гажва // Современные проблемы науки и образования: электронный журнал. — 2017. — № 5. — URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27071>.

© Жулев Евгений Николаевич (hrustalev54@mail.ru); Вокулова Юлия Андреевна (Vokulova89@mail.ru);

Янова Нина Александровна (nina-yanova@yandex.ru); Жданова Мария Леонидовна (marikac3@mail.ru);

Плишкина Анна Александровна (plishkina@inn.ru); Жданов Сергей Евгеньевич (zs-nn@mail.ru); Гукасян Тереза Нельсоновна (dante.danielyan@mail.ru);

Быкова Ксения Валерьевна (bykova.ksenia2000@gmail.com); Венералова Анастасия Евгеньевна (ser_smir777@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРАКТИКА НАЗНАЧЕНИЯ ГИПОЛИПИДЕМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ ПАЦИЕНТАМ ОЧЕНЬ ВЫСОКОГО СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОГО РИСКА

THE PRACTICE OF PRESCRIBING LIPID-LOWERING THERAPY TO PATIENTS WITH VERY HIGH CARDIOVASCULAR RISK

**D. Komissarova
S. Iureva
N. Popova
A. Iureva**

Summary. Currently, the first place in mortality is occupied by cardiovascular diseases, the most important factor predisposing to the development of these diseases is elevated cholesterol levels. The earlier the fight against dyslipidemia begins, the more favorable the prognosis for the patient. According to new clinical recommendations, a strategy for early administration of combined lipid-lowering therapy to patients with very high cardiovascular risk has appeared. Thus, this study examines the issue of non-compliance with the recommendations for the appointment of combined lipid-lowering therapy in patients with very high cardiovascular risk.

Keywords: myocardial infarction, statin therapy, lipid-lowering therapy, ezetimibe, clinical recommendations.

Актуальность

Сердечно-сосудистые заболевания в настоящее время являются одной из самых главных причин смертности населения. Согласно данным Росстата, на 2020 год смертность от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) составила 640,8 случаев на 100 тыс. населения. [1]. Поэтому поиск новых способов лечения, изо-

Комиссарова Дария Дмитриевна
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
komiss216@gmail.com

Юрьева Светлана Владимировна
Кандидат медицинских наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
silviya5@yandex.ru

Попова Наталья Васильевна
Кандидат медицинских наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
na.popova2017@yandex.ru

Юрьева Анастасия Ильинична
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский Университет Медицины Минздрава РФ
nastyaurieva02022006@gmail.com

Аннотация. В настоящее время первое место по смертности занимают сердечно-сосудистые заболевания, наиболее важным фактором, предрасполагающим к развитию данных заболеваний, является повышенный уровень холестерина. Чем раньше начинается борьба с дислипидемией, тем более благоприятен прогноз для пациента. Согласно новым клиническим рекомендациям, появилась стратегия раннего назначения комбинированной гиполипидемической терапии пациентам очень высокого сердечно-сосудистого риска. В данном исследовании изучается вопрос соблюдения рекомендаций по назначению комбинированной гиполипидемической терапии пациентам очень высокого сердечно-сосудистого риска.

Ключевые слова: инфаркт миокарда, статиноterapia, гиполипидемическая терапия, эзетимиб, клинические рекомендации.

бретение лекарственных препаратов, разработка новых методов диагностики являются основными задачами в борьбе с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Развитию ССЗ способствует большое количество факторов риска, как модифицируемых, так и немодифицируемых, одним из самых значимых факторов является дислипидемия.

Дислипидемия — это состояние, когда концентрации липидов и липопротеидов крови выходят за пределы нормы, могут быть вызваны как приобретенными (вторичными), так и наследственными (первичными) причинами [2].

По данным исследования ЭССЕ-РФ повышенный уровень общего холестерина (более 6,2 ммоль/л) имеют 23 % исследуемых лиц [3]. Распространенность гиперхолестеринемии в России, превышает данный показатель в других странах, и составляет 58,4 % в старших возрастных группах [4.] Также данные последних исследований показывают, что уровень холестерина липопротеидов низкой плотности (ХС-ЛПНП) более 1,8 ммоль/л увеличивают риск комбинированной конечной точки [5].

Для оценки сердечно-сосудистого риска (ССР), то есть риска возникновения фатальных осложнений и смерти от ССЗ оценивается по шкале SCORE (Systemic Coronary Risk Evaluation), в данной шкале используется показатель общего холестерина. В новых рекомендациях Европейского кардиологического общества [6] и Российских клинических рекомендациях по ведению пациентов с дислипидемиями [2] предлагается новая шкала SCORE-2, по которой можно рассчитать нефатальные сердечно-сосудистые осложнения, причем стратификация риска основывается на показателе холестерина липопротеидов не высокой плотности. Так или иначе, основной для оценки риска ССЗ является фактор дислипидемии.

В настоящее время разработаны целевые уровни ХС-ЛПНП и холестерина липопротеидов не высокой плотности (ХС-нЛВП) для различных уровней ССР. Достижение этих целевых уровней является ключевой задачей в борьбе с ССЗ. К группе очень высокого сердечно-сосудистого риска по последним клиническим рекомендациям [2] можно отнести пациентов с ишемической болезнью сердца, острым коронарным синдромом, реваскуляризацией и др. уровень ХС-ЛПНП у таких пациентов должен быть менее 1,4 ммоль/л. В одном из исследований регистра «РЕГИОН-ИМ» было выявлено, что достигают целевого уровня лишь 23 % пациентов [7, с. 17].

В последних клинических рекомендациях Российского кардиологического общества уделяется внимание роли ранней стратегии назначения комбинированной терапии (статины+эзетимиб) пациентам очень высокого сердечно-сосудистого риска, которая особенно важна у пациентов с ХС-ЛПНП более 4 ммоль/л [2].

Ряд исследований подтверждает необходимость комбинированного назначения статинов и эзетимиба [7]. Эзетимиб по своему механизму действия снижает абсорбцию холестерина в кишечнике, он действует на белок Niemann-Pick C1-like 1 — NPC1L1, что обуславливает его действие. Существует связь между геном, ответственным

за синтез данного белка и более низким развитием осложнений сердечно-сосудистых заболеваний [9]. Совместный прием статинов и эзетимиба снижает уровень ХС-ЛПНП по разным источникам от 14 до 25 % [10].

Цель исследования

Изучить назначение гиподислипидемической терапии у пациентов очень высокого сердечно-сосудистого риска.

Материалы и методы

Исследование выполнено после публикации новых клинических рекомендаций «Нарушение липидного обмена», в период с февраля по июнь 2023 года на базе амбулаторных учреждений Северо-Западного федерального округа. Для исследования была разработана специальная анкета, с помощью которой проводился опрос, а также использовалась информация выписных эпикризов, данные амбулаторных карт пациента из медицинской информационной системы.

В исследование включены пациенты, соответствующие следующим критериям: возраст от 18 до 99 лет; посетившие амбулаторное учреждение; перенесших инфаркт миокарда (инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST, инфаркт миокарда без подъема сегмента ST) с февраля по июнь 2023 года; подписавшие информированное добровольное согласие на участие в исследовании. Было включено 165 пациентов, подходящих под установленные критерии.

Статистический анализ проводился при помощи программы SPSS Statistics.

Результаты и обсуждение

В исследовании вошли 165 пациентов — 123 (74,5 %) мужчины и 42 (25,5 %) женщины. Возраст от 29 до 98 лет, средний возраст мужчин — $59 \pm 9,9$ лет, женщин — $67 \pm 12,1$ лет.

При оценке факторов риска наиболее значимыми оказались: курение — каждый 3 пациент — 52 (31,5 %) курит в настоящее время, а 45 (27,3 %) пациентов курили раньше, но бросили). Второй по значимости фактор риска — чрезмерное употребление алкоголя — каждый 3 пациент — 57 (34,5 %) отмечает, что употребляет алкоголь; в среднем 120 г в пересчете на граммы чистого спирта.

Избыточная масса тела была диагностирована у каждого 2 пациента — 79 (47,8 %), а ожирение 1 степени имеет каждый 5 пациент — 31 (18,8 %). Объем талии выше 80 см выявлен у 30 (71,1 %) женщин; объем талии

выше 94 см у 94 (76,4 %) мужчин. Такой немаловажный фактор риска как гиподинамия выявлен у каждого 3 пациента — 99 (60,0 %).

Полученные нами данные соотносятся с аналогичными исследованиями, так в одном проспективном когортном исследовании [11, с.136], частота встречаемости факторов риска, у пациентов с инфарктом миокарда составляет: курение — 61,6 %, избыточная масса тела и ожирение — 71,4 %.

Пациенты, принявшие участие в нашем исследовании, были коморбидными. Гипертоническая болезнь была диагностирована у 152 (92,1 %) пациентов. Сахарный диабет 2 типа — у 31 (18,7 %) пациента, а 23 (13,9 %) пациента отметили, что не знают есть ли у них это заболевание. Похожие данные были выявлены в исследовании Новиковой И.А. и соавт. [10], в котором распространенность сахарного диабета составила 20,8 %; но при этом частота гипертонической болезни меньше — 68,0 %. У 16 (9,6 %) пациентов инфаркт миокарда повторный. 15 (9,0 %) пациентов страдали фибрилляцией предсердий, у 4 (2,4 %) из них — постоянная форма, у 11 (6,6 %) — пароксизмальная. У 10 (6,0 %) пациентов в анамнезе был ишемический инсульт. Скорость клубочковой фильтрации (СКФ) по формуле СКД-ЕП1 от 60 мл/мин/1,73 м² до 30 мл/мин/1,73м² была отмечена у 30 (18,1 %) пациентов; менее 30 мл/мин/1,73м² — у 4 (2,4 %). Атеросклероз брахиоцефальных артерий был выявлен у 51 (30,9 %) пациента, из них гемодинамически значимый стеноз был у 4 (2,4 %) пациентов; в среднем процент стеноза составил — 40 %.

На момент госпитализации 165 (100 %) пациентов имели очень высокий сердечно-сосудистый риск, то есть нуждались в статинотерапии. До госпитализации по поводу инфаркта миокарда статины получал 61 (36,9 %) пациент. Целевой уровень ХС-ЛПНП менее 1,4 ммоль/л был достигнут у 20 (12 %) пациентов. Комбинированная терапия статин+эзетимиб не была назначена ни одному пациенту. На момент выписки из стационара монотерапия статинами была назначена у 156 (94,5 %) пациентов, из них 130 (83 %) был назначен аторвастатин, 26 (17 %) — розувастатин. Таким образом мы можем отметить, что 9 (5,5 %) пациентов не получали статино-терапию. При этом ни один пациент в анкете не отметил отказа от терапии, причина неназначения остается неизвестной. Подобная тенденция прослеживается и в других исследованиях. Так в исследовании РЕНЕССАНС [12] только 65 % пациентов с очень высоким сердечно-сосудистым риском принимали статины в монотерапии, а высокоинтенсивная терапия зарегистрирована только у 29 % пациентов. Такие же результаты были получены в исследовании АЙСБЕРГ [13], где частота назначения статино-терапии у пациентов очень высокого ССР составила 42 %. Научные изыскания на тему комбиниро-

ванной терапии статины+эзетимиб ведутся уже давно, так в исследовании IMPROVE-IT [14] было доказано, что добавление к терапии статинами эзетимиба снижает уровень ХС-ЛПНП на 24 %, также важно отметить, что в группе пациентов получающих симвастатин+эзетимиб не было выявлено статистически значимого увеличения нежелательных побочных эффектов, в сравнении с группой получающей только симвастатин.

На момент выписки из стационара средний уровень ХС-ЛПНП в общей выборке составил — 3,19 ммоль/л. У мужчин — 3,27 ммоль/л, а у женщин — 2,89 ммоль/л.

У каждого 5 пациента — 32 (19,4 %) после инфаркта миокарда при выписке из стационара уровень ХС-ЛПНП был более 4 ммоль/л. Из них 28 (16,9 %) пациентам был назначен аторвастатин: из них максимальную дозу 80 мг получали — 14(43,8 %) пациентов. 4 (2,4 %) пациента получали розувастатин, среди них только 1 (3,1 %) пациентов в максимальной дозе — 40 мг. Пациенты с уровнем ХС-ЛПНП более 4 ммоль/л должны получать комбинированную терапию статины+эзетимиб [2], по результатам исследования данная терапия не назначается вообще, при монотерапии не всегда назначаются высокоинтенсивные дозировки. По данным метаанализа [15] добавление к высокоинтенсивной терапии статинами эзетимиба позволяет снизить уровень ХС-ЛПНП дополнительно на 14 %. Причем именно комбинированная схема назначения прописана в новых клинических рекомендациях, но при ведении пациентов ее не придерживаются [2].

Анализируя частоту назначения комбинированной терапии, то в исследовании АРГО-3 процент назначения значительно различается с нашим исследованием, так частота назначения комбинации достигает 17,2–23,2 % случаев [16, с. 147]. В данном исследовании частота назначения комбинированной терапии составляет 8%. Вопрос, почему наблюдается такое отклонение от клинических рекомендаций остается открытым. Такое несоблюдение рекомендаций может понести за собой непоправимые риски возникновения как нефатальных, так и фатальных осложнений. Настоящее исследование происходило спустя полгода после выхода клинических рекомендаций, то есть времени на изучение новых рекомендаций было достаточно. При этом в одном из исследований изучали уровень знаний клинических рекомендаций у врачей первичного звена, в результате только 56 % респондентов ознакомились с клиническими рекомендациями [17, с. 20].

Но важно отметить тот факт, что эзетимиб на данный момент не включен в перечень лекарств, которые можно получить по льготе, то есть, возможно покупка препарата связана с финансовыми возможностями самого пациента. В одном из исследований был проведен анализ клинико-экономической целесообразности добавления

эзетимиба в программу льготного обеспечения, там было выявлено, что применение комбинированной терапии снижает риск сердечно-сосудистых осложнений, увеличивает продолжительность жизни, но увеличивает затраты на одного пациента, и при этом сокращает расходы на стационарное лечение [18]. Таким образом, существуют предпосылки к расширению перечня льготных препаратов с добавлением в него эзетимиба, что, несомненно, увеличит и частоту назначения данного препарата, и улучшит прогноз для пациентов. Но в нашем исследовании ни одному пациенту на момент выписки из стационара не был даже рекомендован эзетимиб.

Важно не только назначение гиполипидемической терапии, но и дальнейшее диспансерное за пациентом, согласно клиническим рекомендациям, оно должно быть осуществлено через 8 ± 4 недели, для оценки достижения целевых уровней [2]. В нашем исследовании только у 129 (78,1 %) пациентов был определен ХС-ЛПНП, из них целевого уровня достигли 58 (35 %) пациентов. Коррекция дозы среди тех, кто не достиг целевого уровня, была проведена только у 27 (16,3 %) пациентов, то есть 30 (18,1 %) пациентов остались на той же дозе статинов, учитывая то, что целевой у них не достигнут. Эзетимиб был назначен только 14 (8 %) пациентам. Уровень триглицеридов более 2,3 ммоль/л был выявлен у 13 (10 %) пациентов, фибраты были назначены только 1 (0,7 %) пациенту, а омега-3-ненасыщенные жирные кислоты (омега-3-ПНЖК) были назначены 4 (3 %) пациентам. По клиническим рекомендациям первой линией борьбы с гипертриглицеридемией являются статины, в случае недостижения целевого уровня ХС-ЛПНП и при уровне ТГ более 2,3 ммоль/л добавление в терапию фенофибрат [1]. В исследовании ACCORDION [19], проведенном в 2020 году, был проанализирован совместный прием статинов и фенофибрат, в результате было показано снижение количества фатальных сердечно-сосудистых осложнений на 34 %. Насчет омега-3-ПНЖК однозначного мнения нет, хотя по нашим результатам она назначается в 4 раза чаще фибратов. По результатам исследования REDUCE-IT [20], где было показано снижение относительного риска сердечно-сосудистых событий на 25 %.

Обследование печеночных трансаминаз выполнено у 103 (62,4 %) пациентов. У 5 (3 %) пациентов отмечалось увеличение АЛТ и АСТ более трех норм, из них только одному пациенту был отменен статин и он был направлен к гастроэнтерологу. Исследование креатинфосфокиназы (КФК) проведено у 25 (15 %) пациентов. Миалгию отмечали 6 (4,6 %) пациентов, при этом ни у кого из обследованных уровень КФК не превышал норму. Но одному пациенту был добавлен эзетимиб, а другому пациенту была снижена дозировка статинов. Несомненно, многие исследования доказывают безопасность статинотерапии, так, например, в одном ретроспективном исследовании была выявлена очень редкая частота токсического повреждения печени на фоне приема статинов — 0,09 % [21]. Рассматривая статиновую миопатию, а в частности рабдомиолиз процент ее развития минимальный — менее 0,1 %, но осложнение является опасным, жизнеугрожающим [22, с. 36], но низкий риск развития побочных эффектов не исключает необходимости в контроле.

Заключение

На стационарном этапе ни одному пациенту с очень высоким риском не была назначена комбинированная терапия (статин+эзетимиб). На момент выписки из стационара у каждого пятого пациента уровень ХС-ЛПНП был выше 4 ммоль /л. Контроль приема гиполипидемической терапии (8+4 нед.) был проведен у 78 % пациентов. На амбулаторном этапе пациентам очень высокого сердечно-сосудистого риска комбинированная терапия (эзетимиб + статин) была назначена в 8 %. Целевые ХС-ЛПНП достигли 35 % пациентов к 8+4 недели на фоне терапистатинами. В 18 % случаев не проводилась коррекция дозы статина и не был добавлен эзетимиб при недостижении целевых показателей ХС-ЛПНП или снижении ХС-ЛПНП на 50 % от исходного уровня. Контроль уровня трансаминаз на амбулаторном этапе проведен у 62 % пациентов, при повышении уровня трансаминаз 3 и более нормы в 80 % случаев не проводилась отмена статинов. В результате анализа была выявлена достаточно низкая приверженность к соблюдению клинических рекомендаций по гиполипидемической терапии у пациентов очень высокого сердечно-сосудистого риска, причина несоблюдения остается невыясненной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Россия в цифрах 2021. Краткий статистический сборник. М.: Росстат; 2021.
2. Нарушения липидного обмена. Клинические рекомендации 2023. Российское кардиологическое общество. Российское научное медицинское общество терапевтов. Доступно по: scardio.ru/content/Guidelines/KR_NLO_2023.pdf.
3. Мешков А.Н. и др. Распределение показателей липидного спектра у мужчин и женщин трудоспособного возраста в Российской Федерации: результаты исследования ЭССЕ-РФ за 2012–2014 гг. // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2017. Vol 6. №4. С. 62–67.
4. Метельская В.А. и др. Анализ распространенности показателей, характеризующих атерогенность спектра липопротеидов, у жителей Российской Федерации (по данным исследования ЭССЕ-РФ). Профилактическая медицина. 2016; 19(1):15–23
5. Shah NP, Page C, Green CL, Gao M, Cavalier J, McGarrah RW, DeWald TA, Sangvai D, Patel MR, Pagidipati NJ. Bending the Cardiovascular Event Curve by Evaluating the Potential Impact of Achieving Low-Density Lipoprotein Cholesterol Goal Across a Large Health System Among Secondary Prevention Patients. *Am J Cardiol.* 2023 Jan 1;186:91–99. doi: 10.1016/j.amjcard.2022.10.033. Epub 2022 Nov 10. PMID: 36371856.

6. European Heart Journal. 2020;41:111-188. doi:10.1093/eurheartj/ehz455.
7. Бойцов С.А., Шахнович Р.М., Терещенко С.Н., Эрлих А.Д., Кукава Н.Г., Певзнер Д.В., Рытова Ю.К. Распространенность гиперлипидемии и особенности липидснижающей терапии у пациентов с инфарктом миокарда по данным Российского регистра острого инфаркта миокарда РЕГИОН-ИМ. Кардиология. 2022;62(7):12–22.
8. Ballantyne C.M., Blazing M.A., King T.R., et al. Efficacy and safety of ezetimibe co-administered with simvastatin compared with atorvastatin in adults with hypercholesterolemia. Am J Cardiol 2004;93:1487–1494.
9. Stitzel N.O., Won H.H., Morrison A.C., et al. Inactivating mutations in NPC1L1 and protection from coronary heart disease. N Engl J Med 2014;371:2072–2082.
10. Morrone D., Weintraub W.S., Toth P.P., et al. Lipid-altering efficacy of ezetimibe plus statin and statin monotherapy and identification of factors associated with treatment response: a pooled analysis of over 21,000 subjects from 27 clinical trials. Atherosclerosis 2012;223:251–261.
11. Новикова И.А., Некрутенко Л.А., Лебедева Т.М., Хлынова О.В., Шишкина Е.А. Пациент после инфаркта миокарда: факторы риска новых сердечно-сосудистых катастроф // Анализ риска здоровью. 2019. №1.
12. Ежов М.В., Близнюк С.А., Тмоян Н. А., Рожкова Т.А., и др. Регистр пациентов с семейной гиперхолестеринемией и пациентов очень высокого сердечно-сосудистого риска с недостаточной эффективностью проводимой гиполипидемической терапии (ренессанс) // РКЖ. 2019. №5.
13. М. В. Ежов, С. А. Близнюк, И. А. Алексеева, В. А. Выгодин. Распространенность гиперхолестеринемии и применения статинов в амбулаторной практике в Российской Федерации. Исследование АЙСБЕРГ — диагностирование пациентов с гиперхолестеринемией в условиях амбулаторной практики на раннем этапе с целью улучшения сердечно-сосудистого прогноза // Атеросклероз и дислипидемии. 2017. №4
14. Cannon C.P., Blazing M.A., Giugliano R.P., et al. Ezetimibe Added to Statin Therapy after Acute Coronary Syndromes. N Engl J Med 2015;372:2387–2397
15. Lee J, Egolom U, Parihar H, Cooley M, Ling H. Effect of Ezetimibe Added to High-Intensity Statin Therapy on Low-Density Lipoprotein Cholesterol Levels: A Meta-Analysis.
16. Ежов М.В., Ахмеджанов Н.М., Колмакова Т.Е., Тюрина А.В., Мартынов А.И. Амбулаторная практика назначения гиполипидемической терапии по данным исследования АРГО-3 (Анализ Распространенности Гиперхолестеринемии в амбулаторной практике) // РФК. 2023. №2/
17. Ластовецкий А.Г., Кочубей В.В., Сандаков Я.П., Иванова М.А. Оценка знаний врачей клинических рекомендаций соблюдения правил клинического измерения артериального давления // Проблемы стандартизации в здравоохранении. 2019. №9–10.
18. Бессонова Т.О., Мухортова П.А., Терян Р.А., Багдасаров А.Д., Мусина Н.З. Оценка клинико-экономической целесообразности применения лекарственных препаратов эзетимиб, алирокумаб, эволокумаб и инклисиран в рамках программы льготного лекарственного обеспечения пациентов очень высокого сердечно-сосудистого риска // Фармакоэкономика. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология. 2023. №1.
19. Kloecker DE, Khunti K, Davies MJ, Pitocco D, Zaccardi F. Microvascular Disease and Risk of Cardiovascular Events and Death From Intensive Treatment in Type 2 Diabetes: The ACCORDION Study. Mayo Clin Proc. 2021 Jun;96(6):1458–1469. doi: 10.1016/j.mayocp.2020.08.047. Epub 2021 May 2. PMID: 33952397.
20. Bhatt D. L. et al. Cardiovascular risk reduction with icosapent ethyl for hypertriglyceridemia //New England Journal of Medicine. — 2019. — Т. 380. — №. 1. — С. 11–22
21. Clarke AT, Johnson PC, Hall GC, et al. High dose atorvastatin associated with increased risk of significant hepatotoxicity in comparison to simvastatin in UK GPRD Cohort. PLoS One. 2016;11:e0151587. DOI:10.1371/journal.pone.0151587
22. Сусекон Андрей Владимирович. Актуальные вопросы современной гиполипидемической терапии // Consilium Medicum. 2022. №1.

© Комиссарова Дария Дмитриевна (komiss216@gmail.com); Юрьева Светлана Владимировна (silviya5@yandex.ru);
Попова Наталья Васильевна (na.popova2017@yandex.ru); Юрьева Анастасия Ильинична (nastyaurieva02022006@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ТЭЛА У БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН. СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА ПРОБЛЕМУ

TELA IN PREGNANT WOMEN. A MODERN VIEW AT THE PROBLEM

**I. Matevosyan
T. Prokhorovich
M. Konovalova
Sh. Dzhanibekova
V. Vasiliev**

Summary. The article discusses pulmonary embolism (PE) in pregnant women. It has been noted that during pregnancy, central hemodynamics changes significantly; with increasing gestational age, heart rate, ejection fraction, and minute blood volume increase, which leads to the risk of pulmonary embolism. Variants of thrombotic complications in pregnant women with pulmonary embolism have been identified. The features of the diagnosis of pulmonary embolism during pregnancy are considered. Ways to increase the survival rate of pregnant women with PE have been identified: strengthen diagnostics or adhere to more aggressive prevention. It is concluded that the treatment of pulmonary embolism in pregnant women is gradually moving closer to the principles of treatment in the general population due to a reduction in the restrictions of therapeutic and diagnostic measures associated with pregnancy.

Keywords: pulmonary embolism, pregnancy, diagnosis, venous system, treatment.

Тромбоэмболия легочной артерии (ТЭЛА) является жизнеугрожающей патологией, которая трудно поддается курации даже в крупных городах с так называемой 20-минутной логистикой (на примере острого коронарного синдрома — время от вызова бригады скорой помощи до начала высокотехнологичного чрескожного коронарного вмешательства в среднем составляет 20 минут для Москвы). Смертность от ТЭЛА на сегодняшний день высока [1].

Матевосян Ирина Эдиковна

Кандидат медицинских наук, доцент,
Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет
imatevosyn@mail.ru

Прохорович Татьяна Ивановна

кандидат медицинских наук, доцент,
Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет
tatyana.prohorovich@yandex.ru

Коновалова Марина Владиславовна

Кандидат медицинских наук, доцент,
Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет
marinavladyslavovna@mail.ru

Джанибекова Шерифат Салиховна

Кандидат медицинских наук, ассистент,
Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет
sdzhanibekova@yandex.ru

Васильев Владимир Владимирович

Кандидат медицинских наук, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет; СПб ГБУЗ «Городская больница 9»
doctor-vasiliev@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается тромбоэмболия легочной артерии (ТЭЛА) у беременных женщин. Отмечено, что при беременности значительно изменяется центральная гемодинамика, с увеличением срока беременности возрастает частота сердечных сокращений, фракция выброса, минутный объем крови, что приводит к риску возникновения ТЭЛА. Определены варианты тромботических осложнений у беременных при ТЭЛА. Рассмотрены особенности диагностики ТЭЛА при беременности. Определены пути увеличения выживаемости беременных с ТЭЛА: усилить диагностику или придерживаться более агрессивной профилактики. Сделан вывод о том, что лечение ТЭЛА у беременных постепенно стремится приблизиться к принципам лечения в общей популяции благодаря снижению ограничений лечебно-диагностических мероприятий, связанных с беременностью.

Ключевые слова: тромбоэмболия легочной артерии, беременность, диагностика, венозная система, лечение.

Вместе с этим риски ТЭЛА увеличиваются при беременности [2], а во время родов сопоставимы с риском от крупной полостной операцией. Что интересно, в развитых странах именно ТЭЛА является ведущей причиной материнской смертности [3]. Несмотря на достаточно большое количество наблюдений и высокую заинтересованность данной проблемой, до сих пор присутствует наибольшее количество лечебно-диагностических ошибок в отношении постановки диагноза и дальнейшего

введения [4]. Даже после постановки диагноза ТЭЛА риск смертности среди данной группы пациентов значительно выше общей популяции из-за неверной тактики.

Кроме того, в связи с социально-экономическими обстоятельствами, в развитых странах отмечается общая тенденция к увеличению возраста материнства. Вместе с этим, риск ТЭЛА увеличивается примерно в 2 раза каждые 10 лет [5]. В связи с этим актуальной становится оценка современных концепций лечения ТЭЛА позволит заострить внимание на ключевых проблемах, решение которых в последующее десятилетие может улучшить выживаемость пациенток с ТЭЛА.

Цель статьи заключалась в систематизации и критической оценке различных диагностических и лечебных подходов в отношении тромбоэмболии легочной артерии, случившейся у женщин во время беременности или родов.

В обзор были включены клинические случаи тромбоэмболии легочной артерии у женщин во время беременности или родов, описана применяемая лечебная тактика, исходы, этиология. Материалы отобраны в базе данных PubMed по запросам: «thromboembolism during pregnancy», «Pulmonary embolism», «Pregnancy and Pulmonary Embolism» и прочим. При отборе работ временное ограничение по дате публикации не выставлялось в силу малого количества публикаций по данной теме.

При беременности значительно изменяется центральная гемодинамика. С увеличением срока беременности возрастает частота сердечных сокращений, фракция выброса, минутный объем крови [6]. Кроме того, беременность всегда ассоциируется с протромботическим состоянием: повышается активность факторов свертывающей системы крови (VII, VIII, X), увеличивается венозный стаз, что в свою очередь повышает риск тромбоза глубоких вен нижних конечностей в 5 раз (на 500 % (1) в перипартальном периоде риск достигает пика) по сравнению с общей популяцией [7].

Варианты тромботических осложнений у беременных при ТЭЛА

В мировой литературе есть мнение, что терапия ТЭЛА может отличаться в зависимости от клинических вариантов нарушения свертывающей системы крови. Требуется найти баланс между эффективностью терапии и ее рисками, а для этого необходимо учитывать различные патогенезы тромбофилии.

Коррекция приобретенных факторов тромбообразования, таких как хроническая болезнь почек, хроническая болезнь вен нижних конечностей, ревматические

заболевания должна проходить перед планированием беременности.

Также важна профилактика ДВС — синдрома путем коррекции гестозов, профилактики акушерских кровотечений, водно-электролитных нарушений, гнойно — септических заболеваний.

Все это называют профилактикой венозного тромбоза, в отношении которого применяют различные тактики, начиная от динамического наблюдения в периоде беременности и после родов и заканчивая назначением высоких доз гепарина на весь период беременности. Ни одна из стратегий не имеет высокой доказательности в виду ограниченного применения и систематического доклада о результатах курации пациенток [8].

Диагностика ТЭЛА при беременности

Диагностика ТЭЛА при беременности базируется на принципах, применяемых в общей популяции. Типичными клиническими проявлениями является тахикардия, одышка, загрудинная боль. При подозрении на ТЭЛА обязательно провести ЭКГ для оценки симптомов перегрузки правых отделов сердца, признак S1Q3T3 является патогномичным для ТЭЛА [9].

Если пациентка остается гемодинамически стабильной, по жизненным показаниям принято выполнять КТ-ангиопульмонографии [10]. При этом решение о проведении вмешательства должно применяться смело и незамедлительно в связи с жизненными показаниями. При этом уровень лучевой нагрузки, вероятно, вполне безопасен для плода, так как составляет примерно соотную долю от предельно допустимой [11].

Если же пациентка гемодинамически нестабильна, стоит оценить состояние венозной системы нижних конечностей — наиболее частого источника тромбозов. Ультразвуковое исследование глубоких вен нижних конечностей обладает в данной ситуации очень высокой чувствительностью и специфичностью именно для ТЭЛА, в связи с чем эффективно позволяет провести дифференциальную диагностику с пневмонией и острой сердечной недостаточностью. Если ультразвуковой скрининг вен нижних конечностей положительный, есть смысл в лечении ТЭЛА по общим клиническим рекомендациям.

Если пациентка имеет клинику, похожую на ТЭЛА, но при этом гемодинамически нестабильна и не имеет симптомов тромбоза глубоких вен (например, симптом Мозеса), требуется подтверждение диагноза — КТ-ангиопульмонография.

Альтернативой может быть новый адаптированный алгоритм, разработанный в ходе крупного исследования YEARS [12]. Алгоритм заключается в оптимизации назначения КТ-ангиопульмонографии. На первом этапе собирали клинические данные, вместо классической триады ТЭЛА было предложено считать 3 других критерия — кровохарканье, клиника тромбоза глубоких вен нижних конечностей, низкая вероятность другого диагноза. Если пациентка набирала более 1 балла (years), то решение о проведении КТ-ангиопульмонографии принимали при количестве D-димера более 500 нг/мл. Если D-димер был ниже, то диагноз опровергался [13].

Данный алгоритм пока не может применяться широко. Авторы продемонстрировали снижение количество проведенных КТ-ангиопульмонографий на 36 % без потери в качестве диагностики. Безусловно, это можно считать плюсом, однако, требуется проверка данного алгоритма в других условиях, в частности, не в Японии с хорошей транспортной доступностью, а, например, в Российской Федерации. К тому же нельзя жертвовать объемом диагностики в отношении такой грозной патологии. Мы считаем данный алгоритм сомнительным, прежде всего из-за того, что он неэффективен в 3 триместре и послеродовом периоде, а это критически важные точки ведения пациенток.

Применение МРТ в качестве альтернативы компьютерной томографии обсуждается. Данный метод пока используется ограниченно и малодоступен, однако, его применение не сопряжено с использованием йодсодержащего контраста, что является плюсом [14].

Место D-димера в диагностике ТЭЛА при беременности

Роль D-димера в диагностике ТЭЛА дискуссионна в связи с отсутствием референсных значений маркера и привязке результата к возрасту. А при беременности «поведение» данного показателя и вовсе не изучено [15].

В норме у беременных D-димер физиологически повышен, мало того, значительно меняется на протяжении всего срока беременности, в связи с чем крайне сложно оценивать его повышение [16]. Повышение D-димера, к слову, является маркером незавершенного фибринолиза, что может быть побочным явлением физиологических изменений, происходящих в плаценте [17].

И хотя в настоящее время исследователи пытаются предложить пороговые значения D-димера, при превышении которых можно статистически значимо диагностировать ТЭЛА, пока невозможно опираться на данный показатель [18]. Есть мнение, что на D-димер можно опираться только в отношении пациенток с низким риском развития ТЭЛА и тромботических осложнений, а также

для исключения ТЭЛА при низком уровне D-димера, ассоциирующимся с другими клиническими явлениями [19].

Пути увеличения выживаемости беременных с ТЭЛА: усилить диагностику или придерживаться более агрессивной профилактики

В крупном ретроспективном исследовании провели анализ влияния качества диагностики ТЭЛА у беременных на выживаемость. Также был проведен анализ смертности, больше всего летальных случаев ТЭЛА наблюдалось в послеродовом периоде. При этом неблагоприятные исходы ассоциировались с кесаревым сечением и ожирением. Авторы предположили, что для улучшения прогноза требуется тщательный подход к прогнозированию тромботических осложнений (венозного тромбоэмболизма), а также высказали мнение о том, что при кесаревом сечении стоит придерживаться (возможно) более агрессивной антикоагулянтной схемы, чем при естественных родах.

Действительно, хирургическое вмешательство ассоциируется с увеличением свертываемости крови в связи с активацией системных асептических воспалительных каскадов и стрессом. Поэтому, если пациентке низкого или среднего риска тромбоэмболизма поставлено кесарево сечение, вероятно, следует скорректировать профилактическую антикоагуляцию, чтобы снизить именно послеоперационные риски [20].

Лечение

Если пациентка является гемодинамически стабильной, в качестве терапии первой линии стоит применять антикоагуляцию. Лучший препарат для данного лечения — низкомолекулярный дериват гепарина. Так как он не проходит через плацентарный барьер, его применение может быть вполне безопасно, о чем говорят многочисленные исследования [21].

Нефракционированный гепарин можно применять наравне с низкомолекулярным, хотя в ряде исследований было отмечено такое нежелательное явление как гепарин — индуцированная тромбоцитопения [23, 22].

Прием гепарина после беременности может продолжаться до 6 месяцев, если у пациентки имеется онкологическое образование, являющееся фактором тромботических осложнений [24]. Если риск умеренный или низкий, то антикоагулянтная терапия может длиться в течение периода снижения физиологической прокоагуляции [25].

Установка съемного кава-фильтра для профилактики ТЭЛА у пациенток с подтвержденным тромбозом глубо-

ких вен нижних конечностей, по-видимому, является безопасной и показана всем таким пациенткам. Другие вмешательства по типу пликация нижней полой вены или установки постоянного кава-фильтра не оправданы [26].

Тромболизис может успешно применяться при беременности. Неэффективность антикоагулянтной терапии, стойкая легочная гипертензия, признаки перегрузки правого желудочка (легочное сердце) вынуждают применять тромболитики. Пока непонятно, какой тромболизис, селективный или системный, является оптимальным, но чаще применяют системный, вероятно, из-за невозможности быстро доставлять пациентов в отделение рентгенэндоваскулярной хирургии. [27].

Оптимальнее всего использовать тканевый активатор плазминогена — препараты альтеплазы, тенектеплазы. Они гораздо эффективнее тромболиза и урокиназы, более безопасны, не влияют на плаценту и не проникают через гематоэнцефалический барьер [28].

Хирургические вмешательства при ТЭЛА у беременных также описаны. Успешнее всего операции проходят на раннем сроке беременности, однако, в силу расширения возможностей анестезиологического, хирургического пособия, а также возможностей искусственного кровообращения и защиты органов и плода. Все же основное ограничение — это режим работы аппарата искусственного кровообращения. Отсутствие пульсирующего потока, низкие объемы перфузии, системный

воспалительный ответ из-за контакта крови с трубками и атмосферным воздухом (в жестких венозных резервуарах) — ключевые проблемы современных аппаратов искусственного кровообращения. Однако, современные технологии, в частности, высокопоточная перфузия, пульсирующие насосы, короткий контур ИК, вакуумные резервуары, современные покрытия для трубок позволяют расширить показания по сроку беременности [29].

На основании проведенного анализа целесообразно сделать следующие выводы:

1. Беременность повышает риски тромбоэмболии легочной артерии, в связи с физиологическими протромботическими процессами, а также увеличением возраста планирования беременности.
2. В развитых странах ТЭЛА является ведущей причиной перипартальной летальности в связи с запаздывающей диагностикой и ограниченным арсеналом клинико-диагностических мероприятий. Несмотря на это, не стоит переоценивать вред от ряда лечебно-диагностических мероприятий.
3. Венозный тромбоэмболизм является главной причиной ТЭЛА у беременных. Во время планирования беременности необходимо оценивать риски венозного тромбоэмболизма и по возможности проводить коррекцию соматического состояния.
4. Лечение ТЭЛА у беременных постепенно стремится приблизиться к принципам лечения в общей популяции благодаря снижению ограничений лечебно-диагностических мероприятий, связанных с беременностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Goodnight SH, Hathaway WE. Disorders of haemostasis and thrombosis. Clinical guide. Seconde edition. McGraw-Hill, Inc. 2001. p. 622
2. Ageno W, Squizzato A, Garcia D, Imberti D. Epidemiology and risk factors of venous thromboembolism. *Semin Thromb Hemost*, 2006 Oct, 32(7): 651-8.
3. Dado, C.D., Levinson, A.T., & Bourjeily, G. (2018). Pregnancy and Pulmonary Embolism. *Clinics in Chest Medicine*, 39(3), 525–537.
4. Palm V, Rengier F, Rajiah P, Heussel CP, Partovi S. Acute Pulmonary Embolism: Imaging Techniques, Findings, Endovascular Treatment and Differential Diagnoses. *Rofo*. 2020 Jan;192(1):38–49.
5. Kuo WT, Banerjee A, Kim PS et al. Pulmonary Embolism Response to Fragmentation, Embolectomy, and Catheter Thrombolysis (PERFECT): Initial Results From a Prospective Multicenter Registry. *Chest* 2015; 148: 667–673.
6. Piazza G, Hohlfelder B, Jaff MR et al. A Prospective, Single-Arm, Multicenter Trial of Ultrasound-Facilitated, Catheter-Directed, Low-Dose Fibrinolysis for Acute Massive and Submassive Pulmonary Embolism: The SEATTLE II Study. *JACC Cardiovasc Interv* 2015; 8: 1382–1392.
7. Jiménez D, Aujesky D, Moores L et al. Simplification of the pulmonary embolism severity index for prognostication in patients with acute symptomatic pulmonary embolism. *Arch Intern Med* 2010; 170: 1383–1389.
8. Акиншина С.В., Бицадзе В.О. Тромбоэмболия легочной артерии в акушерской практике // *МС*. 2017. №13. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tromboemboliya-legochnoy-arterii-v-akusherskoj-praktike-2> (дата обращения: 21.12.2023).
9. Dado CD, Levinson AT, Bourjeily G. Pregnancy and Pulmonary Embolism. *Clin Chest Med*. 2018 Sep;39(3):525–537.
10. Dronkers CEA, van der Hulle T, Le Gal G, et al. Towards a tailored diagnostic standard for future diagnostic studies in pulmonary embolism: communication from the SSC of the ISTH. *J Thromb Haemost* 2017;15:1040-3.
11. van der Pol LM, Bistervels IM, van Mens TE, et al. Lower prevalence of subsegmental pulmonary embolism after application of the YEARS diagnostic algorithm. *Br J Haematol* 2018;183:629–35.
12. van der Pol LM, Tromeur C, Bistervels IM, Ni Ainle F, van Bommel T, Bertoletti L, Couturaud F, van Dooren YPA, Elias A, Faber LM, Hofstee HMA, van der Hulle T, Kruip MJHA, Maignan M, Mairuhu ATA, Middeldorp S, Nijkeuter M, Roy PM, Sanchez O, Schmidt J, Ten Wolde M, Klok FA, Huisman MV; Artemis Study Investigators. Pregnancy-Adapted YEARS Algorithm for Diagnosis of Suspected Pulmonary Embolism. *N Engl J Med*. 2019 Mar 21;380(12):1139–1149.

13. van der Pol LM, Dronkers CEA, van der Hulle T, den Exter PL, Tromeur C, Heringhaus C, Mairuhu ATA, Huisman MV, van den Hout WB, Klok FA. The YEARS algorithm for suspected pulmonary embolism: shorter visit time and reduced costs at the emergency department. *J Thromb Haemost.* 2018 Apr;16(4):725–733.
14. Palm, V., Rengier, F., Rajiah, P., Heussel, C. P., & Partovi, S. (2019). Acute Pulmonary Embolism: Imaging Techniques, Findings, Endovascular Treatment and Differential Diagnoses. *RöFo — Fortschritte Auf Dem Gebiet Der Röntgenstrahlen Und Der Bildgebenden Verfahren.* doi:10.1055/a-0900-4200.
15. Bellesini M, Robert-Ebadi H, Combescurie C, Dedionigi C, Le Gal G, Righini M. D-dimer to rule out venous thromboembolism during pregnancy: A systematic review and meta-analysis. *J Thromb Haemost.* 2021 Oct;19(10):2454–2467.
16. Kalb B, Sharma P, Tigges S. et al. MR imaging of pulmonary embolism: diagnostic accuracy of contrast-enhanced 3D MR pulmonary angiography, contrast-enhanced low-flip angle 3D GRE, and nonenhanced free-induction FISP sequences. *Radiology* 2012; 263: 271–278.
17. Bauman G, Scholz A, Rivoire J. et al. Lung ventilation- and perfusion-weighted Fourier decomposition magnetic resonance imaging: in vivo validation with hyperpolarized 3He and dynamic contrast-enhanced MRI. *Magn Reson Med* 2013; 69: 229–237.
18. Schouten HJ, Geersing GJ, Koek HL. et al. Diagnostic accuracy of conventional or age adjusted D-dimer cut-off values in older patients with suspected venous thromboembolism: systematic review and meta-analysis. *BMJ* 2013; 346: f2492.
19. Duffett L, Castellucci LA, Forgie MA. Pulmonary embolism: update on management and controversies. *BMJ.* 2020 Aug 5;370:m2177.
20. Takakura, S., Tanaka, H., Tanaka, K., Katsuragi, S., Hayata, E., Nakata, M., . . . Ikeda, T. (2021). Pulmonary thromboembolism during pregnancy and puerperium: Comparison of survival and death cases. *Journal of Obstetrics and Gynaecology Research*, 47(4), 1312–1321.
21. Couturaud F, Julian JA, Kearon C. Low molecular weight heparin administered once versus twice daily in patients with venous thromboembolism: a metaanalysis. *Thromb Haemost* 2001;86:980–4.
22. Greer IA, Nelson-Piercy C. Low-molecular-weight heparins for thromboprophylaxis and treatment of venous thromboembolism in pregnancy: a systematic review of safety and efficacy. *Blood* 2005;106: 401–7.
23. Nelson-Piercy C, Powrie R, Borg JY, et al. Tinzaparin use in pregnancy: an international, retrospective study of the safety and efficacy profile. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 2011;159: 293–9.
24. Fernandes T, Auger W, Fedullo P. Epidemiology and risk factors for chronic thromboembolic pulmonary hypertension. *Thromb Res* 2018; 164:145-9.
25. Claeys M, Claessen G, La Gerche A, et al. Impaired Cardiac Reserve and Abnormal Vascular Load Limit Exercise Capacity in Chronic Thromboembolic Disease. *JACC Cardiovasc Imaging* 2019;12:1444–56.
26. Kawamata K, Chiba Y, Tanaka R, Higashi M, Nishigami K. Experience of temporary inferior vena cava filters inserted in the perinatal period to prevent pulmonary embolism in pregnant women with deep vein thrombosis. *J Vasc Surg.* 2005 Apr; 41(4):652–6.
27. Андреева А.В., Данилов А.В., Девятова Л.С., Мосейчук К.А., Филиппов Е.В. Клинический случай успешного тромболитика при тромбозии легочной артерии на фоне беременности // *МС.* 2023. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klinicheskiy-sluchay-uspeshnogo-trombolizisa-pri-trombozibolii-legochnoy-arterii-na-fone-beremennosti> (дата обращения: 22.12.2023)
28. Martillotti G., Boehlen F., Robert-Ebadi H., Jastrow N., Righini M., Blondon M. Treatment options for severe pulmonary embolism during pregnancy and the postpartum period: a systematic review. *J Thromb Haemost.* 2017;15(10):1942–1950.
29. Борисов К.Ю., Акуленко М.С., Антошина Е.М., Калугина А.Ф., Абшилава Д.Р., Пак А.А., Гутнов С.Р., Пискун А.В., Катков А.А., Левиков, Д.И., Русанов, Н.Ю. (2016). Случай успешного хирургического лечения тромбозии легочной артерии у больной на сроке беременности 11 недель // *Вестник анестезиологии и реаниматологии.* 2016. №4. С. 74–79

© Матевосян Ирина Эдиковна (imatevosyn@mail.ru); Прохорович Татьяна Ивановна (tatyana.prohorovich@yandex.ru);
Коновалова Марина Владиславовна (marinavladyslavovna@mail.ru); Джанибекова Шерифат Салиховна (sdzhanibekova@yandex.ru);
Васильев Владимир Владимирович (doctor-vasiliev@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ОНКОПЛАСТИКИ ПОСЛЕ МАСТЭКТОМИИ

REVIEW OF MODERN METHODS OF ONCOPLASTY AFTER MASTECTOMY

S. Myakushin
A. Terichev

Summary. Introduction: Breast cancer is one of the most prevalent cancers worldwide. Surgical procedures included in the field of breast oncoplasty are a set of methods aimed at restoring the volume, shape and contour of the breast after mastectomy or other operations with the preservation of the organ. Currently, there is a variety of methods in the field of oncoplasty that integrate the principles of both radical oncological surgery and plastic surgery. All these methods can be classified into interventions, including the use of tissue expanders and/or endoprotheses, the use of autologous tissues, as well as various combinations of them.

The purpose of this study is to consider modern methods in reconstructive plastic surgery of breast cancer, as well as the most common consequences of oncoplasty methods.

Discussion and results: autologous breast reconstruction is considered the gold standard because it does not cause complications associated with implantation, reduces the frequency of further interventions, provides a soft, warm sensation and ptosis with better cosmetic results and patient satisfaction, cheaper, less prolonged increase in volume and shape with subsequent changes in body weight.

Keywords: breast cancer, plastic and reconstructive surgery, breast surgery, DIPE, implant, complications.

Мякушин Семён Сергеевич
ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»
smyakushin@mail.ru

Теричев Александр Ефимович
к.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»
terichevae@rambler.ru

Аннотация. Введение: рак молочной железы является одним из преобладающих онкологических заболеваний по всему миру. Хирургические процедуры, входящие в область онкопластики молочной железы, представляют собой набор методов, целью которых является восстановление объема, формы и контура молочной железы после мастэктомии или других операций с сохранением органа. В настоящее время существует разнообразие методов в области онкопластики, которые интегрируют принципы как радикальной онкологической хирургии, так и пластической хирургии. Все эти методы можно классифицировать на вмешательства, включающие в себя применение тканевых экспандеров и/или эндопротезов, использование аутологичных тканей, а также различные их комбинации.

Цель настоящего исследования: рассмотрение современных методов в реконструктивно-пластической хирургии рака молочной железы, а также наиболее частых последствий методов онкопластики.

Обсуждение и результаты: аутологичная реконструкция груди считается золотым стандартом, потому что она не вызывает осложнений, связанных с имплантацией, снижает частоту дальнейших вмешательств, обеспечивает мягкое, теплое ощущение и птоз с лучшими косметическими результатами и удовлетворенностью пациентов, дешевле, меньше длительное увеличение объема и формы с последующими изменениями массы тела.

Ключевые слова: рак молочной железы, пластическая и реконструктивная хирургия, хирургия молочной железы, DIPE, имплантат, осложнения.

Рак молочной железы является одним из преобладающих онкологических заболеваний, оказывающих существенное воздействие на здоровье женского населения по всему миру. Согласно последним статистическим данным, предоставленным Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), рак молочной железы стоит на первом месте среди всех видов рака, выявляемых у женщин. В 2020 г. рак молочной железы (РМЖ) был диагностирован у 2,3 млн женщин и вызвал 685 000 случаев смерти во всем мире [1].

В Российской Федерации, начиная с 1996 года, рак молочной железы удерживает лидерство среди злокачественных заболеваний. За последние десять лет количество женщин, у которых впервые диагностировали злокачественный процесс в молочной железе, увеличивается в среднем на 3,6 % ежегодно, причем более половины пациенток (53 %) находятся в возрасте моложе 60 лет [2].

В России в 2020 году абсолютное число случаев РМЖ составило 65 468 (11,8 % в структуре общей заболеваемости раком). При этом подавляющее число случаев зарегистрировано среди женщин — 64 951 (среди мужчин — всего 517 случаев) [3].

Согласно прогнозам, предполагается увеличение распространенности рака молочной железы (РМЖ) в будущем. Общее количество заболевших по всему миру может возрасти с 2,26 миллиона в 2020 году до 3,19 миллиона человек к 2040 году, что составляет увеличение в 1,4 раза. В этом контексте ожидается также заметное увеличение смертности, увеличившись на 1,5 раза к 2040 году (с 685 тысяч в 2020 году до 1,04 миллиона).

В России прогнозируется увеличение заболеваемости РМЖ с 65,5 тысяч в 2020 году до 76,3 тысяч человек к 2040 году. Смертность от этой патологии также предполагается увеличится с 21,6 тысяч в 2020 году до 25,6 тысяч к 2040 году [1,2,3].

Хирургические процедуры в области онкопластики молочной железы представляют собой методы, целью которых является восстановление объема, формы и контура молочной железы после проведения мастэктомии или других операций, направленных на сохранение органа. Основная задача таких вмешательств заключается в обеспечении симметрии между обеими молочными железами, включая их размер, форму и положение. Показанием к реконструкции груди является собственное желание женщины иметь новую грудь. В результате удовлетворенность пациента является важным критерием при выборе метода реконструкции груди.

На сегодняшний момент существует множество разнообразных методик в области онкопластики, объединяющих принципы как радикального онкологического хирургического вмешательства, так и пластической хирургии. Все эти методы можно классифицировать на вмешательства, включающие в себя применение тканевых экспандеров и/или эндопротезов, использование аутологичных тканей, а также различные их комбинации [4].

Реконструкция аутологичной тканью и DIEP-лоскутом

Форма груди также может быть восстановлена с помощью ее собственной ткани, помещенной на грудную стенку. Кожа, жир или мышцы могут быть перемещены в виде различных долей. Если эстетические ожидания высоки, то оптимально использовать аутологичную реконструкцию тканей на выбор. Спектр областей для трансплантации представлен тканями живота, спины, ягодиц и бедер.

С 1998 года аутологичная реконструкция (АР) с использованием кожного лоскута, получающего кровоснабжение через сосуды из бассейна нижней глубокой эпигастральной артерии (DIEP), является первым выбором для реконструкции молочной железы у пациентов, получающих лучевую терапию.

Зарубежные исследователи Linda Tallroth et al., отмечают более высокой удовлетворенности грудью у пациенток, перенесших реконструкцию лоскутом DIEP, по сравнению с аутологичной реконструкцией. Были отмечены значительно более низкие показатели физического состояния брюшной полости в группе аутологичной реконструкции. По понятным причинам процесс выбора метода реконструкции груди будет в основном сосредоточен на состоянии груди [5].

В их исследовании сравниваются ранние осложнения после реконструкции молочной железы лоскутом АР и DIEP. В литературе представлена частота ранних осложнений в 9–22 % после реконструкции молочной железы с использованием имплантатов, включая как одно-

моментную, так и двухэтапную. В данном исследовании была обнаружена низкая частота осложнений — 7 %, что подтверждает тот факт, что реконструкция с помощью АР является малоинвазивной и изначально безопасной метод.

Наиболее распространенными осложнениями, о которых сообщается в литературе после реконструкции лоскутом DIEP, являются венозный застой, некроз жира или кожи и гематома. Метод реконструкции более ресурсоемкий и характеризуется более высокой частотой осложнений в начальный период; в этом исследовании осложнения возникли у 16 из 44 пациентов.

Авторы, Thorarinsson et al., сообщили о 50 % частоте осложнений после реконструкции лоскута DIEP. Высокая частота осложнений составила объясняется широким распространением осложнений и тем, что некоторые операции были выполнены меньшим количеством опытные микрохирурги [6].

Авторы Linda Tallroth et al., пришли к выводу, что реконструкция молочной железы с использованием лоскута DIEP требует больше времени и ресурсов в 30-дневной перспективе, чем АР. Частота осложнений при использовании лоскута DIEP также выше, чем при АР. Выбор в пользу АР имеет существенную краткосрочную экономическую выгоду. Реконструкция груди улучшает качество жизни, и пациентки, перенесшие реконструкцию с использованием лоскута DIEP, более удовлетворены своей грудью. Но также стоит отметить, что в результате аутологичной реконструкции грудь выглядит и ощущается более естественно и, следовательно, является, считается золотым стандартом. Из этого следует, что выбор метода реконструкции груди должен основываться не только на риске и затратах, но и на предпочтениях пациента [5].

Реконструкция с помощью имплантов

Грудь можно реконструировать, разместив грудной имплантат выше (препекторально) или ниже (субпекторально) большой грудной мышцы или с помощью реконструкции аутологичной ткани [7].

После широкого внедрения немедленной реконструкции груди на основе имплантатов в клиническую практику в конце 1970-х годов имплантаты первоначально располагались над большой грудной мышцей после мастэктомии с сохранением кожи или сосков, чтобы реконструировать грудь в ее естественном кармане (препекторальное позиционирование). Однако первоначально этот метод был связан с неприемлемо высоким уровнем осложнений, включая потерю имплантата из-за некроза кожи или инфекции, обнажение имплантата и капсулярную контрактуру. Чтобы снизить риск

осложнений, процедура была изменена таким образом, чтобы имплантат располагался ниже большой грудной мышцы. В то время как двухэтапная реконструкция груди (первоначальная установка тканевого расширителя, позже замененного на имплантат) была традиционным подходом, одноэтапная прямая установка имплантата в последнее время стала стандартным методом лечения во многих европейских странах.

По сравнению с субпекторальной техникой, препекторальное позиционирование снижает дискомфорт без каких-либо различий в общей частоте осложнений. Действительно, поскольку препекторальное расположение имплантата соответствует анатомическому положению груди и позволяет избежать хирургических изменений большой грудной мышцы, оно предлагает множество потенциальных преимуществ, включая улучшение физического самочувствия, более легкое восстановление и эстетически отсутствие деформаций анимации.

Авторы Elisabeth A Karpos et al., пришли к выводу, что преимуществами препекторальной реконструкции груди являются более быстрое послеоперационное восстановление и короткое послеоперационное пребывание в больнице, а также что необходимы долгосрочные исследования для оценки пульсации, послеоперационной анимации, капсулярной контрактуры и воздействия лучевой терапии [8]. Sigalove et al., сообщили о низкой частоте осложнений в серии из 353 препекторальных реконструкций, преимущественно двухэтапных, включая инфекцию, серому и некроз кожного лоскута, каждая из которых встречалась с частотой менее 5 %. Они обсудили, что преимуществом препекторальной реконструкции является отсутствие подъема мышц, что может уменьшить анимационную деформацию, вызванную сокращением мышц, стеснением в груди, болью и мышечным спазмом, а также позволяет избежать неестественного состояния за счет субпекторального размещения [9].

Использование реконструкции с использованием имплантатов составляет 53 % немедленных реконструкций после мастэктомии в Великобритании. Большинство из них сейчас выполняются с использованием биологической или синтетической сетки. Преимущества биологической или синтетической сетки, используемой в качестве дополнения к реконструкции груди с помощью имплантатов, по сравнению с традиционными тотальными подмышечными методами, заключаются в улучшении проекции нижнего полюса, возможности перехода сразу к постоянному грудному имплантату, уменьшении послеоперационной боли, улучшении эстетического результата и сокращении времени операции. Несмотря на широкое распространение в Великобритании, эти процедуры связаны с заболеваемостью [10].

Липофиллинг

Липофиллинг представляет собой альтернативный метод реконструкции после хирургического вмешательства по поводу рака молочной железы. Этот подход обычно рекомендуется в случаях небольших объемов груди или при частичных резекциях, таких как квадрантэктомия и лампэктомия. Несмотря на это, трансплантация жира также рассматривается как вспомогательная терапия при реконструкции с использованием имплантатов с целью оптимизации взаимодействия имплантата с окружающей тканью и улучшения формы груди [11].

Эффективность трансплантации жира восстановления микрососудистых повреждений и интерстициального фиброза, обнаруженных в хронически поврежденных радиацией тканях, была доказана. Это позволяет использовать трансплантацию жира в реконструкции груди из-за ее регенеративных и объемных свойств, что делает возможным применение имплантатов меньшего объема. Такой подход способствует уменьшению боли после мастэктомии, а также улучшению контура и текстуры груди, что придает ей более естественный вид [12].

Данное исследование выявило, что применение гибридной реконструкции груди ассоциируется с уменьшенной частотой капсулярной контрактуры в сравнении с методом реконструкции с использованием имплантатов. Кроме того, наблюдается снижение степени болевых ощущений и уменьшение частоты ревизионных операций по сравнению со стандартной процедурой реконструкции с экспандерным имплантатом. Важно подчеркнуть, что данные выводы сопровождаются относительно коротким средним периодом наблюдения.

Этот обзор представляет собой значимое исследование онкологической безопасности метода трансплантации жира для реконструкции груди. Несмотря на широкое признание этой техники, существует известный недостаток в виде непредсказуемой скорости резорбции жира. Вместе с тем, работы, такие как исследование Kim и его коллег, демонстрируют среднюю скорость резорбции на уровне 32,9 % (в пределах 25–52 %) [13]. Существующие исследования также показывают, что время достижения стабильного состояния удержания жирового трансплантата составляет примерно 2,2 года [14].

Проанализированные научные труды (11, 12, 13, 14) подчеркивают высокую удовлетворенность пациентов после относительно небольшого числа сеансов липофиллинга, в среднем 1,7 сеансов (с разбросом от 1,3 до 3,2 в различных исследованиях). Оценка проводилась с использованием Лайкерт-шкалы и показала средние значения от 4 до 4,8, оцененные пациентами, хирургами и медсестрами. Результаты этих исследований дополнительно подтверждаются данными Коглиандро

и соавторов, подчеркивающими превосходство пациентов, претерпевших гибридную реконструкцию груди по сравнению с теми, у кого была стандартная реконструкция с имплантатами. Это отражается в улучшении косметического результата и сокращении послеоперационного периода боли, что подтверждается инструментом оценки BREAST-Q [15].

Перспективная роль жировой пластики может быть связана с потенциальным расширением индикаций для препекторальной реконструкции молочной железы. В силу повышенного риска некроза лоскута мастэктомии и контурных деформаций, препекторальный подход при реконструкции молочной железы часто остается малоприменимым. Однако трансплантация жира предоставляет перспективу улучшения толщины лоскута, его васкуляризации и контура груди. Это, в свою очередь, может снизить вероятность осложнений, связанных с установкой имплантата в препекторальное положение.

Вопреки потенциальным преимуществам комбинированного реконструктивного подхода существуют значительные ограничения, которые необходимо учитывать. Прежде всего, для достижения окончательного результата часто требуется выполнение нескольких хирургических процедур, что сопряжено с увеличением общей стоимости реконструкции. Кроме того, это может вызывать задержку в психологическом принятии реконструированной груди [16].

Гибридная реконструкция груди представляет собой метод, который характеризуется минимальной инвазивностью, высоким уровнем безопасности, простотой в выполнении и эффективностью при восстановлении формы молочной железы. Внедрение пересадки жира может стать существенным инструментом в арсенале пластических хирургов для уменьшения риска возникновения долгосрочных осложнений, включая капсулярную контрактуру. Данный метод продемонстрировал свою способность восстановления толщины и трофики лоскута после мастэктомии, что позволяет проводить реконструкцию с использованием имплантатов даже в ситуациях с низким качеством кожи и предшествующим облучением молочной железы [17].

Расширенный латеральный перекидной лоскут грудной клетки в сочетании с петлями и липофилингом (ELT FOLL)

Относительно новый метод реконструкции молочной железы продемонстрировали учёные Abboud NM, Hajj HE et al., в своём исследовании. Они применили комбинацию латерального перекидного лоскута грудной клетки и липофилинга (ELT FOLL).

В общей сложности 64 пациентам было выполнено 69 лоскутов методом ELT FOLL. Основная часть процедур

была отсроченной (87,5 %), и в большинстве случаев реконструкция проводилась односторонне (92,2 %) [18].

Зарегистрирован единственный случай инфекции, который был успешно поддержан антибиотикотерапией. В двух других случаях отмечались расхождения ран более чем на 2 см в донорском участке, подвергнутом обработке раневыми повязками, и трех случаях выдавливания шва. Общая частота осложнений составила 8,7 %, и следует отметить, что не зарегистрировано случаев полного или частичного некроза лоскута. Клиническое подтверждение отсутствия стеатонекроза основывалось на ощупывании образований в молочной железе, в то время как инфекция определялась болезненной эритемой или присутствием гноя.

Оценка функции плеча проводилась с использованием шкалы DASH и показала изменение от 6,53 до 11,32 до операции, а затем 7,52 через 6 недель и 6 месяцев после хирургического вмешательства.

Габариты клапанов варьировались от 28 до 44 см по горизонтальной оси и от 8 до 17 см по вертикальной, с средними значениями 35,08 см и 12,95 см соответственно. Продолжительность операции (от момента разреза до завершения процедуры, не включая изменения положения пациента) составила от 41 до 72 минут, в среднем 57,70 минут. Пациенты провели в стационаре от 1 до 2 дней, среднее время до удаления дренажа составило 1 день. Оценка послеоперационной боли на первый день с использованием визуальной аналоговой шкалы варьировала от 3 до 5, со средним значением 3,52. В реконструкции груди на протяжении многих лет лоскут широчайшей мышцы спины считался ключевым элементом. Исходно описанный Tansini I как мышечный или комбинированный лоскут для восстановления дефектов головы и шеи, широчайший мышечный лоскут с течением времени претерпел изменения. Работы по снижению заболеваемости, связанной с использованием мышечных лоскутов, и более глубокое понимание кожной васкуляризации привели к разработке перфорирующих лоскутов, включая перфорированный торакодорзальный лоскут (TDAP).

В данном исследовании была использована модифицированная версия торако-дорсального откидного лоскута, предложенная Angrigiani C.

Представленный метод откидного лоскута представляет собой простую и быструю процедуру. Он не требует обширного отслоения или тщательного микрохирургического рассечения, так как рассечение завершается по достижении срединно-челюстной оси. Это существенно сокращает время выполнения хирургической процедуры. Действительно, в данном исследовании время выполнения расширенного латероторакального

лоскута (57 минут) меньше, чем время выполнения перфорированного торакодорзального лоскута, где производится полное иссечение перфоратора (80 минут для извлечения лоскута).

Таким образом, полный клапан ELT представляет собой интересный вариант для пациентов, подвергающихся длительной анестезии. Однако следует отметить, что данная методика не является заменой TDAP, а скорее представляет собой альтернативный метод в руках не микрохирургов.

Ключевым аспектом в процессе реконструкции груди с применением расширенного латерального грудного лоскута является сохранение подвижности верхней конечности и плечевого пояса. Для оценки инвалидности в верхней конечности мы воспользовались опросником DASH. Результаты данного исследования выявили более высокий показатель DASH через 6 недель после операции, указывая на временное нарушение функции верхней конечности. Эти результаты соответствуют данным, представленным в научной литературе. В то время как некоторые исследования не выявили нарушений подвижности плеча, другие указывают на ограничение движений, вероятно, вызванное различными факторами.

В свете этого расширенный боковой грудной откидной лоскут в сочетании с петлями и липофилингом (ELT FOLK) следует рассматривать как простую, безопасную и эффективную альтернативу для реконструкции молочной железы после мастэктомии, независимо от наличия облучения, особенно у пациенток с повышенным риском осложнений. Его основные преимущества включают использование большой лопатки с хорошей васкуляризацией по основной и двум вспомогательным сосудистым осям. Кроме того, он легко поддается разделению без

ущерба для подлежащей мышце, что дополнительно снижает риск осложнений.

Вывод

Расширение практики реконструктивно-пластических операций представляет собой эффективный метод снижения необходимости в мастэктомиях, что существенно повышает качество жизни пациентов. Используемые методы в области реконструктивно-пластических вмешательств не только гарантируют достижение оптимальных косметических результатов, с учетом всех принципов онкохирургии, но также обеспечивают симметрию и естественную форму молочной железы. Несмотря на более сложную технику, аутологичная реконструкция груди рекомендуется в первую очередь потому, что она не вызывает осложнений, связанных с имплантацией, снижает частоту дальнейших вмешательств, обеспечивает мягкое, теплое ощущение, похожее на обычное тактильное, присутствует естественный подгрудочный край и птоз с лучшими косметическими результатами и удовлетворенностью пациентов, дешевле, меньше длительное увеличение объема и формы с последующими изменениями массы тела.

Однако, гибридный подход авторов позволяет хирургу добиться более удовлетворительного результата в отношении зоны декольте. Это приводит к более естественному внешнему виду, улучшению контура и уменьшению ряби и дефляции верхнего полюса, с меньшей вероятностью того, что потребуются дополнительная оперативная ревизия для достижения желаемого окончательного эстетического результата. Многие авторы считают, что их гибридный подход должен быть реализован как неотъемлемая часть процедуры препекторальной реконструкции с прямой имплантацией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Всемирная организация здравоохранения. Рак молочной железы. — 2023. — Электронный ресурс — Режим доступа <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer>
2. Теличко Сергей Владимирович, Коваленко Н.В., Жаворонкова В.В., Иванов А.И., Сухов В.А., Сперанский Д.Л., Девятченко Т.Ф., Чухнин А.Г. Современные методы реконструкции молочной железы. Собственный опыт // Вестник ВолГМУ. 2020. №3 (75).
3. Сетевое издание «Вместе против рака». Рак молочной железы. — 2023. — Электронный ресурс — Режим доступа — <https://protiv-raka.ru/>
4. Зикиряходжаев А.Д., Волченко А.А., Ермошченкова М.В., Сухотько А.С. Алгоритм выбора реконструктивно-пластических операций у больных раком молочной железы // Поволжский онкологический вестник. 2015. №3.
5. Tallroth L, Velandar P, Klasson S. A short-term comparison of expander prosthesis and DIEP flap in breast reconstructions: A prospective randomized study. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2021 Jun;74(6):1193–1202. doi: 10.1016/j.bjps.2020.10.104.
6. Thorarinsson A, Fröjd V, Kölby L, Lewin R, Molinder N, Lundberg J, Elander A, Mark H. A retrospective review of the incidence of various complications in different delayed breast reconstruction methods. *J Plast Surg Hand Surg.* 2016;50(1):25–34. doi: 10.3109/2000656X.2015.1066683.
7. Kappos EA, Schulz A, Regan MM., [et al]. Prepectoral versus subpectoral implant-based breast reconstruction after skin-sparing mastectomy or nipple-sparing mastectomy (OPBC-02/PREPEC): a pragmatic, multicentre, randomised, superiority trial. *BMJ Open.* 2021 Sep 2;11(9):e045239. doi: 10.1136/bmjopen-2020-045239.
8. Jafferbhoy S, Chandarana M, Houlihan M, Parmeshwar R, Narayanan S, Soumian S, Harries S, Jones L, Clarke D. Early multicentre experience of pre-pectoral implant based immediate breast reconstruction using Braxon. *Gland Surg.* 2017 Dec;6(6):682–688. doi: 10.21037/gS.2017.07.07.
9. Sigalove S, Maxwell GP, Sigalove NM, Storm-Dickerson TL, Pope N, Rice J, Gabriel A. Prepectoral Implant-Based Breast Reconstruction: Rationale, Indications, and Preliminary Results. *Plast Reconstr Surg.* 2017 Feb;139(2):287–294. doi: 10.1097/PRS.0000000000002950.

10. Gilmour A, Cutress R, Gandhi A, Harcourt D, Little K, Mansell J, Murphy J, Pennery E, Tillett R, Vidya R, Martin L. Oncoplastic breast surgery: A guide to good practice. *Eur J Surg Oncol*. 2021 Sep;47(9):2272–2285. doi: 10.1016/j.ejso.2021.05.006.
11. Herly M, Orholt M, Larsen A, Pipper CB, Bredgaard R, Gramkow CS, Katz AJ, Drzewiecki KT, Vester-Glowinski PV. Efficacy of breast reconstruction with fat grafting: A systematic review and meta-analysis. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2018 Dec;71(12):1740–1750. doi: 10.1016/j.bjps.2018.08.024.
12. Alessandri Bonetti M, Carbonaro R, Borelli F, Amendola F, Cottone G, Mazzocconi L, Mastroiacovo A, Zingaretti N, Parodi PC, Vaianti L. Outcomes in Hybrid Breast Reconstruction: A Systematic Review. *Medicina (Kaunas)*. 2022 Sep 6;58(9):1232. doi: 10.3390/medicina58091232.
13. Kim H.Y., Jung B.K., Lew D.H., Lee D.W. Autologous Fat Graft in the Reconstructed Breast: Fat Absorption Rate and Safety based on Sonographic Identification. *Arch. Plast. Surg*. 2014;41:740–747. doi: 10.5999/aps.2014.41.6.740.
14. Caviggioli F, Maione L., Klinger F, Lisa A., Klinger M. Autologous Fat Grafting Reduces Pain in Irradiated Breast: A Review of Our Experience. *Stem. Cells. Int*. 2016;2016:2527349. doi: 10.1155/2016/2527349.
15. Cogliandro A., Barone M., Tenna S., Morelli Coppola M., Persichetti P. The Role of Lipofilling After Breast Reconstruction: Evaluation of Outcomes and Patient Satisfaction with BREAST-Q. *Aesthetic Plast Surg*. 2017;41:1325–1331. doi: 10.1007/s00266-017-0912-1.
16. Sarfati I., Ihrai T., Kaufman G., Nos C., Clough K.B. Adipose-tissue grafting to the post-mastectomy irradiated chest wall: Preparing the ground for implant reconstruction. *J. Plast. Reconstr. Aesthet. Surg*. 2011;64:1161–1166. doi: 10.1016/j.bjps.2011.03.031.
17. Alessandri Bonetti M, Carbonaro R, Borelli F, Amendola F, Cottone G, Mazzocconi L, Mastroiacovo A, Zingaretti N, Parodi PC, Vaianti L. Outcomes in Hybrid Breast Reconstruction: A Systematic Review. *Medicina (Kaunas)*. 2022 Sep 6;58(9):1232. doi: 10.3390/medicina58091232.
18. Abboud NM, Hajj HE, Abboud MH. A novel approach in breast reconstruction: The extended lateral thoracic flip-over flap combined with loops and lipofilling (ELT FOLL). *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2021 May;74(5):974–980. doi: 10.1016/j.bjps.2020.10.024.

© Мякушин Семён Сергеевич (smyakushin@mail.ru); Теричев Александр Ефимович (terichevae@rambler.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СТРУКТУРА ОСЛОЖНЕНИЙ МЕДИКАМЕНТОЗНОГО И АРТИФИЦИАЛЬНОГО АБОРТОВ У ЖЕНЩИН В РЕСПУБЛИКЕ МОРДОВИЯ

THE STRUCTURE OF COMPLICATIONS OF MEDICAL AND ARTIFICIAL ABORTIONS IN WOMEN IN THE REPUBLIC OF MORDOVIA

**D. Paramonova
N. Tyurina
K. Pleshkova
E. Davydova**

Summary. The problem of artificial abortions is more urgent than ever for modern medicine. Many modern women resort to aborting an unwanted pregnancy. The history of abortion dates back to the times of pagan antiquity — Plato wrote: «Midwives can assist pregnant women or have a miscarriage if desired». And if in ancient Rome abortion was not considered something shameful and forbidden, then with the advent of Christianity they began to be considered a crime. The Russian Soviet Republic became the first country in world history to legalize abortion in 1920. Abortions entail a large number of complications, and in ancient times, when medicine was only at the origins of its development, this procedure often led to the death of patients. But, fortunately, medicine does not stand still — soon surgical and vacuum (together — artificial) methods began to be used in practice, which, however, also had a large number of complications, but less often led to death. Today, medicine has stepped far forward, and in obstetric and gynecological practice, mainly medical abortions have been used, entailing a much smaller number of negative consequences. This article discusses possible complications of medical and artificial abortions in women in the Republic of Mordovia, and also compares these types of abortion. As a result of the study, it was found out that medical abortion is more effective and safer for terminating unwanted pregnancies in residents of the Republic of Mordovia, as it entails a much smaller number of negative consequences, and also preserves women's reproductive health, in comparison with outdated methods for artificial abortion.

Keywords: fetal egg, medical abortion, Republic of Mordovia, artificial termination of pregnancy.

Парамонова Дарья Сергеевна

Национальный исследовательский Мордовский
государственный университет им. Н.П. Огарёва
Dashapar15062002@yandex.ru

Тюрина Наталья Александровна

Кандидат медицинских наук, Национальный
исследовательский Мордовский государственный
университет им. Н.П. Огарёва
natali.belle@mail.ru

Плешкова Ксения Игоревна

Национальный исследовательский Мордовский
государственный университет им. Н.П. Огарёва
mindrovakimed@rambler.ru

Давыдова Елена Александровна

Аспирант, Национальный исследовательский
Мордовский государственный
университет им. Н.П. Огарёва
lena-ivanova995@yandex.ru

Аннотация. Проблема искусственных абортов является как никогда актуальной для современной медицины. Многие современные женщины прибегают к прерыванию нежелательной беременности. История абортов берет начало еще со времен языческой античности — Платон писал: «Повитухи могут оказывать помощь беременным или сделать выкидыш, если таковой желателен». И если в Древнем Риме аборт не считался чем-то позорным и запрещенным, то с появлением христианства они стали считаться преступлением. Российская Советская Республика стала первой в мировой истории страной, легализовавшей аборты в 1920 году. Аборты влекут за собой большое количество осложнений, и в давние времена, когда медицина находилась только у истоков своего развития, данная процедура нередко приводила к смерти пациенток. Но, к счастью, медицина не стоит на месте — вскоре на практике стали применять методы хирургического и вакуумного (вместе — артифициального), которые, однако, тоже имели большое количество осложнений, но уже реже приводили к смерти. Сегодня медицина шагнула далеко вперед, и в акушерско-гинекологической практике стали применять преимущественно медикаментозные аборты, влекущие за собой гораздо меньшее количество негативных последствий. В данной статье рассматриваются возможные осложнения медикаментозного и артифициального абортов у женщин в республике Мордовия, а также проводится сравнение этих видов прерывания беременности. В результате исследования было выяснено, что медикаментозный аборт является более эффективным и безопасным для прерывания нежелательной беременности у жительниц республики Мордовия, так как влечет за собой гораздо меньшее количество негативных последствий, а также сохраняет репродуктивное здоровье женщин, в сравнении с устаревшей методикой при артифициальном аборте.

Ключевые слова: плодное яйцо, медикаментозный аборт, республика Мордовия, искусственное прерывание беременности.

Введение

Аборт трактуется в современной литературе, как искусственное прерывание беременности, сопровождающееся (или вызванное) гибелью плода (нерождённого ребёнка) не способного к самостоятельному существованию. [1–3] Данная процедура осуществляется при сроке до 22 недели беременности или, в случае если срок неизвестен, при массе плода менее 400 граммов. В нашей стране возможны ранние абORTы (до 12 недели гестации) — по желанию женщины и поздние (после 23 недели гестации) — по медицинским и социальным показаниям. [6,7]

Вопрос об искусственных абОРтах на сегодняшний день стоит очень остро — ведутся активные дискуссии о пользе и вреде от абОРтов как с точки зрения медицины, так и с точки зрения деонтологии. [5] Частота его по всему миру ежегодно увеличивается, что безусловно является серьезной проблемой. Каждый год почти половина всех беременностей являются непреднамеренными; 6 из 10 непреднамеренных беременностей и 3 из 10 всех беременностей заканчиваются искусственным прерыванием беременности.

Показаниями к проведению искусственного прерывания беременности являются: внутриутробная гибель плода (на любом сроке); нарушения развития плода, несовместимые с жизнью; хромосомные аномалии плода; внематочная беременность; заболевания женщины, при которых дальнейшее вынашивание плода может быть опасно для нее самой. Кроме того, по медицинским показаниям беременность может быть прервана в случае наличия у матери заболеваний, которые могут привести к гибели плода. [2, 6–8]

На сегодняшний день существует несколько вариантов прерывания беременности — медикаментозный, хирургический, вакуумный абОРты. [1–3]

Вакуумный аборт (мини-аборт, вакуум-эксхолеация) относится к щадящим методам, не предусматривающим хирургического вмешательства. Проводится до 6–7 недели гестации. Для проведения данной процедуры используется специальный инструмент — вакуумный насос, с помощью которого плодное яйцо открепляется от стенки матки и выводится наружу. Продолжительность операции составляет 7–10 минут. Через две недели женщина приходит на контрольное УЗИ, которое позволяет убедиться в успешности процедуры и в отсутствии осложнений. [1–3]

Хирургический аборт проводится тогда, когда имеются противопоказания к проведению щадящих методов (медикаментозного и вакуумного) или в случае срока более 6–7 недель. Врач расширяет цервикальный канал

и кюреткой разрушает плодное яйцо, извлекает его, выскабливая стенки матки. Процедура занимает 15–20 минут. [1–3]

Достаточно часто вакуумный аборт заканчивается кюретажем полости матки, вследствие чего понятия «вакуумный аборт» и «хирургический аборт» объединяют в понятие артифициальный аборт.

Сегодня на смену традиционным методам прерывания беременности приходит медикаментозный аборт, подразумевающий прием антипрогестинов. В России официально разрешено применением мифепристона до 42-дневного срока гестации. Механизм действия данного препарата основан на антипрогестероновом эффекте: он блокирует воздействие прогестерона на рецепторы эндометрия и миометрия, приводя к подавлению роста и развития трофобласта, повреждению и последующему отторжению децидуальной оболочки. Возникают активные маточные сокращения и кровотечение. [1–3]

Данный метод, по сравнению, с традиционными хирургическим и вакуумным, безусловно, более безопасен ввиду меньшей травматизации, однако длительное нахождение отторгнутых некротических масс в полости ткани в сочетании с большой кровопотерей создают благоприятные условия для развития патогенной флоры. В дальнейшем это может привести к возникновению воспалительного процесса в половых органах с возможной хронизацией процесса.

По данным статистики по Республике Мордовия каждая шестая женщина нуждается в медицинской помощи в связи с осложнениями после аборта, которые делятся на ранние, возникающие в первую неделю после проведения процедуры, поздние, возникающие в течение месяца, и отдаленные.

К ранним осложнениям относятся перфорация матки; сильные кровотечения; травма шейки матки; гнойно-септические заболевания; материнская смертность (эмболия, шок и т.д.). [8]

К поздним осложнениям относятся неполный аборт, когда остатки плодного яйца внутри матки; гематометра; нарушения менструального цикла; эндометрит, параметрит, сальпингит; перитонит, а в более тяжелых случаях — сепсис. [8]

К отдаленным осложнениям относятся заболевания шейки матки, повышение рисков развития рака эндометрия и молочных желез; дисфункция гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы (НЛФ, МФЯ, ДМК, функциональная гиперпролактинемия, СПКЯ, ановуляция); патология рецепторного аппарата; внематочные

беременности; ИЦН; невынашивание беременностей, а также хронические воспалительные заболевания. [8]

У 10–20 % женщин развиваются воспалительные заболевания половых органов, причем как в раннем, так и позднем периодах. В отдаленные сроки у 40–70 % женщин на первое место выходят эндокринные нарушения.

Не менее тревожным является факт «омоложения» аборт, а также роста патологии репродуктивной системы прекрасной половины населения.

С целью преодоления возникших перед Российскими акушерско-гинекологическим сообществом проблем, сегодня на первый план перед специалистами выходит снижение числа аборт, где ведущим направлением является широкое распространение современных и эффективных методов контрацепции, а также сохранение репродуктивного здоровья популяции. Среди поставленных задач на первый план выходит поиск безопасных путей прерывания беременности с сохранением репродуктивного здоровья и отказ от устаревших технологий в пользу новых, более эффективных и безопасных.

Практическая часть

Цель нашего исследования — изучение структуры и факторов риска осложнений после искусственного и медикаментозного аборт у женщин в республике Мордовия.

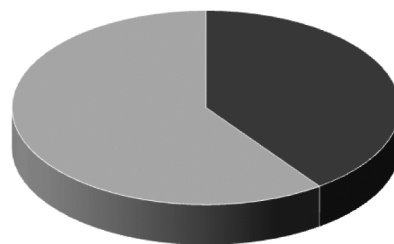
Материалы и методы исследования: с целью оценки эффективности препарата мифепристон для прерывания беременности на ранних сроках в сочетании с комплексной оценкой ранних и поздних осложнений нами было проведено ретроспективное исследование отчетно-статистических форм в Республике Мордовия за 2021 год, медицинских карт прерывания беременности по районам Республики Мордовия и городу Саранск.

Обсуждение результатов: Количество аборт в 2021 году в республике Мордовия составило — 1136, из них медикаментозно прервали беременность — 455 женщин (основная группа).

Группу сравнения изучили по данным ретроспективного анализа 681 медицинских карт женщин после искусственного аборт за этот же год. Средний возраст женщин группы сравнения составил 26+/-5 лет (от 19 до 37 лет). По возрастному составу исследуемые группы были неоднородны.

Стоит отметить, что все исследуемые женщины основной группы перед медикаментозным аборт были обследованы строго по протоколу.

Структур аборт по Республике Мордовия на 2021 год



■ Количество женщин, прервавших беременность медикаментозно
■ Естественные аборт и искусственные аборт традиционными методами

Исследуемый метод аборт проводился в сроки до 6 недели гестации. Беременные получали препараты по общепринятой схеме: 600 мг мифепристон внутрь, после чего осуществлялся четкий контроль за их состоянием. Повторный прием препарата проводился через 24 часа в дозе 400 мг мизопростол («Миролют») 2 раза с интервалом 3 часа под наблюдением врача. У 7 пациенток возникла непереносимость препарата, проявляющаяся рвотой с коллапсом, что заставило завершить аборт инструментально.

Для гистологического исследования плодное яйцо помещалось в пробирку с 40 % раствором формалина.

УЗИ проводилось дважды на 3–4 и 12–14 дни после приема препарата с целью выявления ранних осложнений. Оценивались содержимое полости матки на наличие остатков плодного яйца и крови, толщина и однородность эндометрия. При анализе ультразвуковой картины эндометрия после прерывания беременности медикаментозным и традиционным, хирургическим, методами отмечалась разница в толщине эндометрия на 3–4 день, которая составила 2,8 мм (средняя толщина 12,5 и 9,7 соответственно). Указанная разница весьма значительна, так как она определила различия в сроках восстановления в последующем.

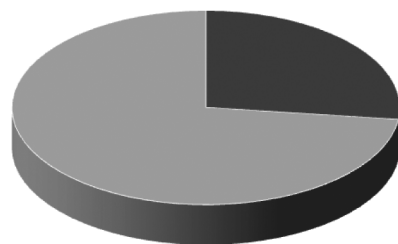
В процессе исследования было выявлено, что у 182 женщин, что соответствует 26,7 %, имеются соматические заболевания без тяжелой экстрагинетальной патологии, у 136, что соответствует 20 %, выявлены заболевания репродуктивной системы.

В процессе изучения данных по исходам медикаментозного аборт выявлено, что в основной группе изгнание плода происходило на 2 день у 120 (27 %), на 3 день у 325 (73 %).

Кровянистые выделения до 10 дней отмечались у 287 пациенток, что соответствует 64 %, до 20 дней — у 158, что соответствует 36 %.

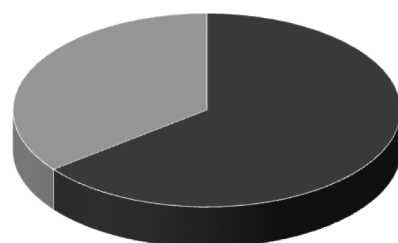
Исследуемым женщинам с длительностью кровянистых выделений до 10 дней гемостатическая терапия

Срок изгнания плода среди исследуемых основной группы



■ Изгнание плода на 2 день после процедуры
■ Изгнание плода на 3 день после процедуры

Кровянистые выделения у исследуемых основной группы



■ Кровянистые выделения на протяжении 10 дней
■ Кровянистые выделения на протяжении 20 дней

не проводилась, в случае продолжения кровотечения свыше 10 дней, проводилось симптоматическое лечение (дицинон, транексамовую кислоту), у 18 пациенток (6,2 %) был проведен гормональный гемостаз с хорошим эффектом. Достоверных изменений уровня гемоглобина (г/л) до и после прерывания беременности не выявлено.

С целью купирования болевого синдрома, характерного в основном для женщин, не рожавших ранее, при изгнании плода назначалась спазмолитическая терапия.

Возникновение ранних осложнений в основной группе имели 56 (12,5 %) женщин — проявлялись в обнаружении остатков плодного яйца в полости матки. Из данной категории исследуемых 32 пациентками с выявленными при УЗИ исследовании остатками плодного яйца был назначен дополнительный прием 400 мг мизопростола, результатом которого явилось полное опорожнение матки. У 17 пациенток из данной категории исследуемых действие мифепристона и дополнительной утеротонической терапии не оказали ожидаемого эффекта, вследствие чего с помощью ультразвукового метода были выявлены остатки плодного яйца — аборт был завершён инструментально под контролем гистероскопа. Участки выделенной децидуальной ткани отправлены на гистологическое исследование.

При оценке менструальной функции у обследуемых женщин в течение 3 месяцев нарушения имели 54 (12 %)

пациенток по типу гиперполименореи. С целью нормализации менструальной функции использовали назначение комбинированных оральных контрацептивов (КОК). Общее число осложнений, при которых пришлось прибегнуть к инструментальным методам были у 24 (42,8 %) пациенток, а общее число ранних осложнений при медикаментозном аборте у 445 женщин основной группы составило 12,5 %.

В группе сравнения был произведен анализ 681 медицинской карты женщин после искусственного аборта. Число ранних осложнений (эндометрит, остатки плодного яйца, гематометра) составило — 18,8 %.

Гистологическое исследование абортусов было произведено у 120 женщин после медикаментозного и искусственного абортов. При проведении медицинского аборта были обнаружены ворсины хориона, а децидуальная ткань имела выраженную лейкоцитарную инфильтрацию у 25 женщин, однако воспалительный процесс в виде эндометрита не развивался. После искусственных абортов у 42 женщин, что соответствует 35% исследуемых, абортусы были инфицированы, имелась лейкоцитарная инфильтрация, гистиоциты и макрофаги в большом количестве. У всех пациенток возникли постабортные эндометриты, которые были пролечены.

Таким образом, после медикаментозного аборта число ранних осложнений составило 12,5 %. Поздние осложнения не наблюдались. В группе сравнения число ранних осложнений составило 18,8 %, поздние осложнения по литературным данным (невынашивание беременности, бесплодие, внематочная беременность, хронический эндометрит) встречаются от 27 до 45 %.

При анализе причин развития осложнений после медикаментозного аборта вне лечебного учреждения способствовали: отсутствие должного врачебного наблюдения, отклонение от рекомендуемых стандартов сроков проведения аборта, использование несертифицированных препаратов для искусственного прерывания беременности, а также нарушения в проведении процедуры: выполнение аборта без должного предварительного обследования.

Заключение

При оценке полученных результатов после проведения медикаментозного аборта было выявлено, что данный метод эффективен на 97,1 % и является более щадящим прерыванием нежелательной беременности, имеющим в три раза меньше осложнений, сохраняющим репродуктивное здоровье женщин, в сравнении с устаревшей методикой при искусственном аборте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савельева Г.М. Акушерство: учебник / Савельева Г.М., Шалина Р.И., Сичинава Л.Г., Панина О.Б., Курцер М.А. // Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020 г. — 576 с.
2. Радзинский В.Е. Акушерство: учебник / под ред. В.Е. Радзинского, А.М. Фукса — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2021 г. — 1047 с. — ил.
3. Айламазян Э.К. Акушерство: учебник для медицинских вузов / Э.К. Айламазян — 10-е изд., испр. и доп. — СПб.: СпецЛит, 2019г. — 543 с.: ил.
4. Иванов А.А. Конспект лекций по акушерству и гинекологии / А.А. Иванов — Москва: Т8 Издательские технологии / RUGRAM, 2020 — 160 с.
5. Севитова Н.Е. Право на жизнь: аборт как этическая проблема современного общества [Электронный ресурс]. — URL: <https://novainfo.ru/article/7070> (дата обращения: 01.12.2023)
6. Дикке Г.Б. Медикаментозный аборт в амбулаторной практике / Г.Б. Дикке. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. — 384с.: ил. — ISBN 978-5-9704-4430-6
7. Трубникова Л.И., Вознесенская Н.В., Таджиева В.Д., Корнилова Т.Ю., Албутова М.Л., Тихонова Н.Ю. Учебно-методическое пособие по физиологическому акушерству, 3-ое изд., — Ульяновск: УлГУ, 2018. — 172 с.
8. Е.В. Маркова, Л.А. Тоноян, М.И. Кузнецов, О.Б. Невзоров, М.А. Царькова. Под ред. И.Б. Манухина. Руководство к практическим занятиям по акушерству. Учебно-методическое пособие для студентов лечебного факультета — Москва: МГМСУ, 2021. — 233 с., ил.

© Парамонова Дарья Сергеевна (Dashapar15062002@yandex.ru); Тюрина Наталья Александровна (natali.belle@mail.ru);
Плешкова Ксения Игоревна (mindrovakimed@rambler.ru); Давыдова Елена Александровна (lena-ivanova995@yandex.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ТОЧКА ЗРЕНИЯ НА ПРОБЛЕМУ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ У ПАЦИЕНТОВ С ОЖИРЕНИЕМ

POINT OF VIEW AT THE PROBLEM OF ATRIAL FIBRILLATION IN OBESE PATIENTS

**V. Popov
I. Ryabaya
M. Kalaida**

Summary. Atrial fibrillation (AF) has a negative impact not only on the quality of life of patients, but also leads to cardioembolic complications, which increases mortality and disability of the population.

Currently, studies show that the presence of obesity has a significant impact on the occurrence and recurrence of AF. In recent years, studies have been carried out proving the negative effect of adipose tissue on the myocardium, which manifests itself in changes in the structure of the myocardium and its functional state. Adipose tissue is a secretory organ capable of producing biologically active substances-adipokines that affect the processes of cardiac remodeling and is capable of supporting the processes of chronic inflammation; the most significant inflammatory activity is observed in epicardial adipose tissue.

A practicing physician needs knowledge of the mechanisms of development and features of the manifestation of AF in patients with obesity in order to improve patient management tactics taking into account the principles of personalized medicine.

Keywords: atrial fibrillation, obesity, leptin, adiponectin, resistin, paroxysms, epicardial adipose tissue.

Попов Владимир Викторович

Доктор медицинских наук, профессор,
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Северный государственный медицинский
университет» Министерства здравоохранения
Российской Федерации (Архангельск)
soldik24@yandex.ru

Рябая Ирина Николаевна

Кандидат медицинских наук, доцент,
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Северный государственный медицинский
университет» Министерства здравоохранения
Российской Федерации (Архангельск)
soldik24@yandex.ru

Калайда Мария Константиновна

Ассистент, Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Северный государственный медицинский
университет» Министерства здравоохранения
Российской Федерации (Архангельск)
mary_kalayda@mail.ru

Аннотация. Фибрилляция предсердий (ФП) оказывает негативное влияние не только на качество жизни пациентов, но и приводит к кардиоэмболическим осложнениям, что повышает смертность и инвалидизацию населения. В настоящее время исследования показывают, что наличие ожирения оказывает существенное влияние на возникновение и рецидивирование ФП. За последние годы были выполнены работы, доказывающие негативное влияние жировой ткани на миокард, выражающее в изменении структуры миокарда и его функционального состояния. Жировая ткань является секреторным органом, способным продуцировать биологически-активные вещества-адипокины, влияющие на процессы ремоделирования сердца и способна поддерживать процессы хронического воспаления, наиболее значимая воспалительная активность наблюдается в эпикардиальной жировой ткани.

Практикующему врачу-терапевту необходимо знание механизмов развития и особенностей проявления ФП у пациентов с ожирением для улучшения тактики ведения пациентов с учетом принципов персонализированной медицины.

Ключевые слова: фибрилляция предсердий, ожирение, лептин, адипонектин, резистин, пароксизмы, эпикардиальная жировая ткань.

Фибрилляция предсердий (ФП) — наиболее распространенное нарушение ритма сердца. Наличие ФП не только негативно отражается на качестве жизни пациентов, но и повышает риск возникновения кардиоэмболических событий, по имеющимся прогнозам, в будущем распространенность ФП

будет увеличиваться. Значимым предиктором развития ФП является ожирение, распространенность которого достигла глобальных масштабов. Установлено, что при увеличении индекса массы тела (ИМТ) на 5 кг/м² вероятность развития нарушений сердечного ритма повышается на 30 % [1]. Распространенность ожирения

у пациентов с ФП в Арктическом регионе на примере г. Архангельска составляет 44,3 % (95 % ДИ: 38,5; 50,0). В исследовании с участием 296 пациентов с впервые диагностированной формой ФП, было установлено, что увеличение ИМТ ассоциируется с повышением частоты повторных пароксизмов ФП и класса симптомов EHRA [2]. В то время как риск ФП, по-видимому, следует линейной схеме с увеличением ИМТ, патофизиологическая основа взаимосвязи ожирения и ФП сложна и многофакторна [3]. В современной литературе описаны возможные патогенетические механизмы влияния ожирения на развитие аритмий, включающие в себя активацию симпатно-адреналовой нервной системы, повышение активности ренин-ангиотензин-альдостероновой системы, появление артериальной гипертензии, воспаление, инсулинорезистентность, нарушение липидного обмена [4, 5]. Несмотря на имеющиеся исследования о влиянии ожирения на развитие и прогрессирование ФП, патогенез до конца не изучен.

Ожирение способствует формированию и поддержанию хронического воспаления в миокарде, в результате которого происходит структурное и электрическое ремоделирование миокарда предсердий, появление эктопических фокусов в устьях легочных вен и нарушение проведения электрического импульса. В настоящее время имеются немногочисленные исследования, указывающие на возможную принадлежность медиаторов воспаления к предикторам ФП. В исследовании с участием 90 пациентов с нарушениями ритма было установлено повышение концентраций сывороточных интерлейкинов у пациентов с ФП по сравнению с результатами здоровых добровольцев. Исследователи заявляют, что IL-1 β , -2, -6, -8 следует рассматривать в качестве маркеров прогнозирования течения аритмий [6]. В исследованиях отмечена негативная роль острофазных белков и цитокинов в развитии послеоперационной ФП [7].

Жировая ткань является высокоактивным эндокринным органом, продуцирующим большое количество адипокинов — гормоноподобных веществ.

Один из наиболее хорошо изученных гормонов жировой ткани-лептин, у пациентов с ожирением отмечается повышенный уровень лептина крови, что в свою очередь подтверждает теорию лептинорезистентности. Синтез лептина осуществляется в адипоцитах, гормон выступает в качестве сигнальной молекулы, обеспечивающей связь между центральной нервной системой и содержанием питательных веществ, состоянием жировой ткани. Лептин повышает выработку провоспалительных цитокинов и способствует развитию системного воспаления [6]. Другой эффект лептина заключается в активации митоген-активируемых протеинкиназ, запуске реакций окислительного стресса и повышении концентрации молекул адгезии на эндотелии. В эксперименте

in vitro было установлено, что в высоких концентрациях лептин способен оказывать антиаритмогенные эффекты, но столь высоких концентраций невозможно достичь в организме человека [9]. В нескольких исследованиях показано, что лептин способствует развитию фиброза предсердий, что может являться пусковым фактором для развития ФП [6]. В исследовании с участием пациентов с впервые диагностированной формой ФП и избыточной массой тела или ожирением в анамнезе установлена более высокая концентрация лептина в группе пациентов с повторными пароксизмами ФП по сравнению с группой пациентов без повторных пароксизмов ФП [2].

Ермаков С. с соавторами в исследовании с участием 4937 пациенток, 892 из которых имели ФП в анамнезе, выявили повышенный уровень лептина у женщин с ФП по сравнению с пациентками без ФП [10].

Mallamaci F. с соавторами установили, что повышение концентрации лептина вызывает стимуляцию синтеза эндотелина-1, увеличивает реабсорбцию натрия, вызывая вазоконстрикторный эффект и повышая артериальное давление. Артериальная гипертензия является предиктором возникновения ФП [11].

Гиперлептинемия повышает шансы развития сердечно-сосудистых заболеваний у пациентов с наследственной предрасположенностью [12].

Имеются данные о том, что гиперлептинемия является предиктором развития геморрагического инсульта [13].

В настоящее время активно изучается роль резистина в развитии воспалительных реакций и влияние на ремоделирование миокарда. Данный гормон продуцируется адипоцитами, моноцитами и макрофагами и его концентрации повышается при наличии ожирения.

Резистин принимает активное участие в повышении уровня липопротеинов низкой плотности в сыворотке крови, таким образом, способствуя развитию и прогрессированию атеросклероза и сердечно-сосудистых заболеваний у людей с избыточной массой тела и ожирением. Недавние исследования продемонстрировали участие резистина в развитии воспалительных реакций [14, 15]. Повышенная продукция резистина адипоцитами способствует выработке провоспалительных цитокинов, запускает каскад воспалительных реакций, что приводит либо к некрозу, либо к дисфункции клеточной мембраны. Хроническое местное воспаление влияет на развитие фиброза миокарда, следствием данных процессов является структурное и электрическое ремоделирование миокарда. Повышение концентрации резистина значительно повышает риск развития ФП в раннем послеоперационном периоде после операции аортокоронарного шунтирования [16].

Таким образом, повышенная продукция резистина может являться фактором, способствующим развитию и прогрессированию ФП [17].

Адипонектин — коллагеноподобный белок, секреция которого осуществляется в адипоцитах [18]. У пациентов с ожирением и метаболическим синдромом выработка адипонектина снижена, что связано с понижением экспрессии гена ADIPOQ, кодирующего адипонектин. Адипонектин реализует противовоспалительное действие, взаимодействуя с рецепторами ADIPOR1 и ADIPOR2 и снижая экспрессию генов провоспалительных цитокинов, ФНО- α , интерферона- γ [19]. Снижение концентрации адипонектина нарушает метаболизм липопротеинов, приводит к развитию атерогенеза, снижает чувствительность тканей к инсулину. Ybarra J с соавторами установили обратную зависимость между уровнем адипонектина и размером левого предсердия [20].

Однако, несмотря на положительные эффекты адипонектина, в литературе имеются исследования, в которых повышенная концентрация адипонектина выступает предиктором формирования ФП.

В исследовании, участниками которого стали 80 пациентов с артериальной гипертензией и сахарным диабетом в анамнезе, установлено, что повышенная концентрация адипонектина способствовала нарушению механической функции левого предсердия [21].

Недавно проведенный мета-анализ показал, связь между повышенной концентрацией адипонектина и увеличением риска ФП и кардиоэмболических событий [15].

Основываясь на проведенные исследования, можно сделать предположение, что адипокины способны оказывать существенное влияние на развитие и прогрессирование ФП.

Одним из механизмов развития ФП у пациентов с ожирением является формирование системного воспаления, эпикардальная жировая ткань выступает мощным фактором, способствующим развитию воспаления в миокарде. Увеличение объема эпикардальной жировой ткани рассматривается как предиктор возникновения ФП.

Показатель эпикардальной жировой ткани ≥ 5 мм у пациентов моложе 45 лет, ≥ 6 мм у пациентов в возрасте от 45 до 55 лет и ≥ 7 мм в группе старше 55 лет расценивается как эпикардальное ожирение [23].

Мета-анализ M. Gaeta et al. [24], включающий 7 исследований с участием более 5000 пациентов, показал, что объем эпикардальной жировой ткани у пациентов с ФП больше, чем у пациентов с синусовым ритмом (95 % ДИ

21,5–42,5 мл). При сравнении групп с пароксизмальной и персистирующей формами ФП отмечалось преобладание перикардального жира в группе с персистирующей формой ФП. Данные выводы подтвердило исследование под руководством G. Iacobellis et al. Пациенты с ФП в исследовании имели увеличенный объем эпикардальной жировой ткани. При сравнении групп пациентов с пароксизмальной и персистирующей формой ФП получены следующие показатели толщины эпикардального жира: $3,5 \pm 2,4$ мм — группа пациентов с пароксизмальной формой ФП, $4,8 \pm 2,5$ мм — группа пациентов с персистирующей формой ФП ($p < 0,05$) [25].

T. F. Chao et al. выполнили исследование толщины эпикардального жира у пациентов после катетерной абляции и продемонстрировали повышение риска рецидива пароксизмальной формы ФП при увеличении толщины эпикардального жира более 6 мм и риска рецидива персистирующей ФП — при толщине более 6,9 мм. Данное исследование доказывает необходимость учета размеров эпикардальной жировой ткани в качестве маркера риска рецидива ФП после катетерной абляции [26].

Эпикардальное ожирение вероятно может способствовать формированию электрической неоднородности миокарда, а также повышать локальную активности клеток предсердий. В исследованиях, выполненном на грызунах установлено, что ремоделирование миокарда наиболее часто было вызвано цитокинами, продуцируемыми эпикардальным жиром, нежели, чем абдоминальным [27]. Кроме того, эпикардальное ожирение увеличивает синтез свободных форм кислорода и приводит к формированию оксидативного стресса и развитию аритмии [28].

ФП способна вызывать тромбоэмболические осложнения, в частности кардиоэмболический инсульт. K. Cosansu et al. в исследовании сравнили толщину эпикардальной жировой ткани в группе пациентов с ФП и кардиоэмболическим инсультом в анамнезе и группу пациентов с ФП без осложнений, было установлено, что толщина эпикардального жира была существенно выше в группе пациентов с кардиоэмболическим инсультом $8,55 \pm 1,08$ мм против — $5,9 \pm 1,35$ мм в группе пациентов с ФП без осложнений ($p < 0,0001$). Исследователи сделали вывод, что, увеличение толщины эпикардального жира может выступать предиктором развития осложнений ФП [29].

H.M. Tsao et al. также анализировали взаимосвязь эпикардального ожирения и развития кардиоэмболического инсульта среди пациентов с ФП. Они рассмотрели 3 группы пациентов: 1 группа, в которую вошли 27 человек с ФП, осложнившейся тромбоэмболическим инсультом, 2 группа — 68 пациентов с неосложненной

ФП и 3 группа контрольная, включающая 20 пациентов без ФП и инсульта. Была выявлена корреляция между объемом эпикардального жира и наличием ФП, а также корреляция между объемом эпикардального жира и наличием осложнений ФП. Увеличение объема эпикардального жира тесно коррелировало с высоким риском формирования ФП и возникновения инсульта у пациентов с ФП. Также было установлена связь между

увеличением объема эпикардального жира и ухудшением опорожнения левого предсердия, что вероятно также способствовало увеличению риска развития тромбоэмболических событий [30]. Резюмируя все вышесказанное — увеличение количества эпикардального жира тесно взаимосвязано с риском развития ФП и связанных с ней осложнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wong C.X., Sullivan T., Sun M.T., et al. Obesity and the risk of incident, post-operative, and post-ablation atrial fibrillation: a meta-analysis of 626,603 individuals in 51 studies. *JACC Clinical Electrophysiology*. 2015;1:139–52. doi:10.1016/j.jacep.2015.04.004
2. Рябая И.Н. Особенности течения фибрилляции предсердий у пациентов с артериальной гипертензией и ожирением: дис.кан.мед.наук: 14.01.05 /Рябая Ирина Николаевна. — К.,2020. — 106 с.
3. Тарзиманова А.И. Ожирение и фибрилляция предсердий: механизмы возникновения и современные принципы лечения. *Терапия*.2022;7: 141–146.
4. Goudis C.A., Korantzopoulos P., Ntalas I.V., et al. Obesity and atrial fibrillation: A comprehensive review of the pathophysiological mechanisms and links. *J Cardiol*. 2015;66(5):361-9. doi:10.1016/j.jcc.2015.04.002.
5. Ogunsua A.A., Shaikh A.Y., Ahmed M., McManus D.D. Atrial Fibrillation and Hypertension: Mechanistic, Epidemiologic, and Treatment Parallels. *Methodist Debaquey Cardiovasc J*. 2015;11(4):228–34.
6. Аль-Захар Нассер Б.А., Матвеева Л.В., Туркова Н.И. «Изменения сывороточных интерлейкинов при нарушениях сердечного ритма как диагностические маркеры» *Огарёв-Online*, 2022; 12 (181): pp. 8.
7. Канаметов Т.Н., Панагов З.Г., Аверина И.И. Роль интерлейкина-6 в развитии фибрилляции предсердий после операции аортокоронарного шунтирования. *Анналы аритмологии*. 2023; 20(1): 34–42.
8. Scridon A., Dobreanu D., Chevalier P., et al. Inflammation, a link between obesity and atrial fibrillation. *Inflamm Res*. 2015;64(6):383–93. doi:10.1007/s00011-015-0827-8
9. Lin Y., Chen Y., Huang J., et al. Leptin modulates electrophysiological characteristics and isoproterenol-induced arrhythmogenesis in atrial myocytes. *J. Biomed. Sci*. 2013;20: 94.
10. Ermakov S., Azarbal F., M.L. Stefanick M.L., et al. The associations of leptin, adiponectin and resistin with incident atrial fibrillation in women. *Heart*. 2016;102:1339–1340.
11. Mallamaci, F. Cuzzola, G. Tripepi, et al. Gender-dependent differences in plasma leptin in essential hypertension. *Am. J. Hypertens*. 2000;13:914–920.
12. Takris T.K., Hatzizacharias A.N., Krespi P.G., et al. Markers of risk in young offspring with paternal history of myocardial infarction. *Int. J. Cardiol*. 2003;89:287–293.
13. Soderberg S., Ahren B., Stegmayr B., et al. Leptin is a risk marker for first-ever hemorrhagic stroke in a population-based cohort. *Stroke*. 1999;30:328–337.
14. Stanciu A.E., Vatasescu R.G., Stanciu M.M., et al. The role of pro-fibrotic biomarkers in paroxysmal and persistent atrial fibrillation. *Cytokine*. 2018;103:63–68. doi: 10.1016/j.cyto.2017.12.026.
15. Guo Y., Liu L., Wang J. Adiponectin and the risk of new-onset atrial fibrillation: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Biosci Rep*. 2019;39(6):BSR20182284. doi: 10.1042/BSR20182284.
16. Rienstra M., Sun J.X., Lubitz S.A., et al. Plasma resistin, adiponectin, and risk of incident atrial fibrillation: The Framingham Offspring Study. *Am Heart J*. 2012;163(1):119–124. doi:10.1016/j.ahj.2011.09.029
17. Peller M., Kaplon-Cieslicka A., Rosiak M., et al. Are adipokines associated with atrial fibrillation in type 2 diabetes? *Endokrynol Pol*. 2020;71:34–41. doi: 10.5603/EP.a2019.0059
18. Goldstein B.J., Scalia R.G., Ma X.L. Protective vascular and myocardial effects of adiponectin. *Nat. Clin. Pract. Cardiovasc. Med*. 2009; 6 (1): 27–35.
19. Драпкина О.М., Николаева М.В. Патогенетические механизмы развития фибрилляции предсердий при ожирении. Рациональная фармакотерапия в кардиологии 2016;12(5):582–589. DOI: 10.20996/1819-6446-2016-12-5-582-589. [Drapkina O.M., Nikolaeva M.V. Pathogenetic mechanisms of development of atrial fibrillation in obesity. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology* 2016;12(5):582–589. DOI: 10.20996/1819-6446-2016-12-5-582-589 (In Russ.)]
20. Ybarra J., Resmini E., Planas F., et al. Relationship between adiponectin and left atrium size in uncomplicated obese patients: adiponectin, a link between fat and heart. *Obes Surg*. 2009;19(9):1324–1332. doi:10.1007/s11695-009-9924-5
21. Калайсоглу Е., Четин М., Озыылдыз А.Г., и др. Связано ли повышение уровня адипонектина с ремоделированием левого предсердия и нарушением его механической функции? (с использованием технологии Speckle Tracking). *Кардиология*. 2021;61(5):65–70. [Kalaisoglu E., Cetin M., Ozyyldiz A.G., et al. Is increased adiponectin levels associated with left atrial remodeling and impairment of its mechanical function? (using Speckle Tracking technology). *Cardiology*. 2021;61(5):65–70. (In Russ.)]
22. Guo Y., Liu L., Wang J. Adiponectin and the risk of new-onset atrial fibrillation: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Bioscience Reports*. 2019;39(6):BSR20182284. DOI: 10.1042/BSR20182284
23. Кузнецова Т.Ю., Чумакова Г.А., Дружилов М.А., Веселовская Н.Г. Роль количественной эпикардальной жировой ткани у пациентов с ожирением в клинической практике. *Российский кардиологический журнал*.2017;144(4):81–87. [Kuznetsova T.Yu., Chumakova G.A., Druzhilov M.A., Veselovskaya N.G. The role of quantitative epicardial adipose tissue in obese patients in clinical practice. *Russian Journal of Cardiology*.2017;144(4):81–87. (In Russ.)]
24. Gaeta M., Bandera E., Tassinari F., et al. Is epicardial fat depot associated with atrial fibrillation? A systematic review and meta-analysis. *EP Eur*.2017;19(5):747–752.

25. Iacobellis G., Zaki M., Garcia D., Willens H. Epicardial Fat in Atrial Fibrillation and Heart Failure. *Horm Metab Res.* 2014; 46(8): 587–590.
26. Chao T.F., Hung C.L., Tsao H.M., et al. Epicardial Adipose Tissue Thickness and Ablation Outcome of Atrial Fibrillation. *PLoS One.* 2013; 8(9):e74926.
27. Venticlef N., Guglielmi V., Balse E., et al. Human epicardial adipose tissue induces fibrosis of the atrial myocardium through the secretion of adipofibrokinases. *Eur. Heart J.* 2015;36:795–805.
28. Salgado-Somoza A., Teijeira-Fernandez E., Fernandez A.L., et al. Proteomic analysis of epicardial and subcutaneous adipose tissue reveals differences in proteins involved in oxidative stress. *Am J Physiol Circ Physiol.* 2010; 299(1):202–209.
29. Cosansu K. Is epicardial fat thickness associated with acute ischemic stroke in patients with atrial fibrillation? *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2020;29(7): e.104900.
30. Tsao H.M., Hu W.C., Tsai P.H., et al. The Abundance of Epicardial Adipose Tissue Surrounding Left Atrium Is Associated With the Occurrence of Stroke in Patients With Atrial Fibrillation. *Medicine (Baltimore).* 2016; 95(14):P3260.

© Попов Владимир Викторович (soldik24@yandex.ru); Рябая Ирина Николаевна (soldik24@yandex.ru);

Калайда Мария Константиновна (mary_kalayda@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСТРОЕ РАССЛОЕНИЕ АОРТЫ У БЕРЕМЕННЫХ: ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

ACUTE AORTIC DISTRIBUTION IN PREGNANT WOMEN: LITERATURE REVIEW

D. Rossolko
N. Rukhlyada
T. Prokhorovich
Sh. Dzhanibekova
I. Matevosyan
T. Libova
I. Vorobtsova
M. Konovalova

Summary. The article discusses a literature review on acute aortic dissection in pregnant women. The purpose of the study is to analyze treatment tactics for pregnant women with acute aortic dissection. The PubMed database was used to select the literature. The selection of literature was unsystematic. The following queries were used: «aortic aneurism rupture in pregnancy», «pregnancy and cardiovascular complications» and others. The issues of using artificial blood circulation apparatus in pregnant women are considered. Acute type B aortic dissection is described. Options for aortic valve replacement are presented for pregnant women who have suffered type A aortic dissection with aortic valve damage. It was concluded that the optimal operations for childbirth and further prognosis are valve-sparing operations (variants of resuspension of the native valve), surgery for autopericardial neocuspidization of the aortic valve, replacement with human alloaortic allografts.

Keywords: aorta, pregnancy, anomaly, monotherapy, conservative tactics.

Россолько Дмитрий Сергеевич
Кандидат медицинских наук, доцент,
Санкт-Петербургский Государственный
Педиатрический Медицинский Университет
Министерства здравоохранения Российской Федерации
drossolko@mail.ru

Рухляда Николай Николаевич
Доктор медицинских наук, профессор,
Санкт-Петербургский Государственный
Педиатрический Медицинский Университет
Министерства здравоохранения Российской Федерации

Прохорович Татьяна Ивановна
Кандидат медицинских наук, доцент,
Санкт-Петербургский Государственный
Педиатрический Медицинский Университет
Министерства здравоохранения Российской Федерации

Джанибекова Шерифат Салиховна
Кандидат медицинских наук, доцент,
Санкт-Петербургский Государственный
Педиатрический Медицинский Университет
Министерства здравоохранения Российской Федерации

Матевосян Ирина Эдиковна
Кандидат медицинских наук, доцент,
Санкт-Петербургский Государственный
Педиатрический Медицинский Университет

Либова Татьяна Александровна
Кандидат медицинских наук, доцент,
Санкт-Петербургский Государственный
Педиатрический Медицинский Университет

Воробцова Ирина Николаевна
Кандидат медицинских наук, доцент,
Санкт-Петербургский Государственный
Педиатрический Медицинский Университет

Конвалова Марина Владиславовна
Кандидат медицинских наук, доцент,
Санкт-Петербургский Государственный
Педиатрический Медицинский Университет

Аннотация. В статье рассматривается литературный обзор по острому расслоению аорты у беременных. Цель исследования — провести анализ лечебной тактики в отношении беременных с острым расслоением аорты. Для отбора литературы использовали базу данных PubMed. Отбор литературы был несистематический. Использовались следующие запросы: «aortic aneurism rupture in pregnancy», «pregnancy and cardiovascular complications» и прочие. Рассмотрены вопросы применения аппарата искусственного кровообращения у беременных. Описано острое расслоение аорты типа В. Представлены варианты протезирования аортального клапана для беременных, перенесших расслоение аорты типа А с поражением аортального клапана. Сделан вывод о том, что оптимальными операциями для родов и дальнейшего прогноза являются клапансохраняющие операции (варианты ресуспензии нативного клапана), операция по аутоперикардиальной неокуспидизации аортального клапана, протезирование человеческими аллоаортальными аллогraftами.

Ключевые слова: аорта, беременность, аномалия, монотерапия, консервативная тактика.

Острое расслоение аорты является грозной патологией, риск которой увеличивается при беременности. По некоторым данным существуют различные стигмы патологии аорты: (1) симптомокомплексы соединительнотканых дисплазий (арахнодактилия. Высокий рост, высокая растяжимость кожи, подвижных хрусталика) [1], (2) Генетические аномалии (синдром Элерса–Данлоса, Дауна, Льюиса–Дитца) [2,3].

Долгое время считалось, что расслоение аорты ассоциируется именно с расширением аорты, то есть с аневризмой (по некоторым данным, в 1,5 или 2 раза превышение диаметра аорты) [4]. Однако, последние данные говорят о том, что несмотря на то, что аневризма аорты ассоциируется с повышенным риском расслоения, все же большая часть расслоений происходит при нормальном размере аорты, что значительно усложняет прогнозирование патологии. Так некоторые генетические аномалии могут долгое время не проявляться, в том числе в родословной, из-за низкой конкордантности мутации [5].

Беременность не только повышает риск расслоения, являясь фактором материнской смертности, но и увеличивает риск смерти по сравнению с основной популяцией. Если, например, в общей популяции смертность при остром расслоении типа колеблется в пределах 10 %, то у беременных она увеличивается в 2–3 раза [6].

При этом нет четкой тактики ведения таких пациенток, поэтому в основном подобные случаи разрешаются коллегиально группой акушеров и гинекологов и так называемой Aortic team [7].

Отсюда актуальность работы — в связи с грозностью патологии и при этом редкой ее встречаемостью крайне важно провести обзор мировой литературы, в которой упоминается о лечении подобных пациенток [8].

Цель работы — провести анализ лечебной тактики в отношении беременных с острым расслоением аорты. Для отбора литературы использовали базу данных PubMed. Отбор литературы был несистематический. Использовались следующие запросы: «aortic aneurism rupture in pregnancy», «pregnancy and cardiovascular complications» и прочие.

Следует отметить, что в медицинской литературе не так много работ по ведению пациенток с расслоением аорты во время беременности. При этом оказалось, что значимой корреляции расслоения с каким-либо из периодов беременности не было, что может быть связано с небольшим объемом выборки. Вместе с этим тактика лечения как расслоения аорты типа А и В такая же как в общей популяции и направлена на сохранение жизни матери. С учетом высокой низкой смертности после рас-

слоения аорты типа В тактика должна быть консервативной, по принципам ведения пациенток с гестозами. При расслоении типа А, с учетом высокой смертности (часто выше 90 %), стоит придерживаться исключительно хирургической тактики с применением современных методов перфузии.

В связи с этим крайне важно разобрать вопрос о применении аппарата искусственного кровообращения у беременных.

Стоит отказаться от непальсирующего потока при искусственном кровообращении, так как он нефизиологичен, вызывает гипоперфузию плода. Так же часто увеличивается сократительная активность матки [9]. В связи с этим большинство авторов сходятся во мнении, что необходимо использовать пульсирующий режим перфузии [10–12].

Если расслоение аорты произошло до 24 недели, момента, когда плод становится жизнеспособным, операция проводится без извлечения плода. Во время операции кардиотокография может быть полезной для оценки состояния плода. Самым безопасным для плода режимом искусственного кровообращения является нормотермическая высокопоточная перфузия с высоким давлением и индексом перфузии 3. Гипотермия снижает кровоток в системе мать–плацента–плод, что может негативно сказаться на состоянии последнего [13].

Острое расслоение аорты типа В

Как и в общей популяции, у беременных с расслоением аорты типа В достаточно высокие шансы на выживание. При данной патологии придерживаются исключительно консервативной тактики, направленной на купирование высокой артериальной гипертензии.

При подтвержденном диагнозе расслоения аорты типа В риски для жизни матери и плода не так высоки. Важно контролировать центральную гемодинамику бета-1 селективными блокаторами, нитратами [14].

Назначение нитратов должно быть только после введения аденоблокаторов, если монотерапия неэффективна. При этом нельзя изолированно принимать нитраты так как рефлекторная тахикардия (из-за снижения венозного возврата) может вызвать продолжение расслоения вплоть до бифуркации аорты, при этом есть риск того, что питание плода будет происходить через ложный канал, что вызовет острый дистресс.

Оценка кровоснабжения важна, если она недостаточна, есть возможность эндоваскулярной фенестрации лоскута для нарушения разобщения ложного и истинного просвета. Тогда кровоснабжение может восстановиться,

что позволит успешно завершить беременность с рисками сопоставимыми с таковыми в общей популяции.

После родов всегда остается возможность миниинвазивного лечения расслоения аорты типа В в хронической стадии [15]. Тем более, результаты эндоваскулярной имплантации через 9–10 месяцев лучше, так как отслоившийся лоскут гораздо лучше организовался, в связи с чем значительно снижаются периоперационные риски его отрыва, смещения.

Острое расслоение аорты типа А

Это грозное заболевание с высокой смертностью. Успех операции зависит от времени начала хирургического лечения, любые другие методы лечения неэффективны.

Матери угрожают такие осложнения как острая аортальная недостаточность, гемотампонада перикардиальной полости, Мальперфузия брахиоцефальных артерий. При всех этих состояниях значительно снижается шанс на выживание, не говоря уже о сохранении беременности.

Варианты протезирования аортального клапана для беременных, перенесших расслоение аорты типа А с поражением аортального клапана

С одной стороны, биологические протезы для беременных женщин более предпочтительны, так как нет необходимости в постоянной антикоагуляции, что снижает риск смерти в родах от неконтролируемого кровотечения или протез-зависимых осложнений, угрожающих жизни ребенка. Несмотря на то, что есть успешные случаи кесарева сечения и репротезирования механического протеза при его тромбозе [16], риски слишком высоки как для матери, так и для плода. Поэтому использование биопротеза является предпочтительным для женщин, планирующих беременность.

Однако ксенобиопротезы быстрее деградируют, а беременность многие считают фактором, ускоряющим биодеградацию [17], хотя есть исследования, говорящие об обратном [18]. Так или иначе, проблема биодеградации актуальна, особенно после 5 года срока службы биопротеза. Было замечено, что структурная дегенерация биопротеза (SVD-structural degeneration of prosthesis) повышает риски родовых осложнений (сравнивались группы женщин с биопротезами с и без дегенеративных изменений) [19].

Таким образом, использование биопротеза для протезирования клапанов сердца у женщин в фертильном возрасте не является оптимальным. Это связано с: (1) ранним возрастом, который способствует снижению

срока службы биостворок, (2) заведомо неприемлемым для молодых пациентов сроком службы биопротеза, (3) не самыми лучшими показателями гемодинамики, (4) сложностью повторных вмешательств. Таким образом, есть основания полагать, что альтернативные методы протезирования клапанов сердца могут быть лучше для течения беременности и для жизни пациентки.

Альтернативные методы протезирования аортального клапана: неокуспидизация, операция Росса, протезирование аортального клапана гомографтом. При таких методах можно достичь наилучшей гемодинамики, а за счёт того, что неоклапан восстановлен из собственных тканей пациента, он обладает стопроцентной биосовместимостью, что является предиктором долгого срока службы и высокой свободы от реоперации [20].

Однако, если аортальный клапан неизменен, а просто циркулярно отслоен, необходимо проводить его ресуспензию, так как сохранение нативного клапана ассоциируется с наименьшими рисками кардиальных осложнений: гемолиз, инфекционный эндокардит.

Для замены расслоенной аорты необходимо использовать максимально радикальное вмешательство по типу операции «хобот слона», «замороженный хобот слона» [21] (рисунки 1)

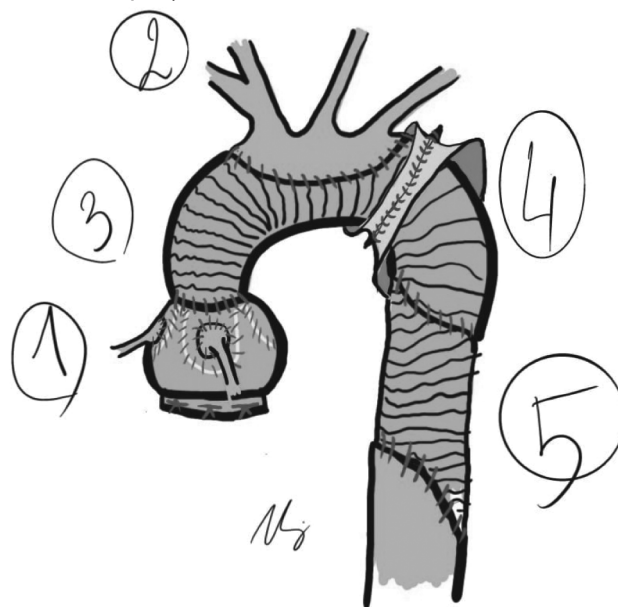


Рис. 1. Вариант радикальной коррекции расслоения аорты типа А, выполнение которого возможно при беременности. 1 — ресуспензия собственного аортального клапана, 2 — реимплантация коллектора брахиоцефальных сосудов, 3, 4 — двухэтапная замена дуги аорты по Borst, 5 — замена нисходящей аорты (возможна и эндоваскулярно.)

На основании вышеизложенного целесообразно сделать следующие выводы:

1. В настоящее время нет четких рекомендаций ведения беременных пациенток с острым расслоением аорты, однако, данные ситуации можно вполне успешно разрешать на уровне федеральных центров, владеющих современными методами анестезиологического и перфузиологического пособия (нормотермическая высокопоточная перфузия).
2. Как и в общей популяции, в отношении расслоения аорты типа А стоит придерживаться радикальной хирургической тактики, так как она ассоциируется с теми же рисками, что и вмешательства минимального объема (операция по типу «Полудуга»), но при этом лучше с точки зрения среднеотдаленных и отдаленных исходов.
3. В отношении вмешательства на отслоившемся аортальном клапане (расслоение типа А, осложненное циркулярным отрывом оснований аортального клапана) следует применять или реконструкцию, или различные виды протезирования, не ассоциирующиеся с тромботическими и геморрагическими осложнениями (механические протезы) и ранней деградацией протеза (каркасные ксенобиопротезы).
4. Оптимальными операциями для родов и дальнейшего прогноза являются клапансохраняющие операции (варианты ресуспензии нативного клапана), операция по аутоперикардиальной неоккупидизации аортального клапана, протезирование человеческими аллоаортальными аллографтами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Levy HP. Hypermobile Ehlers-Danlos Syndrome. 2004 Oct 22 [updated 2018 Jun 21]
2. Adam MP, Feldman J, Mirzaa GM, Pagon RA, Wallace SE, Bean LJJ, Gripp KW, Amemiya A, editors. GeneReviews® [Internet]. Seattle (WA): University of Washington, Seattle; 1993–2023. PMID: 20301456
3. Russo M, Boehler-Tatman M, Albright C, David C, Kennedy L, Roberts AW, Shalhub S, Afifi R; Aortic Dissection Collaborative. Aortic dissection in pregnancy and the postpartum period. *Semin Vasc Surg.* 2022 Mar;35(1):60–68. doi: 10.1053/j.semvasc.2022.02.010. Epub 2022 Feb 23. PMID: 35501042.
4. Loeys BL, Dietz HC. Loeys-Dietz Syndrome. 2008 Feb 28 [updated 2018 Mar 1]. In: Adam MP, Feldman J, Mirzaa GM, Pagon RA, Wallace SE, Bean LJJ, Gripp KW, Amemiya A, editors. GeneReviews® [Internet]. Seattle (WA): University of Washington, Seattle; 1993–2023. PMID: 20301312
5. Rimmer L, Heyward-Chaplin J, South M, Gouda M, Bashir M. Acute aortic dissection during pregnancy: Trials and tribulations. *J Card Surg.* 2021 May;36(5):1799–1805. doi: 10.1111/jocs.15068. Epub 2020 Sep 29. PMID: 32996191
6. Prendes CF, Christersson C, Mani K. Pregnancy and Aortic Dissection. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2020 Aug;60(2):309–311. doi: 10.1016/j.ejvs.2020.03.052. Epub 2020 May 12. PMID: 32409015.
7. Ramlakhan KP, Johnson MR, Roos-Hesselink JW. Pregnancy and cardiovascular disease. *Nat Rev Cardiol.* 2020 Nov;17(11):718–731. doi: 10.1038/s41569-020-0390-z. Epub 2020 Jun 9. PMID: 32518358
8. De Martino A, Morganti R, Falchetta G, Sciotti G, Milano AD, Pucci A, Bortolotti U. Acute aortic dissection and pregnancy: Review and meta-analysis of incidence, presentation, and pathologic substrates. *J Card Surg.* 2019 Dec;34(12):1591–1597. doi: 10.1111/jocs.14305. Epub 2019 Nov 5. PMID: 31794127.
9. Bons LR, Roos-Hesselink JW. Aortic disease and pregnancy. *Curr Opin Cardiol.* 2016 Nov;31(6):611–617. doi: 10.1097/HCO.0000000000000336. PMID: 27652809.
10. Indications for Cardiopulmonary Bypass During Pregnancy and Impact on Fetal Outcomes DOI: 10.1055/s-0033-1350997
11. Maternal and Fetal Outcome after Cardiac Surgery during Pregnancy: A Meta-Analysis DOI: 10.1016/j.athoracsur.2018.03.020; статья Indications for Cardiopulmonary Bypass During Pregnancy and Impact on Fetal Outcomes DOI: 10.1055/s-0033-1350997; статья Cardiac operation under cardiopulmonary bypass during pregnancy DOI: 10.1186/s13019-020-01136-9
12. Immer FF, Bansal AG, Immer-Bansal AS, McDougall J, Zehr KJ, Schaff HV, Carrel TP. Aortic dissection in pregnancy: analysis of risk factors and outcome. *Ann Thorac Surg.* 2003 Jul;76(1):309–14. doi: 10.1016/s0003-4975(03)00169-3. PMID: 12842575
13. Immer FF, Bansal AG, Immer-Bansal AS, McDougall J, Zehr KJ, Schaff HV, Carrel TP. Aortic dissection in pregnancy: analysis of risk factors and outcome. *Ann Thorac Surg.* 2003 Jul;76(1):309–14. doi: 10.1016/s0003-4975(03)00169-3. PMID: 12842575.
14. Hao Q, Wang H, Zhang C, Ma AQ, Wu YZ. A successful cesarean section followed with endovascular stent-graft implantation for a 36-week twin pregnancy with acute aortic dissection: a case report. *Ir J Med Sci.* 2016 Aug;185(3):735–739. doi: 10.1007/s11845-015-1260-2. Epub 2015 Feb 3. PMID: 25644698.
15. Duvan İ, Sungur ÜP, Onuk BE, Ateş MŞ, Karacan İS, Kurtoğlu M. Emergency Redo Mitral Valve Replacement Immediately after Caesarean Section. *J Tehran Heart Cent.* 2016 Apr 13;11(2):85–87. PMID: 27928260; PMCID: PMC5027166
16. Nappi, Francesco. «CRT-721 The Cryopreserved Mitral Homograft Valve: 19 Years Experience». *Jacc-cardiovascular Interventions* 7 (2014): n. pag.
17. El SF, Hassan W, Latroche B, Helaly S, Hegazy H, Shahid M, Mohamed G, Al-Halees Z. Pregnancy has no effect on the rate of structural deterioration of bioprosthetic valves: long-term 18-year follow up results. *J Heart Valve Dis.* 2005 Jul;14(4):481–5. PMID: 16116874.
18. Wichert-Schmitt B, Grewal J, Malinowski AK, Pfaller B, Losenno KL, Kiess MC, Colman JM, Tsang W, Mason J, Siu SC, Silversides CK. Outcomes of Pregnancy in Women With Bioprosthetic Heart Valves With or Without Valve Dysfunction. *J Am Coll Cardiol.* 2022 Nov 22;80(21):2014–2024. doi: 10.1016/j.jacc.2022.09.019. PMID: 36396203.
19. Rasmussen K, Rokey R, Rolak SC, Zhong C, Braxton JH, Hashimoto K. Repeat Pregnancy after Prior Aortic Valve-in-Valve Replacement: A Cautionary Tale. *Clin Med Res.* 2020 Dec;18(4):153–160. doi: 10.3121/cm.2020.1554. Epub 2020 Sep 2. PMID: 32878905; PMCID: PMC7735452.

20. Sterner D, Probst C, Mellert F, Schiller W. Surgical treatment and thoracic endovascular aortic repair in type A aortic dissection in a pregnant patient with Marfan syndrome. *Ann Vasc Surg.* 2014 Jul;28(5):1317.e7–10. doi: 10.1016/j.avsg.2013.10.011. Epub 2013 Dec 21. PMID: 24365078
 21. Shihata M, Pretorius V, MacArthur R. Repair of an acute type A aortic dissection combined with an emergency cesarean section in a pregnant woman. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2008 Oct;7(5):938–40. doi: 10.1510/icvts.2008.182766. Epub 2008 Jun 26. PMID: 18583394.
-

© Россолько Дмитрий Сергеевич (drossolko@mail.ru); Рухляда Николай Николаевич; Прохорович Татьяна Ивановна;
Джанибекова Шерифат Салиховна; Матевосян Ирина Эдиковна; Либова Татьяна Александровна; Воробцова Ирина Николаевна;
Коновалова Марина Владиславовна

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СЕЛЕКТИВНАЯ ЭНДОВАСКУЛЯРНАЯ ЭМБОЛИЗАЦИЯ ПРИ ЛЕЧЕНИИ МИОМЫ МАТКИ

SELECTIVE ENDOVASCULAR EMBOLIZATION IN THE TREATMENT OF UTERINE FIBROIDS

D. Rossolko
N. Rukhlyada
T. Prokhorovich
Sh. Dzhanibekova
I. Matevosyan
T. Libova
Yu. Vitko
S. Vertunova

Summary. Due to the high prevalence of uterine fibroids, especially among patients of reproductive age, it is extremely important to evaluate the prospects and indications of the endovascular embolization method. It is noted that the problem of revascularization and recurrence of fibroids may directly depend on the quality of embolization. If it is selective and starts from the microvasculature (as is the case with the use of embolic microspheres), the likelihood of restoring blood flow in the myomatous node is extremely low. It is concluded that at present, highly selective embolization can only be performed by endovascular specialists. While gynecologists can be trained to perform temporary balloon occlusion, full endovascular intervention can only be performed by a specialist in endovascular surgery.

Keywords: uterine fibroids, endovascular embolization, surgery, therapy, reproductive age.

Россолько Дмитрий Сергеевич

Кандидат медицинских наук, доцент,
Санкт-Петербургский Государственный
Педиатрический Медицинский Университет
Министерства здравоохранения Российской Федерации
drossolko@mail.ru

Рухляда Николай Николаевич

Доктор медицинских наук, профессор,
Санкт-Петербургский Государственный
Педиатрический Медицинский Университет
Министерства здравоохранения Российской Федерации

Прохорович Татьяна Ивановна

Кандидат медицинских наук, доцент,
Санкт-Петербургский Государственный
Педиатрический Медицинский Университет
Министерства здравоохранения Российской Федерации

Джанибекова Шерифат Салиховна

Кандидат медицинских наук, доцент,
Санкт-Петербургский Государственный
Педиатрический Медицинский Университет
Министерства здравоохранения Российской Федерации

Матевосян Ирина Эдиковна

Кандидат медицинских наук, доцент,
Санкт-Петербургский Государственный
Педиатрический Медицинский Университет

Либова Татьяна Александровна

Кандидат медицинских наук, доцент,
Санкт-Петербургский Государственный
Педиатрический Медицинский Университет

Витько Юрий Александрович

Дальневосточный Государственный
Медицинский Университет

Вертунова Светлана Юлиановна

Дальневосточный Государственный
Медицинский Университет

Аннотация. В связи с высокой распространенностью миомы матки, особенно среди пациенток репродуктивного возраста, крайне актуально оценить перспективность и показания метода эндоваскулярной эмболизации. Отмечено, что проблема реваascularизации и рецидива миомы может напрямую зависеть от качества эмболизации. Если она селективна и начинается с микроциркуляторного русла (как в случае с использованием эмболизирующих микросфер), вероятность восстановления кровотока в миоматозном узле крайне низка. Сделан вывод о том, что в настоящее время высокоселективная эмболизация может проводиться только специалистами рентгенэндоваскулярного профиля. Если проведению временной баллонной окклюзии могут быть обучены гинекологи, проводить полноценное эндоваскулярное вмешательство может исключительно специалист в эндоваскулярной хирургии.

Ключевые слова: миома матки эндоваскулярная эмболизация, хирургическое вмешательство, терапия, репродуктивный возраст.

В связи с общей тенденцией к минимальной инвазивности в хирургии в целом и гинекологии, в частности, крайне актуальна проблема применения эндоваскулярных методик. Отсутствие общего наркоза, большой операционной раны, широкого хирургического доступа ассоциируется с минимальными периоперационными рисками, высокой скоростью лечения, в том числе по принципу «хирургии одного дня».

В связи с высокой распространенностью миомы матки, особенно среди пациенток репродуктивного возраста, крайне актуально оценить перспективность и показания метода эндоваскулярной эмболизации. Несмотря на сложность вмешательства и его малую распространенность, сотрудничество гинекологов с специалистами в области эндоваскулярной хирургии может быть эффективным. В связи с этим актуальность приобретает анализ имеющегося на сегодняшний день опыта эндоваскулярной эмболизации в лечении миомы поможет определить группы пациентов, в которых данное вмешательство будет эффективным и безопасным.

Цель работы — провести анализ клинических случаев лечения миомы матки с применением эндоваскулярных методик.

Поиск литературы проводился в базе данных PubMed по запросам: «endovascular embolization AND myoma», «endovascular treatment of myoma AND indications for treatment» и прочим научным базам.

В силу недостаточно большого объема исследований на данную тему, а также отсутствия отдаленных и систематизированных непосредственных результатов, было решено не проводить метаанализ, так как его будет целесообразно проводить только после появления качественных многоцентровых исследований.

Стоит отметить, что в данной работе речь в основном пойдет о так называемой высокоселективной эмболизации сосудов, питающих миоматозный узел. Это совершенно новое направление в гинекологии, находящееся на стыке с эндоваскулярной хирургией. Оно развилось из процедуры по эмболизации маточных артерий, однако оказалось гораздо эффективнее из-за низкого риска реваскуляризации, к тому же улучшила прогноз функционального состояния матки, что расширило показания к вмешательству — она стало не только альтернативой органосохраняющим операциям, но и получило свое применение в лечении маточного бесплодия.

Принцип терапии

Применение данной методики началось еще в 1990-х годах, когда J. Ravina впервые применил эмболизацию маточных артерий перед гистерэктомией с целью снижения интраоперационной кровопотери [1]. в дальнейшем данный метод был опробован и в нашей стране. В силу низкой селективности введения эмболизирующего вещества данная методика была альтернативой ги-

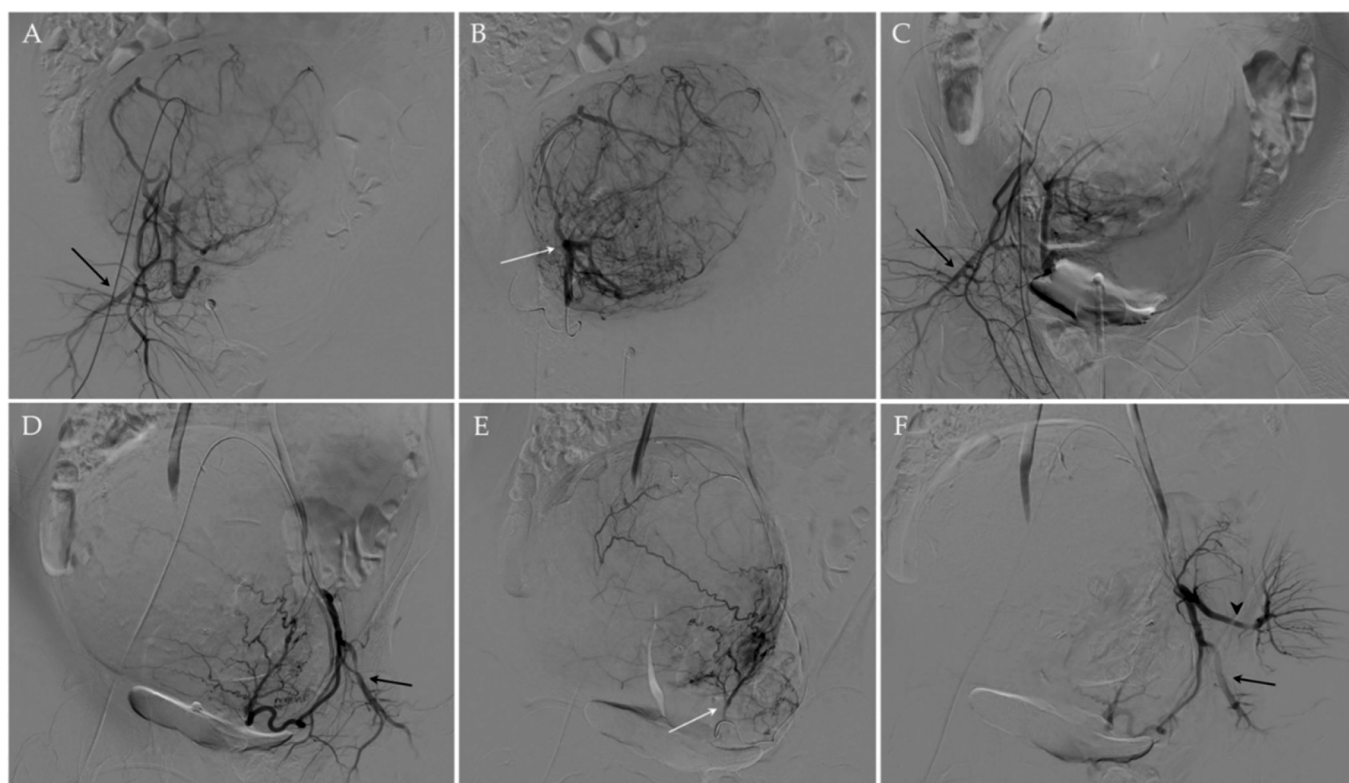


Рис. 1. Эмболизация питающей артерии, эндоваскулярное лечение гигантской миомы матки

стерэктомии при больших размерах миомы. Очевидно, что речи о сохранении фертильности или применении данного метода для лечения бесплодия не шло.

Однако, в настоящее время эндоваскулярное лечение пошло по иному пути — в сторону увеличения селективности эмболизации. Если раньше проводили выключение сразу двух маточных артерий и вмешательство было, фактически, органвыносящим или даже вспомогательным открытому вмешательству (как, например, временная баллонная окклюзия для периоперационного периода) [2].

Благодаря современным технологиям, пришедшим из коронарной хирургии, есть возможность селективно катетеризировать артерию диаметром до 2-х миллиметров (рисунок 1 [3]). Использование микросфер позволяет дозировать количество эмболов, воздействуя только на микроциркуляторное русло [4]. Окклюзия именно микроциркуляторного русла позволяет значительно снижает риски реваскуляризации, что значительно увеличивает эффективность вмешательства и способствует эффективному регрессу новообразования [5].

Преимущества метода

Лечение «труднодоступных» миом. Эмболизация сосудов, питающих миому матки, позволяет селективно «выключать» кровоток в миоматозном узле и приводить к его ишемическому некрозу. Данный метод обладает высокой селективностью, так как визуализация питающего сосуда с последующей его катетеризацией может быть проведена в любом месте матки. Таким образом, можно воздействовать на миоматозный узел абсолютно любой локализации, в том числе той, которая не доступна для хирургического вмешательства [6].

Миниинвазивность. Очевидно, что хирургическая инвазия при данном методе значительно ниже. В эндоваскулярной операционной пациентка находится в сознании, процедура проводится исключительно под местной анестезией. Это особенно актуально для пациенток с отягощенным соматическим статусом [7].

Скорость реабилитации. При эндоваскулярном вмешательстве операционная рана находится над бедренной артерией, она гораздо меньше, чем при трансабдоминальных вмешательствах [8]. Меньше вероятность инфекции раны, нет риска плевгии передней брюшной стенки и образования грыж. Активизация пациентки может начинаться уже через несколько часов после проведения вмешательства, а значит, минимизируются риски тромботических осложнений [9].

Сократительная способность матки. В одном из исследований сравнили послеоперационные результаты

лечения миомы матки у женщин репродуктивного возраста. Сравнивали эмболизацию питающей артерии с классическим хирургическим вмешательством. Авторы заметили явное превосходство эндоваскулярной эмболизации — лучшая сократительная способность матки. [10].

Показание к лечению

Описан случай достаточно успешного лечения миомы матки больших размеров (соответствующих 13–40 неделе беременности). У всех пациенток был отягощенный соматический статус, [11].

Лучше всего эндоваскулярная эмболизация показывает себя при лечении миом, способных «родиться» [12]. Субмукозные миомы после перекрытия в них кровотока некротизируются и способны самостоятельно секвестрироваться в просвет матки, после чего «родиться». При гистероскопическом лечении таких миом могут возникнуть трудности, связанные с кровотечением, хирургической травмой, перфорацией [13].

Миоматоз матки также может быть показанием к эмболизации. В данном случае она будет альтернативной гистерэктомии. Безусловно, нет подтверждения, что такой метод спасет от реваскуляризации и будет оптимальным с точки зрения онконастороженности, однако, высокая свобода от операционных осложнений, особенно у лиц с тяжелой соматической патологией и высокими периоперационными рисками является аргументом в пользу эмболизации, а не радикальной органвыносящей операции. [14,15].

Одним из показаний к эндоваскулярному лечению может являться невозможность проведения гистероскопического вмешательства при субмукозной миоме. Если длина матки, определенная по зонду выше 12–13 см, а размер субмукозного узла более 5 сантиметров, гистероскопия может ассоциироваться с неполным удалением миоматозной ткани [16].

В случаях, если у пациентки имеется интерстициальная миома большого размера, ассоциирующаяся с выраженными аномальными маточными кровотечениями, нарушениями сократительной способности, тяжелой анемией, вместо гистерэктомии вполне рационально проводить эндоваскулярную эмболизацию. Этапное выключение кровотока позволит отследить динамику регресса и вовремя остановить лечение, возможно, сохранив орган [17,18].

Ограничения метода

Описан случай рецидива миомы, связанный с ее реваскуляризацией при развитии коллатерального пита-

ющего кровотока [19]. Авторами отмечено, что данное осложнение встречается крайне редко и при больших размерах миомы. Вероятно, при больших размерах миомы стоит ограниченно применять эндоваскулярное лечение — только если классическое вмешательство сопряжено с высокими периоперационными рисками [20].

Тем не менее даже в ситуации, когда размер миомы велик, а кровоснабжение происходит за счёт хорошо развитой сети артерий (то есть высок риск реваскуляризации), вполне оправдана тактика эндоваскулярная «эмболизация+миомэктомия» [21].

На основании проведенного анализа целесообразно сделать следующие выводы:

1. Операция по эндоваскулярной эмболизации артерий, питающих миоматозный узел, значительно изменились с тех пор, когда впервые данный метод был опробован. Если раньше это была преимущественно эмболизация обеих маточных артерий, то сейчас проводят высокоселективные вмешательства с выключением из кровотока только микроциркуляторного русла, питающего новообразование
2. В данной работе был сделан акцент именно на высокоселективной эмболизации. Безусловно, такие вмешательства являются частным случаем эмбо-

лизации маточных артерий, однако, мы считаем, что такие вмешательства необходимо отнести в совершенно иную категорию, так как они, в силу высокой селективности, значительно расширяют показания по размеру миомы и конечным точкам лечения. Если при эмболизации маточной артерии редко удается восстановить фертильность, то при высокоселективной эмболизации в лечении «труднодоступных» субмукозных миом есть потенциал для коррекции маточного бесплодия.

3. Проблема реваскуляризации и рецидива миомы может напрямую зависеть от качества эмболизации. Если она селективна и начинается с микроциркуляторного русла (как в случае с использованием эмболизирующих микросфер), вероятность восстановления кровотока в миоматозном узле крайне низка.
4. В настоящее время высокоселективная эмболизация может проводиться только специалистами рентгенэндоваскулярного профиля. Если проведению временной баллонной окклюзии могут быть обучены гинекологи, проводить полноценное эндоваскулярное вмешательство может исключительно специалист в эндоваскулярной хирургии. Данный факт наводит на мысль о необходимости тесного сотрудничества специалистов из разных областей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Arterial embolization of uterine myoma: results apropos of 286 cases / Ravina J. H. [et al.] // J. Gynecol. Obstet. Biol. Reprod. 2000. Vol.29, N3. P.272–275.
2. Takeda A, Nakamura H, Koike W, Nagasaka K. Conservative endovascular management for intractable delayed hemorrhage after laparoscopic-assisted vaginal hysterectomy: Two case reports. Case Rep Womens Health. 2023 Jan 3;37:e00477.
3. Cappelli A, Mosconi C, Coccoza MA, Brandi N, Bartalena L, Modestino F, Galaverni MC, Vara G, Paccapelo A, Pizzoli G, Villa G, Seracchioli R, Renzulli M. Uterine Artery Embolization for the Treatment of Symptomatic Uterine Fibroids of Different Sizes: A Single Center Experience. J Pers Med. 2023 May 28;13(6):906.
4. Fornazari VAV, Salazar GMM, Vayego SA, Nunes TF, Goncalves B, Szejnfeld J, Bonduki CE, Goldman SM, Szejnfeld D. Impact of uterine contractility on quality of life of women undergoing uterine fibroid embolization. CVIR Endovasc. 2019 Nov 12;2(1):36.
5. Fornazari VAV, Szejnfeld D, Szejnfeld J, Bonduki CE, Vayego SA, Goldman SM. Evaluation of Uterine Contractility by Magnetic Resonance Imaging in Women Undergoing Embolization of Uterine Fibroids. Cardiovasc Intervent Radiol. 2019 Feb;42(2):186–194.
6. Acrylamido polyvinyl alcohol microspheres for uterine artery embolization: 12-month clinical and MR imaging results / Kroenke T. J. [et al.] // J. Vasc. Interv. Radiol. 2008. Vol.19. P.47–57.
7. Angiographic classification of ovarian artery-to-uterine artery anastomoses: initial observations in uterine fibroid embolization / Razavi M. K. [et al.] // Radiology. 2002. Vol.224, N3. P.707–712.
8. Payne J.F., Haney A.F. Serious complications of uterine artery embolization for conservative treatment of fibroids // Fertil. Steril. 2003. Vol.79, N1. — P.128–131.
9. Arterial location of three sizes of embospheres and beadblock in sheep uterus models / Namur J. [et al.] // Presented at the Annual Scientific Meeting of the Cardiovascular and Interventional Radiology Society of Europe, September 10–14. Nice, 2005.
10. Fornazari, V.A.V., Szejnfeld, D., Szejnfeld, J., Bonduki, C.E., Vayego, S. A., & Goldman, S. M. (2018). Evaluation of Uterine Contractility by Magnetic Resonance Imaging in Women Undergoing Embolization of Uterine Fibroids. CardioVascular and Interventional Radiology.
11. Binkert C.A., Andrews R.T., Kaufman J.A. Utility of nonselective abdominal aortography in demonstrating ovarian artery collaterals in patients undergoing uterine artery embolization for fibroids // J. Vasc. Interv. Radiol. 2001. Vol.12, N7. P.841–845.
12. Shipovskii VN. [Annual Congress of the Cardiovascular and Interventional Radiological Society of Europe (CIRSE — 2010) September 2nd-6th, 2010 Valencia, Spain]. Angiol Sosud Khir. 2010;17(1):59–67. Russian. PMID: 21780622.
13. Спорные вопросы ЭМА при миоме матки / Бреусенко В. Г. [и др.] // Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии. 2005. Т.4, №4. С.44–48.
14. Эмболизация маточных артерий в лечении миомы матки: мифы и реальность / Капранов С.А. [и др.] // Интервенционная радиология. 2007. Т.1, №2. С.101–102.

15. Nakai A, Togashi K, Yamaoka T, Fujiwara T, Ueda H, Koyama T, et al. Uterine peristalsis shown on cine MR imaging using ultrafast sequence. *J Magn Reson Imaging*. 2003;18(6):726–33. <https://doi.org/10.1002/jmri.10415>. 38.
16. Nakai A, Togashi K, Ueda H, Yamaoka T, Fujii S, Konishi J. Junctional zone on magnetic resonance imaging: continuous changes on ultrafast images. *J Women Imaging*. 2001;3(3):89–93.
17. Sasa H, Kaji T, Furuya K. Indications and outcomes of uterine artery embolization in patients with uterine leiomyomas. *Obstet Gynecol Int*. 2012; 2012:920831.
18. Pelage JP, Le Dref O, Beregi JP, Nonent M, Robert Y, Cosson M, et al. Limited uterine artery embolization with tris-acryl gelatin microspheres for uterine fibroids. *J Vasc Interv Radiol JVIR*. 2003;14(1):15–20.
19. Carnevale FC, Messina ML, Pinto RAP, Oliva JL, Bozzini N, de Melo NR, et al. Embolizac_ã_o do mioma uterino solita ´rio. *Femina*. 2007;35(8):493–9.
20. Walker W.J., McDowell S.J. Pregnancy after uterine artery embolization for leiomyomata: a series of 56 completed pregnancies // *Am. J. Obstet. Gynecol*. 2006. Vol.195, N5. P.1266–1271.
21. Савельева Г.М., Бреусенко В.Г., Краснова И.А., Капранов С.А, Шиповский В.Н., Бобров Б.Ю., Арютин Д.Г., Аксенова В.Б., Ваганов Е.Ф. Эмболизация маточных артерий в лечении миомы матки. Современное состояние вопроса // *Ж. акуш. и жен. болезн*. 2010. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/embolizatsiya-matochnyh-arteriy-v-lecheni-miomy-matki-sovremenoe-sostoyanie-voprosa> (дата обращения: 09.12.2023).
22. Нажмутдинова Д.К., Каримова Д.А., Рахманов С.У., Хасанов В.Р., Джафаров С.М. Результаты эндоваскулярного лечения миомы матки больших размеров // *Международный журнал интервенционной кардиоангиологии*. 2013. №35. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-endovaskulyarnogo-lecheniya-miomy-matki-bolshih-razmerov> (дата обращения: 09.12.2023).

© Россолько Дмитрий Сергеевич (drossolko@mail.ru); Рухляда Николай Николаевич; Прохорович Татьяна Ивановна;
Джанибекова Шерифат Салиховна; Матевосян Ирина Эдиковна; Либова Татьяна Александровна; Витько Юрий Александрович;
Вертунова Светлана Юлиановна

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЛАПАРОСКОПИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПЕРФОРАТИВНЫХ ЯЗВ ЖЕЛУДКА И ДВЕНАДЦАТИПЕРСТНОЙ КИШКИ

LAPAROSCOPIC TREATMENT OF PERFORATIVE ULCERS OF THE STOMACH AND DUODENAL

A. Teuvov
A. Baziev
I. Teunikova
D. Bavokova
M. Saidov

Summary. The article provides a systematic literary review of studies aimed at studying the laparoscopic treatment of perforated ulcers of the stomach and duodenum. It is noted that this topic is an acute issue of modern medicine, requiring the cooperation of clinicians of various profiles in order to improve the effectiveness of treatment and rehabilitation of patients.

It should be emphasized that due to scientific and technological progress, the integration of digital technologies into clinical practice, and an increase in the level of preventive and diagnostic measures, laparoscopic operations in general are rapidly improving. It is important to note that the protocols of complex treatment and rehabilitation of patients are being modified.

Keywords: laparoscopic treatment of ulcers, perforated gastric ulcers, perforated duodenal ulcers, laparoscopic operations, laparoscopy in gastroenterology, surgical treatment of gastric and duodenal ulcers.

Современная медицина и, в частности, гастроэнтерология и хирургия, характеризуются стремительным развитием в связи с различными факторами: совершенствованием уровня подготовки врачей-клиницистов, открытиями в области фундаментальных дисциплин, интеграцией нано- и цифровых технологий в медицинскую практику, разработкой инновационных протоколов лечения, улучшением превентивных и диагностических тактик.

В историческом контексте появление лапароскопии модифицировало хирургические методы лечения и произвело настоящую эволюцию взглядов. Лапароскопиче-

Теуов Аслан Алексеевич
Кандидат медицинских наук, доцент,
Медицинская академия Кабардино-Балкарского
государственного университета им. Х.М. Бербекова
Teuw@mail.ru

Базиев Артур Мухарбиевич
Кандидат медицинских наук, доцент,
Медицинская академия Кабардино-Балкарского
государственного университета им. Х.М. Бербекова

Теуникова Ирина Сергеевна
Ассистент, Медицинская академия
Кабардино-Балкарского государственного
университета им. Х.М. Бербекова

Бавокова Даяна Аслановна
Медицинская академия Кабардино-Балкарского
государственного университета им. Х.М. Бербекова

Саидов Магомед Заурович
Медицинская академия Кабардино-Балкарского
государственного университета им. Х.М. Бербекова

Аннотация. В статье проводится литературный обзор исследований, направленных на изучение лапароскопического лечения перфоративных язв желудка и двенадцатиперстной кишки. Следует подчеркнуть, что данная тема является остроактуальным вопросом современной медицины, требующей кооперации врачей-клиницистов различного профиля с целью повышения эффективности лечения и реабилитации пациентов. Отмечено, что благодаря научно-техническому прогрессу, интеграции цифровых технологий в клиническую практику, повышению уровня превентивных и диагностических мер происходит стремительное усовершенствование лапароскопических операций в целом. Важно отметить, что модифицируются протоколы комплексного лечения и реабилитации пациентов.

Ключевые слова: лапароскопическое лечение язв, перфоративные язвы желудка, перфоративные язвы двенадцатиперстной кишки, лапароскопические операции, лапароскопия в гастроэнтерологии, хирургическое лечение язв желудка и двенадцатиперстной кишки.

ские операции последовательно совершенствовались после того, как они впервые были проведены на человеке около ста лет назад. В 1960-х годах начали происходить революционные изменения. Спустя десятилетия лапароскопия превратилась из исключительно диагностического мероприятия в отдельную хирургическую концепцию [1; 3]. Выдающимися первопроходцами того времени стали Палмер, Франгенхайм и Семм. Лапароскопия стремительно развивалась. Изначально она подверглась невероятной критике со стороны хирургического братства. Однако с течением времени лапароскопия стала предпочтительным хирургическим методом при различных заболеваниях в многочисленных медицин-

ских отраслях. Лапароскопия глубоко интегрировалась в клиническую практику XXI века. Технический прогресс привел к роботизированной хирургии. Будущие разработки будут включать искусственный интеллект и дополненную реальность [2].

Исторически, согласно различным международным научно-исследовательским источникам, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки участвовала в Европе в XIX столетии. Окружающая среда до 20-го века благоприятствовала заражению инфекцией *H. Pylori* и, как следствие, атрофическим гастритом (к примеру, неудовлетворительные бытовые условия, антисанитарные факторы и низкий уровень жизни, скудное поступление питательных элементов и дефицит витаминов) [4; 5].

Язвенная болезнь продолжает сохранять лидирующее положение в иерархии заболеваний органов пищеварения, ежегодно поражая около 4 миллионов людей во всем мире. Достижения современной фармакологии позволили улучшить результаты консервативной терапии и значительно снизить количество плановых операций при данной патологии. Одновременно этот факт не принес ожидавшегося сокращения осложненных форм язвенной болезни, а, по данным различных авторов, они стали наблюдаться в два раза чаще. Одним из наиболее сложных и неотложных осложнений язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки является перфорация язв, имеющая большую медицинскую и социальную значимость. [6].

Интеграция лапароскопических операций в оперативную хирургию произошла сперва за границей в 1989, 1992 гг., а чуть позже в 1994 г. в Российской Федерации.

Исследования последних лет убедительно доказали малую травматичность и эффективность лапароскопических операций. Несмотря на это, существует ряд вопросов, которые остаются дискуссионными и противоречивые взгляды исследователей порождают дополнительные научные дебаты.

Целью исследования является проведение систематического литературного обзора исследований, рассматривающих вопросы лапароскопического лечения перфоративных язв желудка и двенадцатиперстной кишки и анализ полученных данных.

В работе С.А. Степанян и соавт. (2018 г.) «Лапароскопическая и открытая пластика при перфоративной язве двенадцатиперстной кишки: централизованный опыт» проведен сравнительный анализ лапароскопического и открытого хирургического лечения у пациентов с перфоративной язвой двенадцатиперстной кишки. В критерии включения вошли сто двадцать пациентов. В 61 (51 %) клинических случаев была выполнена открытая

хирургическая операция, в 56 (47 %) случаях — оперативное вмешательство лапароскопическим методом, в 3 (2,5 %) случаях — конверсионная. В группе лапароскопии средняя продолжительность пребывания в стационаре составила 5 дней), в открытой группе — 11,7 дня (диапазон: 6–63), в группе конверсии — 9,3 дня (8–10) ($p < 0,001$). Авторы констатируют, что выявлена статистически достоверная разница между характеристиками пациентов в лапароскопических группах: во втором периоде лапароскопических процедур (2014–2017 гг.) продолжительность операции была значительно короче, а количество послеоперационных осложнений — достоверно ниже, чем в исходной группе исследования (2010–2013 гг.). Таким образом, исследователи резюмируют, что лапароскопический метод является эффективным методом лечения перфоративной язвы двенадцатиперстной кишки и для достижения приемлемого уровня квалификации достаточно 20–25 клинических случаев для хирурга, оперирующего лапароскопическим методом. [7]

В работе Kornél Vajda и соавт. (2020 г.) «Роль лапароскопии в лечении прободных язв желудка и двенадцатиперстной кишки» проводится сравнительный анализ реабилитационного периода, летальности, длительности пребывания в стационаре и продолжительности операции при открытой и лапароскопической пластике перфоративной язвенной болезни. В критерии исследования вошли 2019 пациентов обоих полов различного возрастного контингента. Пациентам была выполнена 31 открытая (51,3 %) и 24 лапароскопические (43,6 %) операции, из которых 4 (16,6 %) нуждались в переходе на открытый доступ. Средний возраст 23 лиц мужского пола и 8 женского составил 56,3 и 70,3 года соответственно в группе открытых хирургических оперативных вмешательств, в то время как 13 мужчин и 11 женщин со средним возрастом 49,7 и 53,7 лет были в группе лапароскопических операций. В течение месяца количество осложнений составило 5 в открытой и 2 в лапароскопической группе. Средняя продолжительность операции составила 52 минуты (30–85) в открытой и 63,41 мин (25–110) в лапароскопической группе. 6 из открытой группы со средним возрастом 74,3 года и 2 из лапароскопической группы со средним возрастом 68,5 лет умерли в течение 30 дней ($p = 0,44$). Средняя продолжительность пребывания составила 7,13 (5–16) дней на открытом воздухе и 6,19 (4–13) дней в лапароскопической группе ($p = 0,24$). Средний размер перфорации составил 7,4 мм (3–20) в открытой группе и 5,3 мм (3–10) в лапароскопической группе ($p = 0,14$). Свободный воздух наблюдался у пациентов в брюшной полости в 25 клинических случаях (80 %) открытой и в 11 случаях (54 %). Авторы пришли к заключению, что ранняя диагностика, своевременная консервативная терапия и лечение антибактериальными препаратами, а также экстренное оперативное вмешательство имеют исключительно ключевое значение

для получения прогнозируемого и предсказуемого результатов. [8]

Cotirleț A. и соавт. (2015 г.) в исследовании «Лапароскопическое лечение дуоденальных язв» описывают ключевые хирургические аспекты лечения и реабилитационного периода. Авторы отдают предпочтение модифицированному лапароскопическому насосу с производительностью приблизительно 16 л/мин и ирригационно-аспирационному аппарату (около 2–4 л/мин). Инструменты эквивалентны тем, которые используются при преимущественном числе лапароскопических оперативных вмешательств. Как правило, используется лапароскоп под углом 0°, однако в определённых клинических случаях может быть полезен лапароскоп под углом 30°, с целью улучшить визуализацию рабочего поля и создать максимальный обзор на перфоративную язву двенадцатиперстной кишки, локализованную на верхней её поверхности. Иными инструментами, используемыми при данной операции, являются: 2 атравматичных захвата, 2 иглодержателя, аспирационно-ирригационное устройство, ножницы, ретрактор печени. Чаще всего используется эндотрахеальная анестезия, и перед ней проводится протокол внутривенной антибактериальной терапии. Пациента располагают в положение лёжа на спине с прямыми и разведенными в стороны ногами, правая рука отведена под углом 90 градусов, левая рука расположена сбоку от туловища. Оперирующий хирург находится у ног пациента, первый ассистент слева от пациента, монитор размещен у правого плеча оперируемого. Пневмоперитонеум может быть выполнен иглой Вересса супраумбиликально, инфраумбиликально или в точке Палмера слева. Внутрибрюшного давления CO₂ в интервале от 8 до 12 мм рт. ст. стандартно достаточно, чтобы создать достаточное пространство для правильной работы. Оптический троакар диаметром 10 мм вводится через 10-миллиметровый разрез, сделанный в третьей дистальной части мечевидно-пупочной линии. Один рабочий троакар диаметром 5 мм вводится параумбиликально справа по срединно-ключичной линии, а другой рабочий троакар диаметром 5 мм или 10 мм размещается параумбиликально слева по срединно-ключичной линии, троакар для ретрактора печени размещается в эпигастральной области.

Что касается постоперационного периода, авторы констатируют: в первые дни реабилитационного периода пациент может испытывать невыраженную боль, которая купируется в норме при приеме слабых обезболивающих. Антагонисты H₂-рецепторов или ингибиторы протонной помпы вводятся внутривенно, а затем перорально после прекращения инфузий. Внутривенная антибактериальная терапия продолжается минимум 3 суток, после чего начинается лечение от *Helicobacter Pylori*. Как только перистальтика возобновляется, назогастральный зонд удаляют, а затем восстанавливается

прием пищи. Дренажи удаляются, как только расход составляет менее 100 мл в день (обычно через 1–3 дня). Если наложение швов затруднено или функция кишечника возобновляется поздно, желудочный зонд можно оставить на месте дольше. Если отсутствуют признаки осложнений, пациент может быть выписан через 3–6 дней после операции. Контрольная гастроскопия обычно проводится через 4–6 недель после операции. [9]

В работе Gaik S Quah и соавт. «Laparoscopic repair for perforated peptic ulcer disease has better outcomes than open repair» (2019 г.) проводился систематический литературный обзор исследований, посвященных лапароскопическому лечению дуоденальных язв. Авторы считают, что последние три десятилетия лапароскопические процедуры стали золотым стандартом лечения во многих плановых и неотложных хирургических ситуациях. Несмотря на широкую распространённость лапароскопической хирургии, вопрос лапароскопического лечения перфоративной язвенной болезни остается дискуссионным среди хирургического общества. Целью исследования являлся сравнительный анализ результатов лапароскопического и открытого лечения перфоративной язвы.

Был проведен системный обзор с использованием рекомендаций по предпочтительным элементам отчетности для систематических обзоров и метаанализов (PRISMA). Также был проведен поиск с использованием баз данных MEDLINE, EMBASE, PubMed и Cochrane по всем рандомизированным контролируемым исследованиям (RCT), в которых сравнивалось лапароскопическое (LR) и открытое лечение (OR) перфоративной пептической язвы (PPU). Информация была извлечена с использованием стандартизированной формы и впоследствии проанализирована.

Метаанализ с использованием данных 7 РКИ показал, что лапароскопия снизила общую послеоперационную заболеваемость (LR = 8,9 % по сравнению с OR = 17,0 %) (OR = 0,54, 95 % ДИ от 0,37 до 0,79, p < 0,01), раневые инфекции (OR = 2,2 % по сравнению с OR = 6,3 %) (OR = 0,3, 95 % ДИ от 0,16 до 0,5, p < 0,01) и обеспечила более короткую продолжительность пребывания в стационаре (6,6 дней против 8,2 дней, p = 0,01). Не было идентифицировано существенных различий в продолжительности операции, частоте возникновения внутрибрюшного абсцесса, послеоперационного сепсиса, респираторных осложнений, частоте повторных операций или смертности. В публикациях не было предвзятости, а качество исследований варьировалось.

Авторы пришли к заключению, что эти результаты демонстрируют, что лапароскопическое лечение перфоративной язвенной болезни приводит к снижению заболеваемости и общего срока пребывания в стационаре.

наре по сравнению с открытым доступом. Существенных различий в смертности, частоте послеоперационного сепсиса, абсцессов и повторных операций нет. Авторы настаивают, что лапароскопическая хирургия должна быть предпочтительным способом лечения пациентов с перфоративной язвенной болезнью. [10]

Лапароскопия в значительной степени вытеснила различные методы оперативных вмешательств в медицине, однако остаётся ряд нозологических форм и клинических случаев, при которых необходимо использование иных форм оперативных вмешательств.

Исследователями со всего мира проводятся международные клиничко-экспериментальные исследования, направленные на совершенствование лапароскопического лечения дуоденальных язв.

Важно отметить, что патология, часто ассоциирована с *Helicobacter pylori*. Ученые настаивают на интеграции превентивных тактик в рутинную практику обывателей с целью минимизирования распространения микроорганизма. Элиминация возбудителя не всегда проста и требует междисциплинарного взаимодействия специалистов. Многочисленные протоколы и модифицированные алгоритмы позволили расширить горизонты планирования коморбидного лечения.

Большое количество клинических данных свидетельствует о высокой эффективности лапароскопического лечения перфоративных гастродуоденальных язв. К примеру, доказано, что ушивание перфоративных язв петлевым пломбирующим швом и оментопластика со съёмной лигатурой при лапароскопическом вмешательстве являются эффективными средствами достижения успешного результата хирургического лечения. Авторы настаивают, что данные методики значительно снижают болевой синдром в послеоперационном периоде, а также сокращают сроки реабилитации.

Перфоративная язвенная болезнь — распространенное заболевание брюшной полости, нивелируемое хирургическим путем. Развитие лапароскопической хирургии модифицировало способ лечения аналогичных неотложных хирургических состояний брюшной полости, но существует противоречивость мнений специалистов и нет универсальной парадигмы. Однако, что лапароскопическая операция является современным и безопасным хирургическим методом для пациентов с перфоративной язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки и является залогом эффективного лечения и успешной реабилитации пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tsao LC, Lin J, Lin KH, Ng SY, Huang CY, Hung YJ, Wu SC, Gao SL, Yu SF, Lin CC, Chang WJ. Saline irrigation versus gauze wiping and suction only for peritoneal decontamination during laparoscopic repair for perforated peptic ulcer disease. *Sci Rep.* 2023 Jan 20;13(1):1170.
2. Costa G, Fransvea P, Lepre L, Liotta G, Mazzoni G, Biloslavo A, Bianchi V, Occhionorelli S, Costa A, Sganga G; FACS on behalf of the IGo-GIPS study group. Perforated peptic ulcer (PPU) treatment: an Italian nationwide propensity score-matched cohort study investigating laparoscopic vs open approach. *Surg Endosc.* 2023 Jul;37(7):5137–5149.
3. Li ZW, Tong Y, Liu F, Liu XR, Lv Q, Tang KL, Li LS, Liu XY, Zhang W, Peng D. A comparative study on laparoscopic and open surgical approaches for perforated peptic ulcer repair: efficacy and outcomes analysis. *Langenbecks Arch Surg.* 2023 Nov 14;408(1):435.
4. Tulinsky L, Sengul D, Sengul I, Hrubovčák J, Martínek L, Kepičová M, Pelikán A, Ihnát P. Laparoscopic Repair Modality of Perforated Peptic Ulcer: Less Is More? *Cureus.* 2022 Oct 31;14(10):e30926.
5. Tulinsky L, Mitták M, Hrubovčák J, Kepičová M, Ihnát P, Martínek L. Laparoscopic repair of perforated peptic ulcer — routine procedure or targeted patient selection? *Rozhl Chir.* 2022 Summer;101(7):326–331. English.
6. Керимов М.К., Коханенко Н.Ю., Луговой А.Л., Данилов С.А., Сериков В.А. Роль лапароскопии в лечении перфоративных гастродуоденальных язв // Медицина и организация здравоохранения. 2018. №4.
7. Stepanyan SA, Petrosyan AA, Safaryan HH, Yeghiazaryan HH, Aleksanyan AV, Hakobyan VM, Papazyan KT, Mkrtchyan MH. Laparoscopic and open repair for perforated duodenal ulcer: single-center experience. *Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne.* 2019 Jan;14(1):60–69.
8. Vajda K, Sikorszki L. Laparoskopia helye a gastro-duodenális fekélyperforációk ellátásában [The role of laparoscopy in the treatment of perforated gastro-duodenal ulcers]. *Magy Seb.* 2020 Dec 12;73(4):140–147.
9. A., Cotirleț & E., Tincu & Raluca, Coșa & E., Popa & Laura, Gavril & Unc, Octavian & Iordache, Iuliana. (2015). Laparoscopic Repair for Perforated Duodenal Ulcer. *ARS Medica Tomitana.* 20. 10.2478/arsm-2014-0030.
10. Quah GS, Eslick GD, Cox MR. Laparoscopic Repair for Perforated Peptic Ulcer Disease Has Better Outcomes Than Open Repair. *J Gastrointest Surg.* 2019 Mar;23(3):618–625. doi: 10.1007/s11605-018-4047-8. Epub 2018 Nov 21. PMID: 30465190.

© Теуов Аслан Алексеевич (Teuov@mail.ru); Базиев Артур Мухарбиевич; Теуникова Ирина Сергеевна; Бавокова Даяна Аслановна; Саидов Магомед Заурович
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РОЛЬ МУЛЬТИКИНАЗНЫХ ИНГИБИТОРОВ В ТЕРАПИИ РАКА ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

THE ROLE OF MULTIKINASE INHIBITORS IN THYROID CANCER THERAPY

Yu. Trusov
K. Berezovskaya
A. Dautov
R. Khismatullin
A. Sufiyanova
Ya. Salatov
A. Kahramanov
D. Muminov

Summary. BRAFV600E is the most common molecular change in prostate cancer, which is associated with tumor aggressiveness and an unfavorable prognosis due to the constant activation of the MAPK pathway leading to proliferation and survival of tumor cells. Therapy targeting key MAPK pathway proteins, such as RAF and MEK, has shown encouraging results in prostate cancer, but less impressive than in melanoma, where the MAPK pathway also underlies oncogenesis. Therefore, it is necessary to understand the differences in efficacy observed between thyroid cancer and other cancers with activation of the MAPK pathway, as well as the mechanisms of resistance to MAPKi. Drug resistance may arise due to genomic instability with the proliferation of previously existing resistant clones carrying internal mutations, or due to the emergence of new genetic and epigenetic changes that often activate the molecules of the MARK pathway. Several other resistance mechanisms have also been identified that induce paradoxical activation of the MARK pathway or recruitment of another proliferation signaling pathway. Therefore, there is a growing need for the development and research of new molecules targeting the MAPK pathway, such as pan-inhibitors of RAF, RAS or ERK inhibitors.

Keywords: thyroid gland; thyroid cancer; MAPK inhibitors; targeted therapy; molecular biology; diagnostics.

Трусов Юрий Александрович

Врач-кардиолог, ассистент, Самарский
государственный медицинский университет
vkomissiya@inbox.ru

Березовская Кристина Игоревна

Приволжский исследовательский медицинский
университет, Нижний Новгород
Kristinkagim@gmail.com

Даутов Ахад Салмаханович

Башкирский государственный
медицинский университет, Уфа
dautov.ahad@gmail.com

Хисматуллин Радмил Ринатович

Башкирский государственный
медицинский университет, Уфа
R79033557007@yandex.ru

Суфиянова Алия Филюсовна

Башкирский государственный
медицинский университет, Уфа
sufiyanova8@mail.ru

Салатов Ярослав Сергеевич

Дальневосточный Федеральный Университет,
Владивосток
y.mudryy@inbox.ru

Кахрамонов Алишер Бахтиёр Угли

Башкирский государственный
медицинский университет, Уфа
alisher.kakhramonov@mail.ru

Муминов Диор Дильшатович

Башкирский государственный
медицинский университет, Уфа
0102M.dior@gmail.com

Аннотация. BRAF V600E является наиболее распространенным молекулярным изменением при РЩЖ, которое ассоциировано с агрессивностью опухоли и неблагоприятным прогнозом из-за постоянной активации пути MAPK, ведущей к пролиферации и выживанию опухолевых клеток. Терапия, нацеленная на ключевые белки пути MAPK, такие как RAF и MEK, показала обнадеживающие результаты при РЩЖ, но менее впечатляющие, чем при меланоме, где путь MAPK также лежит в основе онкогенеза. Поэтому необходимо понимать различия в эффективности, наблюдаемые между раком щитовидной железы и другими видами рака с активацией пути MAPK, а также механизмы устойчивости к MAPKi. Лекарственная устойчивость может возникать из-за геномной нестабильности с пролиферацией ранее существовавших устойчивых клонов, несущих внутренние мутации, или из-за возникновения новых генетических и эпигенетических изменений, которые часто активируют молекулы пути MAPK. Также было идентифицировано несколько других механизмов устойчивости, которые индуцируют парадоксальную активацию пути MAPK или рекрутирование другого сигнального пути пролиферации. Поэтому существует растущая потребность в разработке и исследовании новых молекул, нацеленных на путь MAPK, таких как пан-ингибиторы RAF, RAS или ингибиторы ERK.

Ключевые слова: щитовидная железа, рак щитовидной железы, ингибиторы MAPK, таргетная терапия, молекулярная биология, диагностика.

Введение

Рак щитовидной железы (РЩЖ) является наиболее часто встречающимся видом рака эндокринной системы: в 2020 году во всем мире было зарегистрировано 586 202 новых случая заболевания [1], при этом показатели заболеваемости за последние десятилетия росли [2]. От 90 до 95 % случаев РЩЖ формируются из фолликулярных эпителиальных клеток, тогда как остальные развиваются из С-клеток, что приводит к формированию медуллярного рака щитовидной железы. РЩЖ фолликулярного происхождения можно гистологически разделить на четыре основные группы в соответствии с недавней классификацией новообразований щитовидной железы ВОЗ (2022 год) [5]: дифференцированный рак щитовидной железы (ДРЩЖ), включающий преимущественно папиллярный рак щитовидной железы (ПРЩЖ) и фолликулярный рак щитовидной железы (ФРЩЖ); онкоцитарная карцинома; карциномы высокой степени злокачественности, включая низкодифференцированный рак щитовидной железы (НРЩЖ); и анапластический рак щитовидной железы (АРЩЖ). ПРЩЖ является наиболее распространенным типом, на который приходится 65–93% случаев, а на ФРЩЖ — 6–10 % [6].

Активация сигнального пути митоген-активируемых протеинкиназ (MAPK — mitogen-activated protein kinase) часто наблюдается при различных гистологических подтипах РЩЖ. Недавние геномные исследования опухолей щитовидной железы выявили взаимоисключающие активирующие мутации в белках MAPK. Основными генетическими изменениями являются активирующие мутации BRAF, из которых наиболее часто встречающейся является BRAF V600E, которая присутствует в 60 % ПРЩЖ [7] и 45 % АРЩЖ [8].

В настоящем обзоре рассмотрены клинические исследования по использованию ингибиторов MAPK (MAPKi) при ДРЩЖ и АРЩЖ. Мы сосредоточились на исследованиях, включающих мутации BRAF и RAS в качестве онкогенных факторов, поскольку они наиболее часто встречающиеся. Слияния генов *NTRC* и *RET/PTC* не будут рассматриваться в обзоре.

Физиология пути MAPK

Путь MAPK является наиболее важным в онкогенезе и обеспечивает такие процессы как дифференцировка, пролиферация, аутофагия и апоптоз [9].

Путь MAPK состоит из серина/треонина и тирозинкиназ, среди которых наиболее заметными являются RAS, RAF, MEK и ERK, и активируется стимуляцией мембранных тирозинкиназных рецепторов. Специфические рецепторы реагируют на лиганды, такие как факторы роста, например фактор роста фибробластов (FGF) или

эпидермальный фактор роста (EGF). После связывания лиганда с рецептором последний димеризуется и аутофосфорилируется, что приводит к передаче сигнала в клетку. Внутриклеточная передача сигналов может быть резюмирована следующим образом [10]:

1. Рекрутинг рецептора ростового фактора, связанный с протеином 2 (growth factor receptor-bound protein 2 — GRB2) к фосфорилированному участку рецептора, а затем присоединение гуанин-нуклеотидного обменного фактора Son Of Sevenless (SOS) к GRB2.
2. SOS, который является фактором обмена ГТФ, позволяет активировать Ras-ГДФ в Ras-ГТФ.
3. Ras это ГТФаза, включающая три изоформы, кодируемые тремя генами (*HRAS*, *NRAS* или *KRA*). Он закреплен на мембране и в активированной форме (Ras-ГТФ) приводит к фиксации, димеризации и фосфорилированию RAF. Фосфорилирование RAF осуществляется не RAS напрямую, а SRC—семейством киназ (SKF— Src family kinases) и кэзеинкиназой 2 (CK2 — Casein Kinase 2) на плазматической мембране. RAS обеспечивает, с одной стороны, закрепление RAF на плазматической мембране, делая его доступным для фосфорилирования, а с другой стороны, позволяет активировать CK2.
4. RAF представляет собой протеинкиназу, три изоформы которой также кодируются тремя генами (*ARAF*, *BRAF* и *CRAF*). Он активирует MEK путем фосфорилирования серинов 218 и 222.
5. Наконец, MEK активируется путем фосфорилирования ERK1 и ERK2. ERK1 фосфорилирован по треонину 202 и тирозину 204, тогда как ERK2 фосфорилирован по треонину 185 и тирозину 187.

Активирующие мутации в *BRAF*, наиболее частой из которых является *BRAF V600E*, делают киназу конститутивно активной и позволяют ей передавать сигналы без димеризации и без активации RAS. Данная мутация связана с трансверсией тимина (Т) на аденин (А) в положении 1799 в экзоне 15, что приводит к замене валина на глутаминовую кислоту, делая киназный домен белка функциональным, путем модификации его трехмерной структуры [11].

Ингибиторы BRAF первого поколения были разработаны для целенаправленного подавления мутировавших белков BRAF. Другой возможностью ингибирования MAPK является нацеливание на белки MEK или ERK, что обусловило появление ингибиторов MEK.

Ингибиторы RAF и MEK при РЩЖ

Ряд препаратов, разработанных фармацевтическими компаниями, широко применяются по разным показаниям, в основном в онкологии. Мы не будем подробно

описывать доклинические исследования ингибиторов первого поколения. Три ингибитора MEK (MEKi), биниметиниб, кобиметиниб и траметиниб, а также три ингибитора RAF первого поколения (RAFi), дабрафениб, вемурафениб и энкорафениб, были одобрены FDA для терапии метастатической меланомы с мутацией в гене *BRAF*. MEKi селуметиниб не одобрен для лечения рака, но показан при нейрофиброматозе 1 типа с симптоматическими неоперабельными плексиформными нейрофибромами. Что касается РЩЖ, только дабрафениб и траметиниб были одобрены FDA и показаны при местно-распространенном или метастатическом АРЩЖ с мутацией *BRAF* V600E и без удовлетворительных местно-регионарных вариантов лечения. Это одобрение последовало за исследованием II фазы V. Subbiah и соавт. [12], в котором 36 пациентов с местно-распространенным или метастатическим АРЩЖ *BRAF* V600E получали лечение дабрафенибом и траметинибом. Частота объективных ответов (ЧОО) составила 56 %; полные ответы (ПО) наблюдались у троих пациентов. ВБП и общая выживаемость (ОВ) составляли, соответственно, 6,7 и 14,5 месяцев, улучшая прогноз без терапевтической альтернативы традиционной химиолучевой терапии. Наиболее частыми побочными эффектами, связанными с терапией этими двумя препаратами, были лихорадка (47 %), анемия (36%), снижение аппетита (33 %), утомляемость (33 %) и тошнота (33 %), в то время как любые нежелательные явления 3/4 степени тяжести произошли у 58 % пациентов. Эта двойная терапия в настоящее время рекомендована Европейским обществом медицинской онкологии (ESMO — European Society for Medical Oncology) [13] и Американской ассоциацией по щитовидной железе (ATA — American Thyroid Association) [14] в качестве терапии первой линии для этих пациентов. рассматривается для операции по удалению первичной опухоли и/или местно-регионарного заболевания.

Напротив, MAPKi для терапии ДРЩЖ еще не были одобрены ни в РФ, ни в западных странах. Их противоопухолевую активность изучали в пяти клинических иссле- I-II фазы.

Четыре исследования были посвящены оценке ингибиторов *BRAF* в качестве монотерапии. Вемурафениб оценивался в двух исследованиях, I и II фазы, при метастатическом и рецидивирующем ПРЩЖ с мутацией *BRAF*, результаты показали ЧОО в диапазоне от 27,3 до 38,5 % [15, 16]. В исследовании II фазы принимало участие большее количество пациентов ($n = 51$), авторами были сформированы две когорты, в одной из которых пациенты ранее не принимали терапию МКИ, а в другой уже использовали МКИ, нацеленные на VEGFR. ВБП и ОВ в когорте, ранее получавшей лечение, составляли 8,9 и 14,4 месяца соответственно, тогда как в когорте, не получавшей лечения, ВБП составляла 18,2 месяца. О серьезных нежелательных явлениях сообщалось у 62 % пациентов

в группе, ранее не получавшей лечение, и у 68 % пациентов в группе, получавшей предварительное лечение. Более частыми серьезными нежелательными явлениями были плоскоклеточный рак кожи (27 % в группе, не получавшей лечения, 20 % в группе, получавшей предварительное лечение), кератоакантома (8 % в группе, не получавшей лечение, 12 % в группе, получавшей предварительное лечение), за которыми следовали одышка, пневмония, гипотензия и нарушение мозгового кровообращения [16]. Дабрафениб оценивался в клиническом исследовании I фазы при метастатическом ПРЩЖ с мутацией *BRAF* и показал ЧОО 29 % и только 1 случай частичного ответа (ЧО) [17]. Его также изучали в комбинации с траметинибом в рандомизированном исследовании II фазы, проведенном N. Busaidy и соавт., включавшем пациентов с РЙР ПРЩЖ и мутацией *BRAF*. В общей сложности 26 пациентов были включены в группу только дабрафениба с ЧОО 35 %, и 27 пациентов были включены в группу дабрафениба и траметиниба с ЧОО 30 %. В группе монотерапии ВБП составила 10,7 мес, а ОВ — 37,9 мес, тогда как в группе битерапии ВБП составила 15,1 мес, а ОВ — 47,5 мес [18]. Нежелательные явления любой степени тяжести, связанные с терапией, были отмечены у 100 % пациентов в каждой группе и относились преимущественно к 1 или 2 степени. Нежелательные явления 3-й степени тяжести были отмечены у 15 пациентов (58 %), принимавших дабрафениб, по сравнению с 13 пациентами (48 %), принимавшими дабрафениб и траметиниб. Нежелательных явлений 4-й и 5-й степени тяжести не было, но количество серьезных побочных явлений, связанных с лечением, было выше при применении дабрафениба и траметиниба, чем при монотерапии дабрафенибом (78 % против 35 %). Наконец, только в одном исследовании рассматривали ингибитор MEK в качестве монотерапии, а именно селуметиниб, однако не все 32 пациента с РЙР ПРЩЖ имели мутацию *BRAF* (20 пациентов с *BRAF* дикого типа). ЧОО составила 3 %, а ВБП составила 8 месяцев [19].

Несмотря на то, что меланома и РЩЖ в своем патогенезе имеют гиперактивацию пути MAPK, они остаются двумя разными заболеваниями, и сравнивать эффективность MAPKi между ними непросто. Однако некоторые моменты заслуживают особого внимания. BRAFi, используемый в качестве монотерапии, по-видимому, имеет более высокую ЧОО, варьирующуюся в пяти исследованиях III фазы от 40 до 51 % [20–24], в отличие от ДРЩЖ, где ЧОО находилась в диапазоне 27,3–38,5 %. Кроме того, четыре исследования III фазы, в которых сравнивалась эффективность комбинации BRAFi и MEKi и монотерапии BRAFi при меланоме, показали значительно лучшую эффективность двойной терапии, по крайней мере, по одной из трех конечных точек, а именно ЧОО, ВБП и ОВ [20, 21, 23, 24]. Напротив, исследование N. Busaidy и соавт., в котором стояли аналогичные цели в отношении РЙР-ПРЩЖ, показало тенденцию к большей эффективности

двойной терапии, однако она не была значимой. Необходимо учитывать, что это было исследование II фазы и включало небольшое количество пациентов (n=53).

Такие результаты при РЦЖ заставили исследователей задуматься о существовании первичной резистентности или механизмов уклонения от MAPKi.

Механизмы резистентности к MAPKi

Механизмы резистентности можно разделить на две широкие категории, первичные и вторичные, в зависимости от того, имелись ли они ранее или были приобретены после лечения МКИ. Первичная или внутренняя резистентность определяется отсутствием клинической эффективности в начале лечения, тогда как вторичная или приобретенная резистентность определяется прогрессированием заболевания после начального периода клинического ответа.

Частым механизмом резистентности является нестабильность генома. Постоянная модификация генома под действием МКИ допускает появление точечных мутаций или изменение вариаций числа копий в генах, регулирующих выживание и пролиферацию опухолевых клеток. В.Р. Danysh и соавт. показали на клеточной линии *BRAF V600E* ПРЦЖ, что приобретенная мутация *KRAS G12D* формирует резистентность к вемурафенибу посредством активации путей MAPK и PI3K/AKT [25]. Активирующие мутации в различных изоформах RAS также были подтверждены у двух пациентов с ПРЦЖ и двух пациентов с АРЦЖ, которые прогрессировали после терапии BRAFi [26]. В работе I. Landa и соавт., описывающей молекулярные аномалии АРЦЖ у людей, было показано, что *PIK3CA* является онкогенным фактором, поскольку 15 % проанализированных опухолей имели мутации как *PIK3CA*, так и *BRAF* [8]. Трансгенные мыши с двойной мутацией *PIK3CA H1047R* и *BRAF V600E* показали первичную резистентность к PLX-4720 (BRAFi) по сравнению с мутантными мышами *BRAF V600E*, которые были чувствительными к терапии [27]. Также были обнаружены генетические изменения в генах, регулирующих апоптоз и клеточный цикл. М. Duquette и соавт [28] и Z.A. Antonello и соавт. [29], на резистентных к вемурафенибу клетках описали, снижение числа копий ингибитора циклин-зависимой киназы 2A (*CDKN2A*) и мутации *de novo* в семействе генов РНК-связывающих мотивов (RBM — RNA-binding motifs). Известно, что эти два семейства генов играют важную роль в регуляции клеточного цикла в ответ на повреждение ДНК. Кроме того, Z.A. Antonello и соавт. обнаружили, что двойная терапия BRAFi и палбоциклибом, который является ингибитором CDK4/6 и обычно используется при раке молочной железы, преодолевает механизм резистентности и более эффективна, чем вемурафениб в качестве монотерапии. М. Duquette и соавт. также предположи-

ли, что увеличение числа копий *MCL1* может привести к нарушению апоптоза, регулируемого BCL2, что обеспечивает выживание опухолевых клеток. Наконец, R. Bagheri и соавт. продемонстрировали, что мутация Ras Family Small GTPase 1 (*RAC1*) и увеличение числа копий приводят к приобретенной резистентности посредством изменений в свойствах клеточной адгезии и клеточной пролиферации [30]. Действительно, путь *RAC1/PAK1* вовлечен во многие клеточные процессы, включая клеточный цикл, межклеточную адгезию, подвижность посредством реорганизации цитоскелета и рост клеток посредством активации сигнального пути.

Предполагается, что аутокринная секреция опухолевых клеток ответственна за приобретенную резистентность к BRAFi. Аутокринные петли могут реактивировать путь MAPK или задействовать другой путь, участвующий в пролиферации клеток. Исследование на мышинной модели с ксенотрансплантатом, а также с трансгенной делецией *p53* и на *BRAF V600E* мышинных моделях показали, что начальное ингибирование пути MAPK приводит к секреции фактора роста гепатоцитов (HGF — Hepatocyte Growth Factor), который впоследствии стимулирует сверхэкспрессированный рецептор с-Met [31,32]. Результатом была реактивация путей MAPK и PI3K/AKT. Эти же пути были реактивированы в исследовании С. Montero-Conde и соавт., вторично по отношению к секреции нейрорегулина-1 (NRG1) и стимуляции сверхэкспрессированного мембранного рецептора HER3 [33]. Этот механизм резистентности был преодолен за счет комбинированного применения вемурафениба и лапатиниба, который является ингибитором HER2 и используется при метастатическом раке молочной железы со сверхэкспрессией HER2. Последние два исследования аутокринных петель наблюдали активацию пути STAT3/JAK после ингибирования клеточных линий *BRAF V600E* ПРЦЖ и АРЦЖ вемурафенибом. Этот путь также играет важную роль в регуляции различных клеточных функций, способствующих онкогенезу, и взаимосвязан с путями MAPK и PI3K/AKT. М.Л. Sos и соавт. [34] и Т. Notarangelo и соавт. [35] продемонстрировали, что аутокринная секреция IL-6, который является лигандом тирозинкиназы рецептора JAK, приводит к активации этого пути и, наконец, к формированию резистентности. Тофацитиниб и тоцилизумаб, которые, соответственно, являются ингибиторами JAK и IL6-R, могут противодействовать феномену ускользания при двойной терапии с BRAFi.

Другие авторы показали, что сверхэкспрессия и/или сверхактивация белков, которые не являются основными, а скорее являются модуляторами путей MAPK или PI3K/AKT, может снижать эффективность ингибиторов MAPK. Рекомбинантный белок TRIB2 (Tribbles homolog 2) [36], рецептор эпидермального фактора роста (EGFR — epidermal growth factor receptor) [37] и SHP2 (Src homology 2 containing protein tyrosine phosphatase 2) [38], являются

некоторыми из подобных белков. TRIB 2, член семейства tribbles, является каркасным белком, который может взаимодействовать с E3-убиквитинлигазами и контролировать стабильность белков нижестоящих эффекторов. SHP2 представляет собой протеинфосфатазу, которая облегчает передачу сигнала от мембранных рецепторов к ранним эффекторам клеточных сигнальных путей.

Также были предложены менее типичные механизмы резистентности в онкологии. Первый связан с раковыми стволовыми клетками (PCK). Это относительно небольшая клеточная субпопуляция в опухолевой массе со свойствами, подобными стволовым клеткам, и способностью расти в виде неприлипающих сфероидов и поддерживать самообновление. Ранее уже сообщалось о резистентности к химиотерапии из-за PCK [39]. В своем исследовании F. Giani и соавт. обнаружили, что резистентность этой клеточной субпопуляции к вемурафенибу может быть связана с активацией белка TPL2 (tumor-progression-locus-2) [40]. Этот белок также известен как MAP3K8, который представляет собой митоген-активируемую протеинкиназу, активируемую после TNF α R, ILR, TLR и GPCR, и которая регулирует пути MEK1/2 и ERK1/2. Второй механизм резистентности, описанный L. Hu и соавт. был опосредован окислительным стрессом и белком Ref-1 (Redox factor-1) [41]. Он также известен как апуриновая/апириимидиновая эндонуклеаза 1 (APE1) и представляет собой высококонсервативный функциональный фермент с окислительно-восстановительной функцией, которая регулирует активность множества важных факторов транскрипции. Он также обладает активностью эндонуклеазы нуклеиновой кислоты, что позволяет Ref-1 функционировать как фермент репарации ДНК, что способствует выживанию клетки. L. Run и соавт. описали механизм, включающий увеличение аутофагии, опосредованной HMGB1 (High Mobility Group Box 1) [42]. Это высококонсервативный и вездесущий негистоновый хромосомный белок, который участвует в компактизации ДНК и регулирует транскрипцию.

Последний механизм резистентности, который был в основном доказан в моделях меланомы, рака легких и рака толстой кишки с мутациями BRAF, заслуживает особого внимания. Он проходит через передачу сигналов изоформ RAF и обеспечивает парадоксальную реактивацию пути MAPK. Действительно, было доказано, что большинство клинически доступных RAFi, включая дабрафениб и вемурафениб, ингибируют путь MAPK, связывая его каталитический сайт конкурентным образом с АТФ и блокируя мономер BRAF V600E в определенной аллостерической конформации. Несмотря на первоначальную ингибирующую способность, эти RAFi индуцируют димеризацию BRAF V600E, связанного с лекарственным средством, с CRAF или ARAF, что приводит к последующей передаче сигналов через первичные мономеры CRAF или ARAF, которые не могут связывать

RAFi по аллостерическим причинам [43, 44]. Эта передача сигналов через димерную форму RAF, вероятно, не является самостоятельным механизмом резистентности, а скорее соответствует механизму, с помощью которого этот путь может активироваться в ответ на несколько упомянутых выше стимулов несмотря на ингибирование BRAFi. Это называется парадоксальной активацией пути MAPK. На основании полученных результатов были разработаны новые RAFi, и в настоящее время они подразделяются на две группы: RAFi первого поколения, также называемые RAFi типа 1, которые могут ингибировать только мутантный мономер BRAF, и второго поколения или Pan-RAF, которые ингибируют передачу сигналов мутантного мономера BRAF, а также передачу сигналов димеров. Ингибиторы Pan-RAF все еще находятся на стадии доклинических исследований.

Заключение

BRAF V600E является наиболее распространенным молекулярным изменением при РЦЖ, которое ассоциировано с агрессивностью опухоли и неблагоприятным прогнозом из-за постоянной активации пути MAPK, ведущей к пролиферации и выживанию опухолевых клеток.

Терапия, нацеленная на ключевые белки пути MAPK, такие как RAF и MEK, показала обнадеживающие результаты при РЦЖ, но менее впечатляющие, чем при меланоме, где путь MAPK также лежит в основе онкогенеза. Поэтому необходимо понимать различия в эффективности, наблюдаемые между раком щитовидной железы и другими видами рака с активацией пути MAPK, а также механизмы устойчивости к MAPKi.

Лекарственная устойчивость может возникать из-за геномной нестабильности с пролиферацией ранее существовавших устойчивых клонов, несущих внутренние мутации, или из-за возникновения новых генетических и эпигенетических изменений, которые часто активируют молекулы пути MAPK. Также было идентифицировано несколько других механизмов устойчивости, которые индуцируют парадоксальную активацию пути MAPK или рекрутирование другого сигнального пути пролиферации. Поэтому существует растущая потребность в разработке и исследовании новых молекул, нацеленных на путь MAPK, таких как пан-ингибиторы RAF, RAS или ингибиторы ERK. Существует также необходимость изучения комбинаций лекарственных средств в качестве новых стратегий преодоления резистентности, вызванной одним терапевтическим агентом. Эти комбинации могут включать несколько MAPKi или один MAPKi с другим лекарственным средством, нацеленным на иной путь пролиферации или противодействующим специфическому механизму вторичной резистентности.

ЛИТЕРАТУРА

1. World Health Organization 2020 Global Cancer Observatory. [(accessed on 20 February 2023)]. Available online: https://gco.iarc.fr/today/online-analysis-table?v=2020&mode=cancer&mode_population=continents&population=900&populations=900&key=asr&sex=0&cancer=39&type=0&statistic=5&prevalence=0&population_group=0&ages_group%5B%5D=0&ages_group%5B%5D=17&group_cancer=1&include_nmssc=1&include_nmssc_other=1
2. Иванов В.К., Горский А.И., Полькин В.В., Андреев В.Г., Кащеев В.В., и др. Динамика заболеваемости раком щитовидной железы населения России: основные факторы риска // Радиация и риск. 2022. Т. 31, № 4. С. 6–20.
3. Гуманова Н.Г. Валидные онкомаркеры: скрининг, диагностика, прогноз онкозаболеваний // Профилактическая медицина. 2022. Т. 25, № 6. С. 108–116. <https://doi.org/10.17116/profmed202225061108>
4. Lim H, Devesa SS, Sosa JA, Check D, Kitahara CM. Trends in Thyroid Cancer Incidence and Mortality in the United States, 1974–2013 // JAMA. 2017. Vol. 317, N 13. P. 1338–1348. doi:10.1001/jama.2017.2719
5. Baloch, Z.W., Asa, S.L., Barletta, J.A., Ghossein, R.A., Juhlin, C. C., Jung, C. K., et al. Overview of the 2022 WHO Classification of Thyroid Neoplasms // Endocr Pathol. 2022. Vol. 33, N 1. P. 27–63. doi:10.1007/s12022-022-09707-3
6. Lloyd R.V., Osamura R.Y., Klöppel G., Rosai J. WHO Classification of Tumours. 2017. WHO Classification of Tumours of Endocrine Organs.
7. Cancer Genome Atlas Research Network. Integrated genomic characterization of papillary thyroid carcinoma // Cell. 2014. Vol. 159, N 3. P. 676–690. doi:10.1016/j.cell.2014.09.050
8. Landa, I., Ibrahimasic, T., Boucai, L., Sinha, R., Knauf, J. A., Shah, R. H., et al. Genomic and transcriptomic hallmarks of poorly differentiated and anaplastic thyroid cancers // J Clin Invest. 2016. Vol. 126, N 3. P. 1052–1066. doi:10.1172/JCI85271
9. Lavoie H, Gagnon J, Therrien M. ERK signalling: a master regulator of cell behaviour, life and fate // Nat Rev Mol Cell Biol. 2020. Vol. 21, N 10. P. 607–632. doi:10.1038/s41580-020-0255-7
10. Cook FA, Cook SJ. Inhibition of RAF dimers: it takes two to tango // Biochem Soc Trans. 2021. Vol. 49, N 1. P. 237–251. doi:10.1042/BST20200485
11. Lavoie H, Therrien M. Regulation of RAF protein kinases in ERK signalling // Nat Rev Mol Cell Biol. 2015. Vol. 16, N 5. P. 281–298. doi:10.1038/nrm3979
12. Subbiah, V., Kreitman, R.J., Wainberg, Z.A., Cho, J.Y., Schellens, J.H.M., Soria, J.C., et al. Dabrafenib plus trametinib in patients with BRAF V600E-mutant anaplastic thyroid cancer: updated analysis from the phase II ROAR basket study // Ann Oncol. 2022. Vol. 33, N 4. P. 406–415. doi:10.1016/j.annonc.2021.12.014
13. Filetti, S., Durante, C., Hartl, D., Leboulleux, S., Locati, L.D., Newbold, K., et al. Thyroid cancer: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up // Ann Oncol. 2019. Vol. 30, N 12. P. 1856–1883. doi:10.1093/annonc/mdz400
14. Bible, K.C., Kebebew, E., Brierley, J., Brito, J.P., Cabanillas, M.E., Clark, T.J., Jr, et al. 2021 American Thyroid Association Guidelines for Management of Patients with Anaplastic Thyroid Cancer // Thyroid. 2021. Vol. 31, N 3. P. 337–386. doi:10.1089/thy.2020.0944
15. Kim, K.B., Cabanillas, M.E., Lazar, A.J., Williams, M.D., Sanders, D.L., Ilagan, J.L., et al. Clinical responses to vemurafenib in patients with metastatic papillary thyroid cancer harboring BRAF(V600E) mutation // Thyroid. 2013. Vol. 23, N 10. P. 1277–1283. doi:10.1089/thy.2013.0057
16. Brose, M.S., Cabanillas, M.E., Cohen, E.E., Wirth, L.J., Riehl, T., Yue, H., et al. Vemurafenib in patients with BRAF(V600E)-positive metastatic or unresectable papillary thyroid cancer refractory to radioactive iodine: a non-randomised, multicentre, open-label, phase 2 trial // Lancet Oncol. 2016. Vol. 17, N 9. P. 1272–1282. doi:10.1016/S1470-2045(16)30166-8
17. Falchook, G.S., Millward, M., Hong, D., Naing, A., Piha-Paul, S., Waguespack, S.G., et al. BRAF inhibitor dabrafenib in patients with metastatic BRAF-mutant thyroid cancer // Thyroid. 2015. Vol. 25, N 1. P. 71–77. doi:10.1089/thy.2014.0123
18. Busaidy, N.L., Konda, B., Wei, L., Wirth, L.J., Devine, C., Daniels, G.A., et al. Dabrafenib Versus Dabrafenib + Trametinib in BRAF-Mutated Radioactive Iodine Refractory Differentiated Thyroid Cancer: Results of a Randomized, Phase 2, Open-Label Multicenter Trial // Thyroid. 2022. Vol. 32, N 10. P. 1184–1192. doi:10.1089/thy.2022.0115
19. Hayes, D.N., Lucas, A.S., Tanvetyanon, T., Krzyzanowska, M.K., Chung, C.H., Murphy, B.A., et al. Phase II efficacy and pharmacogenomic study of Selumetinib (AZD6244; ARRY-142886) in iodine-131 refractory papillary thyroid carcinoma with or without follicular elements // Clin Cancer Res. 2012. Vol. 18, N 7. P. 2056–2065. doi:10.1158/1078-0432.CCR-11-0563
20. Long, G.V., Stroyakovskiy, D., Gogas, H., Levchenko, E., de Braud, F., Larkin, J., et al. Combined BRAF and MEK inhibition versus BRAF inhibition alone in melanoma // N Engl J Med. 2014. Vol. 371, N 20. P. 1877–1888. doi:10.1056/NEJMoa1406037
21. Dummer, R., Ascierto, P.A., Gogas, H.J., Arance, A., Mandala, M., Liskay, G., et al. Encorafenib plus binimetinib versus vemurafenib or encorafenib in patients with BRAF-mutant melanoma (COLUMBUS): a multicentre, open-label, randomised phase 3 trial // Lancet Oncol. 2018. Vol. 19, N 5. P. 603–615. doi:10.1016/S1470-2045(18)30142-6
22. Chapman, P.B., Hauschild, A., Robert, C., Haanen, J.B., Ascierto, P., Larkin, J., et al. Improved survival with vemurafenib in melanoma with BRAF V600E mutation // N Engl J Med. 2011. Vol. 364, N. 26. P. 2507–2516. doi:10.1056/NEJMoa1103782
23. Robert, C., Karaszewska, B., Schachter, J., Rutkowski, P., Mackiewicz, A., Stroiakovski, D., et al. Improved overall survival in melanoma with combined dabrafenib and trametinib // N Engl J Med. 2015. Vol. 372, N 1. P. 30–39. doi:10.1056/NEJMoa1412690
24. Larkin, J., Ascierto, P.A., Dréno, B., Atkinson, V., Liskay, G., Maio, M., et al. Combined vemurafenib and cobimetinib in BRAF-mutated melanoma // N Engl J Med. 2014. Vol. 371, N 20. P. 1867–1876. doi:10.1056/NEJMoa1408868
25. Danysh, B.P., Rieger, E.Y., Sinha, D.K., Evers, C.V., Cote, G.J., Cabanillas, M.E., et al. Long-term vemurafenib treatment drives inhibitor resistance through a spontaneous KRAS G12D mutation in a BRAF V600E papillary thyroid carcinoma model // Oncotarget. 2016. Vol. 7, N 21. P. 30907–30923. doi:10.18632/oncotarget.9023
26. Cabanillas, M.E., Dadu, R., Iyer, P., Wanland, K.B., Busaidy, N.L., Ying, A., et al. Acquired Secondary RAS Mutation in BRAFV600E-Mutated Thyroid Cancer Patients Treated with BRAF Inhibitors. Thyroid. 2020. Vol. 30, N 9. P. 1288–1296. doi:10.1089/thy.2019.0514

27. Bagheri-Yarmand, R., Busaidy, N.L., McBeath, E., Danysh, B.P., Evans, K.W., Moss, T.J., et al. RAC1 Alterations Induce Acquired Dabrafenib Resistance in Association with Anaplastic Transformation in a Papillary Thyroid Cancer Patient // *Cancers (Basel)*. 2021. Vol. 13, N 19. P. 4950. doi:10.3390/cancers13194950
28. Roelli, M.A., Ruffieux-Daidié, D., Stooss, A., Elmokh, O., Phillips, W.A., Dettmer, M.S., et al. PIK3CAH1047R-induced paradoxical ERK activation results in resistance to BRAFV600E specific inhibitors in BRAFV600E PIK3CAH1047R double mutant thyroid tumors // *Oncotarget*. 2017. Vol. 8, N 61. P.103207–103222. doi:10.18632/oncotarget.21732
29. Duquette, M., Sadow, P.M., Husain, A., Sims, J.N., Antonello, Z.A., Fischer, A.H., et al. Metastasis-associated MCL1 and P16 copy number alterations dictate resistance to vemurafenib in a BRAFV600E patient-derived papillary thyroid carcinoma preclinical model // *Oncotarget*. 2015. Vol. 6, N 40. P. 42445–42467. doi:10.18632/oncotarget.6442
30. Antonello, Z.A., Hsu, N., Bhasin, M., Roti, G., Joshi, M., Van Hummelen, P., et al. Vemurafenib-resistance via de novo RBM genes mutations and chromosome 5 aberrations is overcome by combined therapy with palbociclib in thyroid carcinoma with BRAFV600E // *Oncotarget*. 2017. Vol. 8, N 49. P. 84743–84760. doi:10.18632/oncotarget.21262
31. Knauf, J.A., Lockett, K.A., Chen, K.Y., Voza, F., Socci, N.D., Ghossein, R., et al. Hgf/Met activation mediates resistance to BRAF inhibition in murine anaplastic thyroid cancers // *J Clin Invest*. 2018. Vol. 128, N 9. P. 4086–4097. doi:10.1172/JCI120966
32. Byeon, H.K., Na, H.J., Yang, Y.J., Kwon, H.J., Chang, J.W., Ban, M.J., et al. Met-mediated reactivation of PI3K/AKT signaling contributes to insensitivity of BRAF(V600E) mutant thyroid cancer to BRAF inhibition // *Mol Carcinog*. 2016, Vol. 55, N 11. P. 1678–1687. doi:10.1002/mc.22418
33. Montero-Conde, C., Ruiz-Llorente, S., Dominguez, J.M., Knauf, J.A., Viale, A., Sherman, E.J., et al. Relief of feedback inhibition of HER3 transcription by RAF and MEK inhibitors attenuates their antitumor effects in BRAF-mutant thyroid carcinomas // *Cancer Discov*. 2013. Vol. 3, N 5. P. 520–533. doi:10.1158/2159-8290.CD-12-0531
34. Sos, M.L., Levin, R.S., Gordan, J.D., Oses-Prieto, J.A., Webber, J.T., Salt, M., et al. Oncogene mimicry as a mechanism of primary resistance to BRAF inhibitors // *Cell Rep*. 2014. Vol. 8, N 4. P. 1037–1048. doi:10.1016/j.celrep.2014.07.010
35. Notarangelo T, Sisinni L, Trino S, Calice G, Simeon V, Landriscina M. IL6/STAT3 axis mediates resistance to BRAF inhibitors in thyroid carcinoma cells // *Cancer Lett*. 2018. Vol. 433. P. 147–155. doi:10.1016/j.canlet.2018.06.038
36. Wang N, Wen J, Ren W, Wu Y, Deng C. Upregulation of TRIB2 by Wnt/ β -catenin activation in BRAFV600E papillary thyroid carcinoma cells confers resistance to BRAF inhibitor vemurafenib // *Cancer Chemother Pharmacol*. 2021. Vol. 88, N 1. P. 155–164. doi:10.1007/s00280-021-04270-w
37. Notarangelo T, Sisinni L, Condelli V, Landriscina M. Dual EGFR and BRAF blockade overcomes resistance to vemurafenib in BRAF mutated thyroid carcinoma cells // *Cancer Cell Int*. 2017. Vol. 17. P. 86. doi:10.1186/s12935-017-0457-z
38. Zhi, J., Yi, J., Hou, X., Wang, W., Yang, W., Hu, L., et al. Targeting SHP2 sensitizes differentiated thyroid carcinoma to the MEK inhibitor // *Am J Cancer Res*. 2022. Vol. 12, N 1. P. 247–264.
39. Giuffrida, R., Adamo, L., Iannolo, G., Vicari, L., Giuffrida, D., Eramo, A., et al. Resistance of papillary thyroid cancer stem cells to chemotherapy // *Oncol Lett*. 2016. Vol. 12, N 1. P. 687–691. doi:10.3892/ol.2016.4666
40. Gianì F, Russo G, Pennisi M, Sciacca L, Frasca F, Pappalardo F. Computational modeling reveals MAP3K8 as mediator of resistance to vemurafenib in thyroid cancer stem cells // *Bioinformatics*. 2019. Vol. 35, N 13. P. 2267–2275. doi:10.1093/bioinformatics/bty969
41. Hu, L., Zhang, J., Tian, M., Kang, N., Xu, G., Zhi, J., et al. Pharmacological inhibition of Ref-1 enhances the therapeutic sensitivity of papillary thyroid carcinoma to vemurafenib // *Cell Death Dis*. 2022. Vol. 13, N 2. P. 124. doi:10.1038/s41419-022-04550-0
42. Run L, Wang L, Nong X, Li N, Huang X, Xiao Y. Involvement of HMGB1 in vemurafenib resistance in thyroid cancer cells harboring BRAF (V600E) mutation by regulating excessive autophagy // *Endocrine*. 2021. Vol. 71, N 2. P. 418–426. doi:10.1007/s12020-020-02417-y
43. Holderfield, M., Merritt, H., Chan, J., Wallroth, M., Tandeske, L., Zhai, H., et al. RAF inhibitors activate the MAPK pathway by relieving inhibitory autophosphorylation // *Cancer Cell*. 2013. Vol. 23, N 5. P. 594–602. doi:10.1016/j.ccr.2013.03.033
44. Poulidakos PI, Zhang C, Bollag G, Shokat KM, Rosen N. RAF inhibitors transactivate RAF dimers and ERK signalling in cells with wild-type BRAF // *Nature*. 2010. Vol. 464, N 7287. P. 427–430. doi:10.1038/nature08902

© Трусов Юрий Александрович (vkomissiya@inbox.ru); Березовская Кристина Игоревна (Kristinkagim@gmail.com);
 Даутов Ахад Салмаханович (dautov.ahad@gmail.com); Хисматуллин Радмил Ринатович (R79033557007@yandex.ru);
 Суфиянова Алия Филюсовна (sufyanova8@mail.ru); Салатов Ярослав Сергеевич (y.mudryy@inbox.ru);
 Кахрамонов Алишер Бахтиёр Угли (alisher.kakhramonov@mail.ru); Муминов Диор Дильшатович (0102M.dior@gmail.com)
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ С ВАРИКОЗНОЙ БОЛЕЗНЬЮ В СТАДИИ ТРОФИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ

NEW TECHNOLOGIES IN THE TREATMENT OF PATIENTS WITH VARICOSE DISEASE AT THE STAGE OF TROPHIC DISORDERS

**Yu. Shutov
K. Atamanov
Ya. Veryatin
O. Shumkov**

Summary. Trophic ulcers of the leg are the most common complication of chronic venous insufficiency of the lower extremities. It is currently believed that venous trophic ulcers occur in 2 % to 4–5 % of the adult population of industrialized countries. After 65 years, the frequency of venous trophic ulcers increases 3 or more times, reaching 3–6 %. According to the European Community, in the next 10 years the number of patients with venous ulcers will increase by 20 %. In the general structure of skin trophic disorders, ulcers of venous etiology account for 70–75 %. Despite significant progress in diagnosis and treatment, only 50% of venous trophic ulcers with complex treatment heal within the next 4 months, 20 % of patients remain non-healing within 2 years, and in 8 % ulcers do not heal within 5–summer observation. Even in the case of complete closure of the ulcer, the relapse rate remains at 6–15 %. It follows from this that the treatment of trophic ulcers is a difficult and not always solvable process. Data obtained in recent years on the biological processes occurring in chronic wounds at the cellular and molecular level have made it possible to expand the understanding of the pathogenesis of trophic ulcers and propose new approaches to the treatment of venous trophic ulcers. In our opinion, the most justified and promising in the treatment of long-term non-healing ulcers is the use of regenerative medicine methods, including those based on the use of platelet-enriched autoplasm containing growth factors in natural biological concentrations, especially those that manifest themselves in conditions of restoring the drainage and detoxification function of a given anatomical region. We have developed and put into practice a method for treating venous trophic ulcers through injection subulcerous use of platelet-enriched autoplasm in combination with regional lymphostimulation (Patent No. 2639123 dated 12/19/2017). As the results of the study showed, using this method of treatment in 4 weeks, complete epithelization of the venous trophic ulcer was achieved in 70 % of patients, i.e. accelerate the process of epithelization of venous trophic ulcers by 3.5 times compared to the second comparison group.

Keywords: chronic venous insufficiency, lymphostimulation platelet-enriched autoplasm, varicose veins, trophic ulcer.

Шутов Юрий Миронович

д.м.н., проф., ГБОУ ВПО «Медицинский государственный медицинский университет» Минздрава России, Новосибирск
yumshutov@mail.ru

Атаманов Константин Викторович

д.м.н., проф., ГБОУ ВПО «Медицинский государственный медицинский университет» Минздрава России, Новосибирск
atamanov@hotmail.com

Верятин Яков Альбертович

Ассистент, ГБОУ ВПО «Медицинский государственный медицинский университет» Минздрава России, Новосибирск
12.jacov@gmail.com

Шумков Олег Анатольевич

д.м.н., проф., Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной лимфологии — филиал федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный исследовательский центр. Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук» Новосибирск
Shumkov@gmail.com

Аннотация. Трофические язвы голени являются самым распространенным осложнением хронической венозной недостаточности нижних конечностей. В настоящее время считается, что венозные трофические язвы встречаются от 2 % до 4–5 % взрослого населения индустриально развитых стран. После 65 лет частота венозных трофических язв возрастает в 3 и более раз, достигая 3–6 %. По данным Европейского сообщества в ближайшие 10 лет количества больных с венозными язвами увеличится на 20 %. В общей структуре нарушений трофики кожи язвы венозной этиологии составляют 70–75 %. Несмотря на значительный прогресс в диагностике и лечении, только у 50 % венозных трофических язв при комплексном лечении заживают в течении 4-х ближайших месяцев, незаживающими в течении 2-х лет остаются у 20 % больных, а в 8 % язвы не заживают при 5-летнем наблюдении. Даже в случае полного закрытия язвенного дефекта частота рецидивов остается на уровне 6–15 %. Из этого следует, что лечение трофических язв трудный и далеко не всегда решаемый процесс. Полученные в последние годы данные о биологических процессах, протекающих в хронических ранах на клеточно-молекулярном уровне, позволили расширить представление о патогенезе трофической язвы и предложить новые подходы к лечению венозной трофической язвы. По нашему мнению, наиболее оправданным и перспективным в лечении длительной незаживающей язвы является применение методов регенеративной медицины, в том числе основанных на использовании обогащенной тромбоцитами аутоплазмы, содержащих факторы роста в естественных биологических концентрациях, особенно, проявляющих себя в условиях восстановления дренажно-детоксикационной функции данного анатомического региона. Нами разработан и применен на практике способ лечения венозных трофических язв путем инъекционного субульцерозного использования обогащенной тромбоцитами аутоплазмы в сочетании с регионарной лимфостимуляцией (Патент



Введение

Венозная трофическая язва представляет собой дефект кожи и глубжележащих тканей голени, возникающий в результате хронического нарушения венозного оттока и не заживающий в течение 6 недель. По мнению Сапелкина С.В. (2006) «Трофическая язва — это дефект тканей с малой тенденцией к заживлению, возникший на фоне нарушений реактивности, вследствие внешних и внутренних причин и который по своей интенсивности выходит за пределы адаптационных возможностей организма».

Длительно существующая варикозная болезнь нижних конечностей, приводящая к хронической венозной недостаточности, создают условия для присоединения гнойной и микотической инфекции, частота которых достигает около 75 % [1].

В условиях венозного стаза и флебогипертензии, имеющиеся на поверхности эндотелиальных клеток специфические адгезивные молекулы выборочно связываются с Т-лимфоцитами и макрофагами, которые замедляют движение и начинают «перекачиваться» по поверхности эндотелия. Затем они прочно связываются со стенкой микрососудов за счет реакции интегринов лейкоцитов с иммуноглобулинами. Фиксированные таким образом лейкоциты становятся причиной обструкции капилляров, создавая условия для агрегации эритроцитов и тромбоцитов [2].

В результате образуются многочисленные микротромбы, блокирующие капиллярный кровоток, что ведет к снижению перфузии тканей и развитию очагов некроза. В последующем, дисфункция эндотелия микроциркуляторного русла сопровождается миграцией лейкоцитов в паравасальные ткани. Выделяющиеся из активированных лейкоцитов цитокины, лейкотриены, свободные радикалы кислорода, протеолитические ферменты и фактор активации тромбоцитов, приводят к развитию хронического воспаления и вызывают некроз кожи [3].

В результате экстравазации плазменных протеинов вокруг артериального и венозного колен капилляра образуются «муфты», основной составляющей которых служит фибрин. Это усугубляет метаболические нару-

№2639123 от 19.12-2017 г). Как показали результаты исследования, применяя данный способ лечения за 4 недели полной эпителизации венозной трофической язвы удалось добиться у 70 % больных, т.е. ускорить процесс эпителизации венозной трофической язвы в 3,5 раза по сравнению со второй группой сравнения.

Ключевые слова: хроническая венозная недостаточность, лимфостимуляция обогащенная тромбоцитами аутоплазма, варикозная болезнь, трофическая язва.

шения. Возникает артериоло-венулярное (прекапиллярное) шунтирование, как фактор, обеспечивающий постоянство венозного возврата при повышении периферического сосудистого сопротивления. Открытие шунтов сопровождается гипотензией в артериальном и гипертензией в венозном коленах капилляра. Юкстакапиллярное шунтирование резко нарушает транспорт кислорода и питательных веществ. Длительное функционирование артериоловенулярных шунтов и увеличение объема шунтируемой артериальной крови приводит к запустению капилляров и редукции микроциркуляторного русла. В результате происходит замещение эластических структур подкожно-жировой клетчатки и фасции рубцовой тканью — мышечно-венозная помпа голени оказывается в соединительно-тканном футляре, значительно ухудшающим ее работу. Подобные патологические изменения в мировой литературе обозначаются как компартментсиндром. Его возникновение усугубляет прогрессирование трофических изменений, обусловленных недостаточностью перфорантных вен. т.е. формируется порочный круг, когда патологический венозный кровоток вызывает значительные трофические нарушения в кожных покровах и подкожно-жировой клетчатке, которые, в свою очередь, резко ухудшают условия региональной гемодинамики. По мере прогрессирования венозные трофические язвы меняют форму и увеличивают площадь за счет расширения границ одного язвенного дефекта или слияния нескольких язв.

Существует большое количество исследований, публикаций на тему лечения больных с трофическими язвами, описаны различные методы лечения, влияющих на скорость и заживления трофической язвы.

Однако, как в отечественной, так и зарубежной литературе нет четких данных, говорящих об эффективности проведенного лечения, частоте рецидивов и особенно длительности безрецидивного лечения [4].

В настоящее время продолжают использовать различные методы хирургического лечения, большинство из которых были предложены еще в прошлом веке. Однако эти операции имеют и свои существенные недостатки. Нередко возникают осложнения, связанные с повреждением подкожных нервов, лимфатических протоков, образования обширных гематом. Все это при-

водит к выраженному болевому синдрому, увеличиваются сроки реабилитации больных. Операции Коккета и Линтона часто не позволяют удалить полностью коммуникантные вены, остаются различной формы и длины «слепые мешки». Они могут соединяться с подкожной венозной сетью, а при венозной гипертензии способствуют рецидиву заболевания. «Венозные слепые мешки» сами могут становиться источником тромбообразования. Довольно высокая частота рецидивов и осложнений после подобных операций (от 20 до 48 %), явилась причиной, что на смену им пришли малоинвазивные технологии. Причем, наблюдается тенденция к более частому возникновению данной патологии у лиц молодого возраста, и несомненно, отражает важную социально-экономическую проблему.

Известно, средством стимуляции репаративных процессов является введение в ткани аутоплазмы, обогащенной тромбоцитами за счет улучшения фибробластической реакции. В настоящее время это новое направление тканевой биоинженерии и клеточной терапии, привлекает все больший интерес медицинского общества [5].

Тромбоциты кроме кровоостанавливающей функции, также играют ключевую роль как промежуточное звено в процессе заживления поврежденной ткани, которая реализуется посредством возможности выделять из своих α -гранул факторы роста. Альфа-гранулы тромбоцитов содержат факторы роста естественные полипептиды, обладающие широким спектром биологического локального воздействия молекулярный вес которых колеблется от 5000 до 50000 дальтон. Они обладают широким рядом биологических свойств, с помощью которых способны воздействовать на многие клетки, регулируя их рост и деление, активизируя внутренние механизмы обновления тканей [6]. В отличие от гормонов факторы роста действуют локально и не существуют в крови в свободной форме []. Ряд авторов выделяют следующие факторы роста:

1. Тромбоцитарный фактор роста (Platelet Derived Growth Factor (PDGF)). Его основным источником в сыворотке крови являются α -гранулы тромбоцитов, также макрофаги, моноциты, клетки эндотелия могут продуцировать этот фактор. Тромбоцитарный фактор роста отвечает за активацию фибробластов и миоцитов гладкомышечной ткани, клеточного роста, стимуляцию синтеза коллагена и гликозаминогликанов, усиление образования грануляционной ткани, формирование матрикса коллагена, и с участием морфогенетических белков, стимулирование ангиогенеза. «Факторы роста» не воздействуют на наследственный хромосомный аппарат клетки, а влияют на мембранные клеточные рецепторы I и II типа, что способствует ускорению роста и дифференцировки здоровых клеток-предшественников.
2. Трансформирующий фактор роста — β (Transforming Growth Factor- β (TGF- β)), источником которого являются тромбоциты, лимфоциты, макрофаги, моноциты, нейтрофилы. Основная функция трансформирующего фактор роста — β заключается в регуляции метаболизма поврежденной ткани, апоптоза, усиления синтеза белков межклеточного матрикса.
3. Ангиогенный фактор роста (Platelet Derived Angiogenesis Factor (PDAF)). По данным литературы его источником являются тромбоциты, эндотелиальные клетки. Ангиогенный фактор роста способствует усилению ангиогенеза, увеличивает проницаемость сосудов, стимулирует митогенез эндотелиальных клеток, также является гепаринсвязывающим белком.
4. Инсулиноподобный фактор роста (Insuline Like Growth Factor (IGF)) — осуществляет стимуляцию пролиферации макрофагов, фибробластов, моноцитов, активацию ангиогенеза, стимуляцию заживления мышечной ткани. Подобный механизм осуществляется через аутокринные, паракринные и эндокринные системы.
5. Эпидермальный фактор роста (Platelet Derived Epidermal GrowthFactor (PDEGF)). Источником данного фактора роста являются тромбоциты, макрофаги, моноциты. Эпидермальный фактор роста способствует активации пролиферативных процессов в эпидермальных и эпителиальных клетках, закрытию кожной раны, стимуляции ангиогенеза.

Помимо факторов роста, также альфа-гранулы являются источником цитокинов, хемокинов и многих других белков, вовлеченных по-разному в стимулирование хемотаксиса, пролиферацию клеток и созревание, модуляцию подстрекательских молекул и привлечение лейкоцитов. Как известно, тромбоциты способны хранить антибактериальные и фунгицидные белки, которые предотвращают попадание инфекции, протеаз.

Следует учитывать, что обогащенная тромбоцитами плазма является неотъемлемой частью собственной крови пациента, ее преимуществом является отсутствие риска парентеральной передачи ВИЧ инфекции, вирусного гепатита или возникновение иммунных реакций.

Между венозной и лимфатической системами существует тесная функциональная связь. Венозные и лимфатические системы являются двумя составными частями единой дренажной системы и имеют сходную микро и макро структуру. При флебопатических отеках и нарушении функции мышечно-венозной помпы понижается и субфасциальный лимфоток. В результате венозная недостаточность трансформируется в лимфовенозную. Известно, что лимфатическая система более эффектив-

на для дренирования в случае венозной акклюзии, чем венозная система при лимфостазе. Однако компенсаторные возможности лимфатической системы не безграничны. В результате ее декомпенсации формируются переходящие, а затем постоянные отеки нижних конечностей. Следовательно, венозная недостаточность способствует развитию лимфатической недостаточности, а последнее при декомпенсации усугубляет проявление венозной недостаточности.

В этой связи необходима разработка эффективных способов лечения трофической венозной язвы, обеспечивающих, особенно в условиях противопоказаний к хирургическим методам, эпителизацию язвенного дефекта и длительный безрецидивный период. Особое внимания заслуживает более детальное изучение нарушений микроциркуляции в зоне трофических расстройств при различных формах хронической венозной недостаточности с целью определения мероприятий, направленных на ее восстановление. Это заставило нас искать пути решения этой проблемы, — модифицировать методику применения обогащенной тромбоцитами аутоплазмы, применить лимфостимулирующие технологии, провести сравнительный анализ полученных результатов по лечению венозной трофической язвы различными методами.

Материалы и методы

В основу настоящей работы положены наблюдение и лечение больных с трофическими язвами нижних конечностей, при хронической венозной недостаточности находящихся на лечении в хирургическом отделении 34 больницы и в поликлинике №13 г. Новосибирска.

Всего обследовано и пролечено 90 больных, из них женщин 72 (80 %), мужчин 18 (20 %). Дизайн исследования: проспективное, одноцентровое, открытое, рандомизированное, продленное.

Критерии включения в исследование: наличие у пациента трофической язвы площадью до 10 см², находящейся в состоянии любой фазы раневого процесса; хроническая венозная недостаточность III степени по классификации L.R. Widmer (1987) в модификации Е.Г. Яблокова и соав.

Основную группу составили 30 больных в которой применяли субульцерозные инъекции обогащенной тромбоцитами аутоплазмы с регионарной лимфостимуляцией. Первая группа сравнения — 30 пациентов, где применяли только субульцерозные инъекции обогащенной тромбоцитами аутоплазмы, лимфостимулирующие инъекции не применяли.

Вторая группа сравнения — 30 пациентов, в которой лечение трофических язв проводили по распро-

страненной общепризнанной методике. Больные распределялись в группы случайным образом (принцип рандомизации — с помощью генератора случайных чисел), Больные проходили полное клиническое обследование, общий анализ крови, общий анализ мочи, ЭКГ, УЗИ вен нижних конечностей. Биохимические методы обследования включали определение С-реактивного белка в плазме крови, изучение показателей гемостаза (время кровотечения, время свертываемости, активированное частичное тромбопластическое время, фибриноген и протромбиновый индекс) Аутоплазму готовят *ex tempore*. У больного из вены забирают кровь в количестве 20,0 мл с добавлением 2 тыс. ед. гепарина.

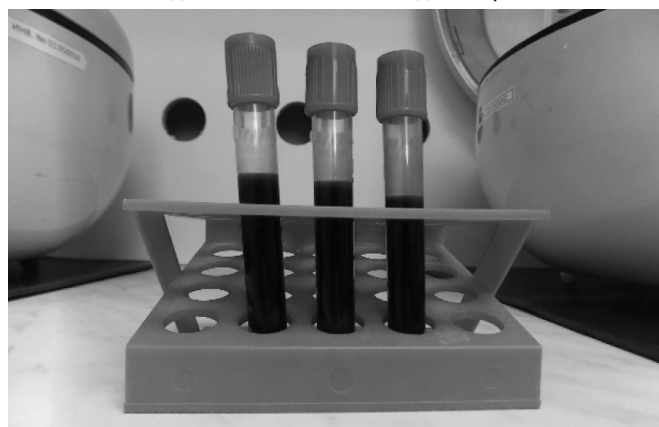


Рис. 1. Взятая кровь из вены 20 мл + гепарин 2 тыс ед. Кровь центрифугируют при ускорении 250 g в течение 10 минут. Оседают только эритроциты, тромбоциты и лейкоциты остаются в аутоплазме. Надосадочную фазу (аутоплазму с клетками) отсасывают шприцем. Присутствие лейкоцитов обеспечивает усиление антимикробного воздействия аутоплазмы.



Рис. 2. Центрифуга, ускорение 250 g

Аутоплазму вводят субульцерозно (под дно язвы), в мезотерапевтической инъекционной технике, отступая примерно 5 мм от края язвы наружу, за пределы фиброзного вала. Иглу шприца держат наклонно, проводят под дном язвы по направлению к центральной части язвы, куда и вводят аутоплазму.

Обогащенную тромбоцитами аутоплазму вводят пациенту в объеме 8–10 мл из одного места, чтобы избе-

жать травматизации окружающих тканей дополнительными инъекциями, что особенно важно при наличии у пациента сопутствующей патологии или тяжелой хронической венозной недостаточности. С целью восстановления дренажной функции лимфатической системы, и, следовательно, уменьшения локального отека и улучшения тканевой проницаемости в пораженной конечности, пациенту вводят лимфостимулирующие препараты. Лимфостимуляция осуществляется, следующим образом: в первый межпальцевой промежуток стопы той конечности, где находится трофическая язва, сразу после субульцерозного введения обогащенной тромбоцитами плазмы подкожно вводят, 4 мл 2 % раствора лидокаина и 60 ед. гиалуронидазы

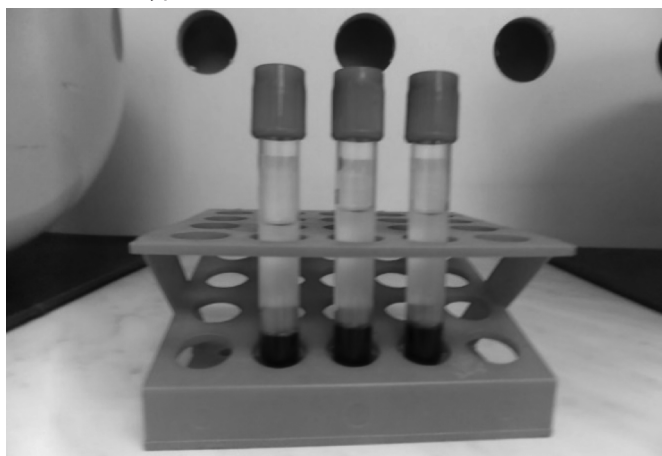


Рис. 3. Обогащенная тромбоцитами аутоплазма



Рис. 4. Субульцерозное введение аутоплазмы

Обсуждение результатов

В зависимости от проводимого лечения пациенты были распределены на 3 группы. Основную группу составили 30 больных в которой применяли субульцерозные инъекции обогащенной тромбоцитами аутоплазмы с регионарной лимфостимуляцией. Группы сравнения представлены двумя группами. Первая группа сравнения — 30 пациентов, где использовались только су-

бульцерозные инъекции обогащенной тромбоцитами аутоплазмы без регионарной лимфостимуляции. Вторая группа сравнения — 30 пациентов, в которой лечение трофических язв проводили по распространенной общепризнанной методике. Полученные результаты лечения в основной группе сравнивали с результатами лечения в первой и второй группах сравнения.

Как показали проведенные исследования, наиболее эффективным методом воздействия на венозную трофическую язву, способствующей ее быстрой эпителизации оказалось лечение по разработанной нами схеме — сочетанного применения субульцерозного введения обогащенной тромбоцитами аутоплазмы в комплексе с регионарной лимфостимуляцией. Обогащенная тромбоцитами плазма, ускоряет наступление фазы регенерации, активирует пролиферацию клеток фибропластического дифферона и продукцию компонентов внеклеточного матрикса, вызывая повышение функциональной активности фибробластов. Через 4 недели лечения в основной группе уменьшение площади язвы составило $88,2 \pm 5,7 \%$, в первой группе сравнения через 4 недели лечения — $64,1 \pm 5,7 \%$ (разница $24,1 \%$) во второй группе сравнения уменьшение площади составило $37,1 \pm 5,7 \%$ (разница с основной группой составила $51,1 \pm 5,2 \%$) Уменьшение площади в 1,7 раза быстрее в основной группе. Скорость заживления язвы за 4 недели составила: в основной группе при применении обогащенной тромбоцитами плазмы с регионарной лимфостимуляцией — $22,1 \pm 5,2 \%$. В первой группе сравнения при отсутствии лимфостимуляции — $16,0 \pm 4,8 \%$, разница $6,1 \pm 5,2 \%$ во второй группе сравнения при применении традиционных методов лечения составила — $9,2 \pm 4,4 \%$. Различия с основной группой составило $12,9 \%$. Скорость уменьшения язвы в основной группе была в 2,4 раза быстрее по сравнению с традиционной методикой. Полная эпителизация язвы в основной группе была у 21 пациента что составило 70% , в первой группе сравнения у 13 пациентов во второй группе, что соответствует $43,3 \%$. При применении традиционной методики терапии заживление язвы наступило только у 6 пациентов, что составило 20% . Разница с основной группой 50% . Полная эпителизация язвы в основной группе по сравнению с первой группой сравнения увеличилась в 1,6 раза, со второй группой сравнения (при традиционной терапии) увеличилась в 3,5 раз.

Это свидетельствует о том, что разработанный и примененный нами метод лечения венозной трофической язвы, путем субульцерозного применения обогащенной тромбоцитами плазмы с участием регионарной лимфостимуляции за 4 недели позволяет значительно улучшить результаты лечения с благоприятным исходом у $88,2 \%$ пациентов. Скорость заживления в основной группе по сравнению с I-ой группой сравнения была интенсивнее в 1,6 раза, а со II-ой группой сравнения (общепринятая методика) эффективнее в 3,5 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айвазян, А.А. Морфометрическая оценка эффективности применения обогащенной тромбоцитами плазмы для лечения длительно незаживающих ран кожи / А.А. Айвазян, Е.В. Липова, Н.В. Просянникова. // Экспериментальная и клиническая дерматокосметология. — 2014. — № 1. — С. 3–5.
2. Васильев П.В., Маргарянц Н.Б., Ерофеев Н.П. Лазерная доплеровская флоуметрия в исследовании микролимфодинамики. Современные технологии в медицине. 2019;11(2):92–97.
3. Бородин Ю.И. Лимфокоррекция в клинической практике с позиций концепции многоуровневой детоксикации/Ю.И. Бородин// Бюллетень — СО РАМН, — 1999, — №2. — С. 8–12
4. Rasmussen JC, Aldrich MB, Tan IC, Darne C, Zhu B, O'Donnell TF Jr et al. Lymphatic transport in patients with chronic venous insufficiency and venous leg ulcers following sequential pneumatic compression. J Vasc Surg Venous Lymphat Disord. 2016;4(1):9–17. <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2015.06.001>.
5. Аралова, М.В. Кинетика раневого процесса при различных методах стимуляции регенерации в ранах. — Текст: непосредственный /М.В. Аралова, А.А. Глухов, А.П. Остроушко // Вестник экспериментальной клинической хирургии. — 2018 — Т. 11. — № 3. — С. 173–178.
6. Винник, Ю.С. Функциональная активность клеток гранулоцитарного звена с длительно не заживающими ранами на фоне хронической венозной недостаточности / Ю.С. Винник, Г.Э. Карапетян, Л.В. Кочеткова, Р.А. Пахомова — Текст электронный // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. — 2019. — №1. — С.37–42.
7. Зубков, Д.С. Сравнительный анализ клинических рекомендаций по хроническим заболеваниям вен./ Д.С. Зубков. //Амбулаторная хирургия. — 2021. — Т.18. — №1. — С.9–12.

© Шутов Юрий Миронович (yumshutov@mail.ru); Атаманов Константин Викторович (atamanov@hotmail.com);
Верятин Яков Альбертович (12.jacov@gmail.com); Шумков Олег Анатольевич (Shumkov@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РОЛЬ ОБОГАЩЕННОЙ ТРОМБОЦИТАМИ АУТОПЛАЗМЫ И КОРРЕКЦИИ ЛИМФОУТТОКА В ВОССТАНОВЛЕНИИ И РЕГЕНЕРАЦИИ ТКАНЕЙ У БОЛЬНЫХ ВЕНОЗНОЙ ТРОФИЧЕСКОЙ ЯЗВОЙ

ROLE OF PLATELET-ENRICHED AUTOPLASMA AND CORRECTION OF LYMPHOOUTFLOW IN TISSUE RESTORATION AND REGENERATION IN PATIENTS WITH VENOUS TROPHIC ULCERS

**Yu. Shutov
Ya. Veryatin
K. Atamanov
A. Lukanin
O. Shumkov**

Summary. In Russia, over 35 million people suffer from various forms of varicose veins of the lower extremities, about 15 % of them have trophic changes in the skin, half of which are accompanied by the formation of leg ulcers, and in 0.3 % of cases they do not heal for a long time, recur many times and lead to a significant deterioration in the quality of life of patients. In 12.5 % of cases patients with venous trophic ulcers, due to decreased ability to work, are forced to prematurely stop working. These circumstances force us to identify the problem of treating venous ulcers not only as a medical one, but also as a socio-economic one. Treatment of this complication of chronic venous insufficiency is difficult, expensive and not always effective. In economically developed countries, huge amounts of money are spent on the treatment of such patients, amounting to 1.5 to 2 % of the total health care budget. Despite significant advances in recent years in the diagnosis and treatment of chronic venous insufficiency, the incidence of venous ulcers remains at a high level and is not reliable. downward trend. Most phlebologists are unanimous in their opinion about the need for pathogenetically based treatment of venous trophic ulcers, aimed at eliminating the main cause of the development of chronic venous insufficiency — venous hypertension, which initiates changes at the tissue, cellular and microcirculatory level, ultimately leading to tissue destruction. Encouraging prospects have emerged with the introduction into clinical practice of fundamentally new high-tech methods of influencing reparative processes in patients with venous trophic ulcers.

We have developed and put into practice a method for treating trophic ulcers of venous etiology with simultaneous effects on the lymphatic system of the region and cellular technologies using platelet-rich plasma. Positive macroscopic dynamics were accompanied by a decrease in the number of neutrophil leukocytes to 40–50 %, with an increase in the number of polyblast histiocytes and endothelial cells. The overall effectiveness of the combined proposed method for 4 weeks of treatment was 70 %, with treatment with traditional methods only 20 %. The healing speed is 3.5 times more effective.

Шутов Юрий Миронович

д.м.н., проф., ГБОУ ВПО «Медицинский государственный медицинский университет»
Минздрава России, Новосибирск
yumshutov@mail.ru

Верятин Яков Альбертович

Ассистент, ГБОУ ВПО «Медицинский государственный медицинский университет»
Минздрава России, Новосибирск
12.jacov@gmail.com

Атаманов Константин Викторович

д.м.н., проф., ГБОУ ВПО «Медицинский государственный медицинский университет»
Минздрава России, Новосибирск
atamanov@gmail.com

Луканин Александр Дмитриевич

Заведующий хирургическим отделением,
2 городская клиническая больница, г. Новосибирск
Lukaninad@bk.ru

Шумков Олег Анатольевич

д.м.н., проф., Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной лимфологии — филиал федерального государственного бюджетного учреждения, Федеральное исследовательское учреждение, Федеральное исследовательское отделение Российской академии наук» Новосибирск
Shumkov@gmail.com

Аннотация. В России различными формами варикозной болезни вен нижних конечностей страдают свыше 35 млн человек, около 15 % из них имеют трофические изменения кожи, половина из которых сопровождается образованием язв голени, а в 0,3 % случаев они длительно не заживают, многократно рецидивируют и приводят к существенному ухудшению качества жизни пациентов [1]. В 12,5 % случаев пациенты с венозными трофическими язвами, вследствие снижения трудоспособности, вынуждены преждевременно прекращать трудовую деятельность. Эти обстоятельства заставляют обозначить проблему лечения венозных язв не только как медицинскую, но и социально-экономическую. Лечение этого осложнения хронической венозной недостаточности трудный, дорогостоящий и не всегда эффективный процесс [2]. В экономически развитых странах на лечение таких больных затрачиваются огромные материальные средства, составляющие от 1,5 до 2 % общего бюджета здравоохранения. Несмотря на значительные достижения последних лет в диагностике и лечении хронической венозной недостаточности, частота развития венозных язв остается на высоком уровне и не имеет достоверной тенденции к снижению. Большинство специалистов-флебологов едины во мнении о необходимости проведения патогенетически обоснованного лечения венозных трофических язв, направленного на устранение основной причины развития хронической ве-

Keywords: trophic ulcer, chronic venous insufficiency, platelet-rich autoplasm, lymphostimulation.

Материал и методы

Нами пролечено 90 больных с трофическими венозными язвами с 18 до 80 лет, из них женщин 72 (80 %), мужчин 18 (20 %). в период с 2016–2021 гг

Все пациенты были разделены на 3 группы по 30 больных в каждой группе. Основная группа, где применялся разработанный нами метод лечения — это субульцерозное инъекционное введение обогащенной тромбоцитами аутоплазмы в сочетании с регионарной лимфостимуляцией. Также выделены две группы сравнения по 30 больных. В первой сравнения группе применялись субульцерозно инъекции обогащенной тромбоцитами аутоплазмы без лимфотропной терапии и 2-я группа сравнения, где лечение проходило по общепризнанной методике.

Критерии включения в исследование: наличие у пациента трофической язвы площадью до 10 см², находящейся в различных фазах раневого процесса. Это хроническая венозная недостаточность III степени по классификации L.R. Widmer (1987) в модификации Е.Г. Яблокова и соав. (1999) или VI клинического класса (С6) по классификации СЕАР Объединенного совета сосудистых хирургов (1994–2006), возникшая на фоне варикозной болезни и хронической венозной недостаточности. Получалось информационное согласие пациента на забор крови и проведение лечения: — субульцерозного использования обогащенной тромбоцитами аутоплазмы и регионарной лимфостимуляцией. С целью выраженности изменений венозной системы нижних конечностей, проводилось ультразвуковая доплерография с определением лодыжечно-плечевого индекса. Также для определения регресса отека — проводилась легометрия. Исследование проводили через каждые 7 дней. Кроме того, для оценки течения раневого процес-

сной недостаточности — венозной гипертензии, инициирующей изменения на тканевом, клеточном и микроциркуляторном уровне, приводящих в конечном итоге к деструкции тканей. Обнадеживающие перспективы появились с внедрением в клиническую практику принципиально новых высокотехнологичных способов воздействия на репаративные процессы у пациентов с венозной трофической язвой [3].

Нами разработан и применен на практике способ лечения трофической язвы венозной этиологии с одновременным воздействием на лимфатическую систему региона и клеточные технологии, с использованием обогащенной тромбоцитами плазмы. Положительная макроскопическая динамика, сопровождалась снижением числа нейтрофильных лейкоцитов до 40–50 %, при увеличении количества полибластовгистиоцитов и эндотелиальных клеток. Общая эффективность комбинированного предлагаемого способа за 4 недели лечения составила составила 70 %, при лечении традиционными методами только 20 %. Скорость заживления эффективнее в 3,5 раза.

Ключевые слова: трофическая язва, хроническая венозная недостаточность, обогащенная тромбоцитами аутоплазма, лимфостимуляция.

са проводили цитологическое исследование мазков отпечатков, которые получали во время перевязок.

Аутоплазму готовят *ex tempore*. У больного из вены забирают кровь в количестве 20,0 мл с добавлением 2 тыс. ед. гепарина. Кровь центрифугируют при ускорении 250 g в течение 10 минут. Оседают только эритроциты, тромбоциты и лейкоциты остаются в аутоплазме. Надосадочную фазу (аутоплазму с клетками) отсасывают шприцем. Присутствие лейкоцитов обеспечивает усиление антимикробного воздействия аутоплазмы. Аутоплазму вводят субульцерозно (под дно язвы), в мезотерапевтической инъекционной технике, отступя примерно 5 мм от края язвы наружу, за пределы фиброзного вала. Иглу шприца держат наклонно, проводят под дном язвы по направлению к центральной части язвы, куда и вводят аутоплазму. Обогащенную тромбоцитами аутоплазму вводят пациенту в объеме 8–10 мл из одного места, чтобы избежать травматизации окружающих тканей дополнительными инъекциями, что особенно важно при наличии у пациента сопутствующей патологии или тяжелой хронической венозной недостаточности.

Аутоплазму вводят субульцерозно (под дно язвы), отступя примерно 5 мм от края язвы наружу, за пределы фиброзного вала. Иглу шприца держат наклонно, проводят под дном язвы по направлению к центральной части язвы, куда и вводят аутоплазму (рис. 1).

Для обработки полученных данных использовали методы непараметрической статистики с применением программы Statistika10. Для сравнения абсолютных показателей двух групп прибегали к U-test Mann-Whitney. Для повторных измерений использовали критерий Уилкоксона. Для выявления выявления в частоте качественных признаков в двух независимых группах применяли двусторонний точный критерий Фишера. Различия



Рис. 1. Субульцерозное введение аутоплазмы

считали достоверными при $p < 0,05$. Для определения репрезентативности выборки при проведении цитологических исследований применяли случайный отбор полей зрения с помощью таблицы случайных чисел.

Введение

Лечение венозных трофических язв нижних конечностей до настоящего времени представляет собой сложную медико-социальную проблему [4]. Трофические язвы — самое распространенное осложнение хронической венозной недостаточности, с которым человечество столкнулось на заре своего становления, оно остается актуальной проблемой современной медицины. В настоящее время венозные трофические язвы встречаются у 2 % взрослого населения индустриально развитых стран. Хроническая венозная недостаточность нижних конечностей является причиной развития трофических язв нижних конечностей в 80 % случаев. Только в России свыше 35 млн человек страдают варикозной болезнью вен нижних конечностей, а 15 % из них имеют трофические изменения кожных покровов нижних конечностей, 50 % из которых осложняются образованием язв голени. Больные с длительно незаживающими гнойными ранами зачастую рано прекращают трудовую деятельность, становятся инвалидами, поэтому их лечение из чисто медицинской проблемы превратилось в социально-экономическую [5]. Венозная гипертензия приводит к нарушению микроциркуляции, тканевой гипоксии и активации лейкоцитов с выбросом ими лизосомальных ферментов, в результате чего страдают трофика и защитные свойства кожи. В дальнейшем происходит быстрая бактериальная контаминация возникшей трофической язвы с прогрессированием воспаления и некротических процессов не только в коже, но и в глублежащих тканях, еще больше усугубляющих сосудистые расстройства. Такая ситуация является самой неблагоприятной основой для заживления, которое, как и в случае острых ран, принципиально состоит из трех известных фаз:

очищения, образования грануляций и эпителизации. При заживлении хронической раны ввиду длительного повреждения тканей продолжается постоянная миграция в область раны воспалительных клеток, таких как нейтрофильные гранулоциты и макрофаги. Они, в свою очередь, выделяют медиаторы воспаления или цитокины, которые синергетически повышают выработку определенных протеаз [6]. Ввиду повышенной активности протеаз разрушается внеклеточный матрикс, нарушается миграция клеток и образование соединительной ткани. Кроме того, деградируют факторы роста вместе с их рецепторами на клетках-мишенях, и каскад реакций заживления раны не может продолжаться по причине отсутствия медиаторов, необходимых для соответствующей стимуляции. Одновременно токсические продукты распада ткани и бактерии проникают в окружающую область, что влечет за собой дальнейшее отмирание ткани и поддерживает хронический раневой процесс. Согласно этой гипотезе, каскад реакций заживления раны может возобновиться лишь в том случае, если будет разорван порочный круг продолжающегося воспаления с его повышенной протеазной активностью [7]. Для этого необходимо обеспечение ряда условий, в частности кровоснабжение и микроциркуляция в пораженной области кожи должны быть максимально нормализованы для устранения трофических нарушений, приведших к некрозу ткани. С практической точки зрения это означает применение этиотропной терапии, то есть обязательна точная диагностика и выявление причин, вызвавших появление язвы, и их последующее адекватное лечение. Венозная язва голени — хроническая рана с плохой или отсутствующей тенденцией к заживлению, которая, вследствие причины своего возникновения, не может зажить только с помощью проводимого местного лечения. Язва может быть вылечена только в том случае, если будет купирован застойный венозный отек и устранены или компенсированы нарушения венозного оттока в нижней конечности.

Различные рекомендации по лечению трофических язв нижних конечностей встречаются в древнеегипетских папирусах и свитках, датированных 2000–1500 гг. до н.э., однако поиск способов лечения трофических язв продолжается и в настоящее время. Предложено огромное количество методик местного лечения трофических язв [8]. В настоящее время, несмотря на многообразие применяемых методов, и средств, в лечении хронической венозной недостаточности, осложненной трофическими язвами, не всегда обеспечивается положительный результат, направленный на сокращение длительности лечения, расхода средств, а также на достижение косметического эффекта. По мнению отечественных и зарубежных авторов наиболее перспективным является использование биомедицинских технологий, в частности, аутоплазмы, обогащенной тромбоцитами. В последние десятилетия отмечается значительный рост интереса

к данной биотехнологии, что обусловлено ее высокой эффективностью при высоком уровне безопасности и низкой себестоимости. В настоящее время аутоплазма обогащенная тромбоцитами активно применяется в хирургии, стоматологии, травматологии и ортопедии, спортивной медицине, косметологии и дерматологии, комбустиологии [9]. Аутоплазма обогащенная тромбоцитами обладает рядом полезных свойств: ускоряет процессы регенерации тканей, противовоспалительный эффект, снижение болевого синдрома, что открывает еще большие перспективы в лечении трофических язв венозной этиологии. Подтвержденные многочисленными экспериментальными и клиническими исследованиями биологические эффекты позволяют считать подобную терапию одним из наиболее перспективных и до конца не изученных методов лечения.

Доказано, что тромбоциты одни из многочисленных клеток, присутствующих в ране после повреждения. В дополнение к известным функциям гемостаза, они выделяют вещества, которые регулируют клеточные аспекты заживления мягких тканей, освобождая из себя в поврежденные ткани факторы роста, которые стимулируют деление и рост поврежденных клеток. Тромбоциты, после активации выделяют гранулы, которые содержат факторы роста, коагуляционные белки, молекулы адгезии, цитокины и др. В настоящее время известно около 60 активных субстанций, которые содержащихся в тромбоцитах и оказывающих влияние на процесс заживления [10]. Они усиливают проникновение недеференцированных клеток в область повреждения и запускают процесс их митоза. Наиболее важные факторы роста: тромбоцитарный фактор роста PDGF (PDGF $\alpha\alpha$, PDGF $\beta\beta$, PDGF $\alpha\beta$), трансформирующий фактор роста TGF (TGF α & β); эпидермальный фактор роста; фактор роста фибробластов — FGF; фактор роста кератоцитов — KGF; инсулиноподобный фактор, IGF; фактор роста эндотелия сосудов, VEGF; интерлейкин 8, IL8; фактор некроза опухоли альфа, TNF α ; фактор роста соединительной ткани, CTGF; грануляционно-макрофагальный фактор колоние-

стимулирующий фактор, GM-CSF. Ранее проведенные исследования показывают, что выделяемые факторы роста из тромбоцитов стимулируют пролиферацию мезенхимальных клеток.

Результаты и обсуждение

В первую очередь было проведено исследование о влиянии предложенного метода (основная группа) на динамику снижения малеоллярного отека голени, при применении аутоплазмы, путем субъульцерозных инъекций в сочетании с регионарной лимфостимуляцией. В первой и второй группах сравнения лимфостимуляция не применялась сравнительные характеристики представлены в следующей таблице (см. ниже).

Данная таблица и диаграмма свидетельствуют о явных преимуществах разработанного нами метода лечения и положительного влияния регионарной лимфостимуляции на уменьшение маллеоллярного объема по сравнению с первой и второй группой сравнений. Маллеоллярный отек уменьшился в 3,9 раза. Это несомненно положительно повлияло на течение раневого процесса у больных с венозной трофической язвой, о чем свидетельствуют наши дальнейшие исследования динамики заживления венозной трофической язвы.

В следующей таблице представлены сравнительные статистические данные заживления венозной трофической язвы по группам исследования (см. на след. стр.).

Так, в основной группе средние уменьшение площади язвы в первые 2 недели при применении обогащенной тромбоцитами плазмы с регионарной лимфостимуляцией составила 43,1 \pm 2,9 % ($p < 0,05$). I-ой группе сравнения при отсутствии лимфостимуляции средние уменьшение площади язвы — 37,4 \pm 3,8 % ($p < 0,05$), разница с основной группой составила 4,0 \pm 2,8 %. Во II-ой группе сравнения при применении традиционных методов лечения на 14-е сутки площадь уменьшения раз-

Группы К-во N	Окружность голени в начале лечения (среднее) M \pm m	Окружность голени на 14 день лечения см (среднее) M \pm m	Уменьшение малеоллярного объема в % (среднее) 2 нед M \pm m	Окружность голени на 28 сутки см (среднее) M \pm m	Уменьшение малеоллярного объема в % (среднее) за 28 дней — 4 нед M \pm m	Окружность голени без язвы см (среднее) M \pm m	Отек голени к 28 суткам (4 недели) % (M \pm m)
Основная группа n-30	29,6 \pm 2,7	26,4 \pm 2,5	5,4 \pm 3,7(14 дн) за сутки 0,4 \pm 1,7	25,0 \pm 3,1	8,0 \pm 3,5 за сутки 0,4 \pm 1,7	24,9 \pm 3,6	10% (3 пациента)
I-я группа сравнения n-30	31,5 \pm 2,3	30,8 \pm 2,7	1,1 \pm 1,3 за сутки 0,07 \pm 1,2	28,9 \pm 2,3	4,4 \pm 1,9 за сутки 0,1 \pm 1,4	25,5 \pm 2,3	40% (12 пациентов)
II-я группа сравнения n-30	31,2 \pm 2,3	30,7 \pm 1,3	0,2 \pm 1,3 за сутки 0,01 \pm 0,02	28,3 \pm 2,3	2,2 \pm 1,7 за сутки 0,2 \pm 1,3	25,9 \pm 3,3	92,8% (28 пациентов)

Группы исследования	Средняя S в начале лечения	Средняя S язвы через 2 нед лечения	Среднее уменьшение S язвы к 14 суткам (2 недели)	Средняя скорость уменьшения S язвы за 2 недели %	Средняя S язвы через 4 нед лечения	Среднее уменьшение S язвы к 28 суткам (4 недели)	Средняя скорость уменьшения S язвы за 4 недели %	Полная эпителизация язвы через 4 недели лечения
Основная группа N-30	5,1±3,7 см ²	2,9±1,8 см ²	41,4±2,9 %	21,5±2,5 %	0,6±1,9 см ²	91,3±5,7 %	22,1±5,2 %	21 пациент (70 %)
Первая группа сравнения N-30	5,3±4,1 см ²	3,4±7,6 см ²	37,4±3,8 %	17,9±4,7 %	1,9±3,7 см ²	75,8±5,7 %	16,0±4,8 %	13 пациентов 43,3 %
Вторая группа сравнения N-30	5,4±4,7 см ²	4,5±4,4 см ²	19,8±7,8 %	8,3±1,9 %	2,4±3,5 см	49,7±5,1 %	13,9±4,4 %	6 пациентов 20 %

меров язвы составила — 16,6±3,8 %, разница в результатах с основной группой с основной группой составила 24,8 % ±2,5 % (p<0,05).

Разница между первой и второй группами сравнения составила 20,8 % ±4,5 %.

В основной группе средние показатели уменьшения скорости язвы через 2 недели составили в основной группе 22,5±5,2 %, в первой группе сравнения уменьшения скорости язвы — 17,9±4,8 %, во второй группе сравнения — 8,3±4,4 %. Разница с основной группой составила 14,2±6,3 % при p<0,05. За 14 суток скорость заживления трофической язвы в основной группе увеличилась в 1,7 раза.

Через 4 недели лечения в основной группе уменьшение площади язвы составило 88,2±5,7 %, в первой группе сравнения через 4 недели лечения — 64,1±5,7 % (разница 24,1 %) во второй группе сравнения уменьшение площади составило 37,1 % ±5,7 % (разница с основной группой составила 51,1 % ±5,2 %) Уменьшение площади в 1,7 раза быстрее в основной группе. Скорость заживления язвы за 4 недели составила: в основной группе при применении обогащенной тромбоцитами плазмы с регионарной лимфостимуляцией — 22,1±5,2 %, в первой группе сравнения при отсутствии лимфостимуляции — 16,0±4,8 %, разница 15,1 %, во второй группе сравнения при применении традиционных методов лечения составила — 9,2±4,4 %. Различия с основной группой составило 12,9 %. Скорость умень-

шения язвы в основной группе была в 2,4 раза быстрее по сравнению с традиционной методикой.

Полная эпителизация язвы в основной группе была у 21 пациента что составило 70 %, в первой группе сравнения у 13 пациентов во второй группе, что соответствует 43,3 %. При применении традиционной методики терапии заживление язвы наступило только у 6 пациентов, что составило 20 %. Разница с основной группой 50 %. Полная эпителизация язвы в основной группе по сравнению с первой группой сравнения увеличилась в 1,6 раза, со второй группой сравнения (при традиционной терапии) увеличилась в 3,5 раз.

Это свидетельствует о том, что разработанный и примененный нами метод лечения венозной трофической язвы, путем субъульцерозного применения обогащенной тромбоцитами плазмы с участием регионарной лимфостимуляции позволяет значительно улучшить результаты лечения с благоприятным исходом за 4 недели у 70 % пациентов. Скорость заживления в основной группе по сравнению с I-ой группой сравнения была интенсивнее в 1,6 раза, а со II-ой группой сравнения (общепринятая методика) эффективнее в 3,5 раза. Разработанный метод лечения трофических язв, как самостоятельный метод, доступен для использования в амбулаторно-поликлинических условиях и возможен к применению, как альтернатива хирургическому методу при наличии противопоказаний и отказе пациента от оперативного вмешательства.

ЛИТЕРАТУРА

- Санников А.Б., Шайдаков Е.В. Морфологическая перестройка соединительнотканых элементов стенки большой подкожной вены человека на голени при развитии варикозной трансформации. *Амбулаторная хирургия*. 2021;(2):111–123.
- Olsson M, Järbrink K, Divakar U, et al. The humanistic and economic burden of chronic wounds: A systematic review. *Wound Repair and Regeneration*. 2018;27(1):114–125. <https://doi.org/10.1111/wrr.12683>
- Meulendijks AM, de Vries FMC, van Dooren AA, et al. A systematic review on risk factors in developing a first time venous leg ulcer. *J Eur Acad Dermatol Venereol*. 2019;33:8–12. <https://doi.org/10.1111/jdv.15343>

4. Guest JF, Ayoub N, McIlwraith T, et al. Health economic burden that different wound types impose on the UK's National Health Service. *Int Wound J.* 2017;14(2):322–330. <https://doi.org/10.1111/iwj.12603>
5. Barnsbee L, Cheng Q, Tulleners R, Lee X, Brain D, Pacella R. Measuring costs and quality of life for venous leg ulcers. *Int Wound J.* 2019;16(1):112–121.
6. Brain D, Tulleners R, Xing L, Cheng Q, Graves N, Pacella R. Cost-effectiveness analysis of an innovative model of care for chronic wounds patients. *PLoS One.* 2019;14(3):1–13.
7. Barbul A, Gelly H, Masturzo A. Real world matched-cohort study analyzing the health economic impact of living cell tissue products in the treatment of chronic wounds: a retrospective analysis of medicare claims data. *Adv skin wound care.* 2019;45:512–519. <https://doi.org/10.1097/01>
8. Las Heras K, Igartua M, Santos-Vizcaino E, Hernandez RM. Chronic wounds: Current status, available strategies and emerging therapeutic solutions. *J Control Release.* 2020;328:532–550. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2020.09.039>
9. Masson-Meyers DS, Andrade TAM, Caetano GF, et al. Experimental models and methods for cutaneous wound healing assessment. *Int J Exp Path.* 2020;101:21–37. <https://doi.org/10.1111/iep.12346>
10. Stechmiller JK, Lyon D, Schultz G, et al. Biobehavioral mechanisms associated with nonhealing wounds and Psychoneurologic symptoms (pain, cognitive dysfunction, fatigue, depression, and anxiety) in older individuals with chronic venous leg ulcers. *Biol Res Nurs.* 2019;21(4):407–419. <https://doi.org/10.1177/1099800419853881>

© Шутлов Юрий Миронович (yumshutov@mail.ru); Верятин Яков Альбертович (12.jacov@gmail.com);
Атаманов Константин Викторович (atamanov@hotmail.com); Луканин Александр Дмитриевич (Lukaninad@bk.ru);
Шумков Олег Анатольевич (Shumkov@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

Наши авторы

Agayeva Z. — Doctoral student, Institute of Microbiology of the Ministry of Education and Science of the Republic of Azerbaijan, Baku

Ahmedova S. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Al-Hamzah Abdalnaser Faisal — Postgraduate student, Tyumen Industrial University

Alrhaya I. — Graduate student, National Research Mordovia State University

Arabova G. — Doctoral student, Institute of Microbiology of the Ministry of Education of the Republic of Azerbaijan, Baku

Ashirov O. — Crimean Federal University named after. V.I. Vernadsky (Simferopol)

Atamanov K. — Doctor of Medical Sciences, Prof., State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Medical State Medical University» of the Ministry of Health of Russia, Novosibirsk

Azizova D. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Kazan Federal University

Bakhshalieva K. — Doctor of Biological Sciences, Professor, Institute of Microbiology of the Ministry of Education of the Republic of Azerbaijan, Baku

Bakushev A. — Candidate of Medical Sciences, Assistant, Novokuznetsk State Institute for Advanced Training of Physicians — branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Further Professional Education «Russian Medical Academy of Continuing Professional Education» of the Ministry of Health

Batanov A. — Senior Lecturer, RTU MIREA

Bavokova D. — Medical Academy of Kabardino-Balkarian State University named after. H.M. Berbekov

Baziev A. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Medical Academy of Kabardino-Balkarian State University named after. H.M. Berbekov

Bebyakova N. — Doctor of Biological Sciences, Professor, Northern State Medical University, Arkhangelsk

Berezovskaya K. — Volga Region Research Medical University, Nizhny Novgorod

Our authors

Bikbulatov R. — Kazan State Energy University

Biryukov M. — Russian Biotechnological University (Moscow)

Bloshchinskiy V. — Applicant, Pacific National University, Khabarovsk

Bykova K. — National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod

Chekulaev A. — Moscow state academy of veterinary medicine and biotechnology of K.I. Scriabin

Cherepenin V. — Postgraduate student, South Russian State Polytechnic University named after M.I. Platova

Chernyshova E. — Junior Researcher, LLC RESEARCH ENGINEERING CENTER «SINTEZ»

Chernyshova T. — Senior Lecturer, K.G. Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University)

Chuenko N. — Postgraduate student, Novosibirsk State Agrarian University; Researcher, Federal Budgetary Institution «Novosibirsk Research Institute of Hygiene» of Rosпотребнадзор

Danilyuk S. — Senior lecturer, Moscow State Technical University named after N.E. Bauman

Dautov A. — Bashkir State Medical University, Ufa

Davydova E. — Postgraduate student, National Research Mordovian State University. N.P. Ogareva

Donchuk A. — Graduate student, Moscow State Technical University named after N.E. Bauman

Dudueva M. — North Caucasian State Academy

Dzhanibekova Sh. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Eremeev V. — Assistant, National Research Mordovia State University

Garkusha N. — Crimean Federal University named after. V.I. Vernadsky (Simferopol)

Ghukasyan T. — National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod

Gorokhova A. — Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky (Simferopol)

Gukasyan T. — National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod

Gurbanov A. — Clinical resident, National Research Mordovia State University

Hashaeva T. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Honored Doctor of the Russian Federation, winner of the RD State Prize, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Hudasova O. — Senior lecturer, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Belgorod National Research University»

Iskandiyarova M. — Senior lecturer, National Research Mordovia State University

Iureva A. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian University of Medicine of the Ministry of Health of the Russian Federation

Iureva S. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Northern State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Ivakhnenko P. — Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky (Simferopol)

Kabirov A. — Postgraduate student, Tyumen Industrial University

Kahramanov A. — Bashkir State Medical University, Ufa

Kalaida M. — Assistant, Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Northern State Medical University» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation (Arkhangelsk)

Kaliberdenko V. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky (Simferopol)

Khairutdinova A. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Kazan Federal University

Khismatullin R. — Bashkir State Medical University, Ufa

Komissarova D. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Northern State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Konovalova M. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg Federal State Budgetary Institution State Pediatric Medical University

Krasnoglazova K. — Assistant, National Research Mordovia State University

Krasnov A. — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Russian State Social University

Kubasova E. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Northern State Medical University, Arkhangelsk

Lebedev K. — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Kuban State University, Krasnodar

Leonov P. — Docent, National Research Nuclear University «MEPhI»

Levitsky S. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Northern State Medical University, Arkhangelsk

Libova T. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University

Lozovoy S. — System Security Engineer, Sorrow IT & Telecommunications Co, West Qurna-2 Project

Lukanin A. — Head of the surgical department of the 2nd city clinical hospital of Novosibirsk

Markov A. — Graduate student, Moscow State Technical University named after N.E. Bauman

Matevosyan I. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg Federal State Budgetary Institution State Pediatric Medical University

Moiseenko V. — Military personnel in a military unit, Novochoerkassk

Muminov D. — Bashkir State Medical University, Ufa

Murashev I. — Russian Biotechnological University (Moscow)

Musin N. — Graduate students, National Research Nuclear University «MEPhI»

Musina A. — National Research Nuclear University «MEPhI»

Myakushin S. — Ogarev Mordovia State University

Negodnova E. — Senior lecturer, National Research Mordovia State University

Omarov N. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Panferova V. — Russian Biotechnological University (Moscow)

Paramonova D. — National Research Mordovian State University named after. N.P. Ogareva

Pleshkova K. — National Research Mordovian State University named after. N.P. Ogareva

Plishkina A. — Candidate of Medical Sciences, associate professor, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod

Poletaev V. — RTU MIREA

Popov V. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Northern State Medical University» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation (Arkhangelsk)

Popova N. — Candidate of Medical Sciences, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Northern State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Prokhorovich T. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Radaeva O. — MD (Medicine), professor, National Research Mordovia State University

Rossolko D. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Rukhlyada N. — Doctor of Medical Sciences, Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Ruslyakov A. — Assistant, RTU MIREA

Ryabaya I. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Northern State Medical University» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation (Arkhangelsk)

Safin M. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazan State Energy University

Saidov M. — Medical Academy of Kabardino-Balkarian State University named after. H.M. Berbekov

Salatov Ya. — Far Eastern Federal University, Vladivostok

Sapogov A. — Graduate student, Russian State Social University

Serkezyuk V. — Postgraduate student, South Russian State Polytechnic University named after M.I. Platova

Shalobanov S. — Doctor of Technology, professor, Pacific National University, Khabarovsk

Shatalova A. — Senior lecturer, Financial University under the Government of the Russian Federation

Shirnova G. — Scientific employee of the Institute of Microbiology of the Ministry of Education of the Republic of Azerbaijan, Baku

Shumkov O. — Doctor of Medical Sciences, Prof., Research Institute of Clinical and Experimental Lymphology, branch of the federal state budgetary institution, Federal Research Center. Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk

Shutov Yu. — Doctor of Medical Sciences, Prof., State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Medical State Medical University» of the Ministry of Health of Russia, Novosibirsk

Storojeva V. — Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky (Simferopol)

Sufiyanova A. — Bashkir State Medical University, Ufa

Sulimov D. — Intern researcher, scientific and educational laboratory of artificial intelligence for computational biology, Higher School of Economics, Moscow

Sumarokova A. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Northern State Medical University, Arkhangelsk

Terichev A. — PhD, docent, Ogarev Mordovia State University

Teunikova I. — Assistant, Medical Academy of Kabardino-Balkarian State University named after. H.M. Berbekov

Teuvov A. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Medical Academy of Kabardino-Balkarian State University named after. H.M. Berbekov

Titkov A. — LLC «VashExpert»

Tomueva G. — Institute of Bioresources of the Ministry of Education and Science of the Republic of Azerbaijan, Ganja

Trusov Yu. — Cardiologist, assistant, Samara State Medical University

Tyurina N. — Candidate of Medical Sciences, National Research Mordovian State University. N.P. Ogareva

Vasiliev V. — Candidate of Medical Sciences, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education St. Petersburg State Pediatric Medical University; St. Petersburg State Budgetary Healthcare Institution «City Hospital 9»

Velmakina I. — Candidate of Medical Sciences, associate professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Privolzhsky Research Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Nizhny Novgorod

Veneralova A. — National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod

Verezubova I. — Moscow state academy of veterinary medicine and biotechnology of K.I. Scriabin

Verezubova N. — Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Moscow state academy of veterinary medicine and biotechnology of K.I. Scriabin

Vertunova S. — Far Eastern State Medical University

Veryatin Ya. — Assistant, State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Medical State Medical University» of the Ministry of Health of Russia, Novosibirsk

Vitko Yu. — Far Eastern State Medical University

Vorobtsova I. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University

Vorobyov S. — Candidate of Technical Science, associate professor, South Russian State Polytechnic University named after M.I. Platova

Vokulova Ju. — Candidate of Medical Sciences, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod

Wolf A. — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Tyumen Industrial University

Yanova N. — Candidate of Medical Sciences, associate professor, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod

Zaboeva M. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Tyumen Industrial University

Zhdanov S. — Candidate of Medical Sciences, associate professor, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod

Zhdanova M. — Candidate of Medical Sciences, associate professor, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod

Zhibort E. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Northern State Medical University, Arkhangelsk

Zhulev E. — Doctor of Medical Science, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Privolzhsky Research Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Nizhny Novgorod

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).