

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№2-2 2023 (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

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>

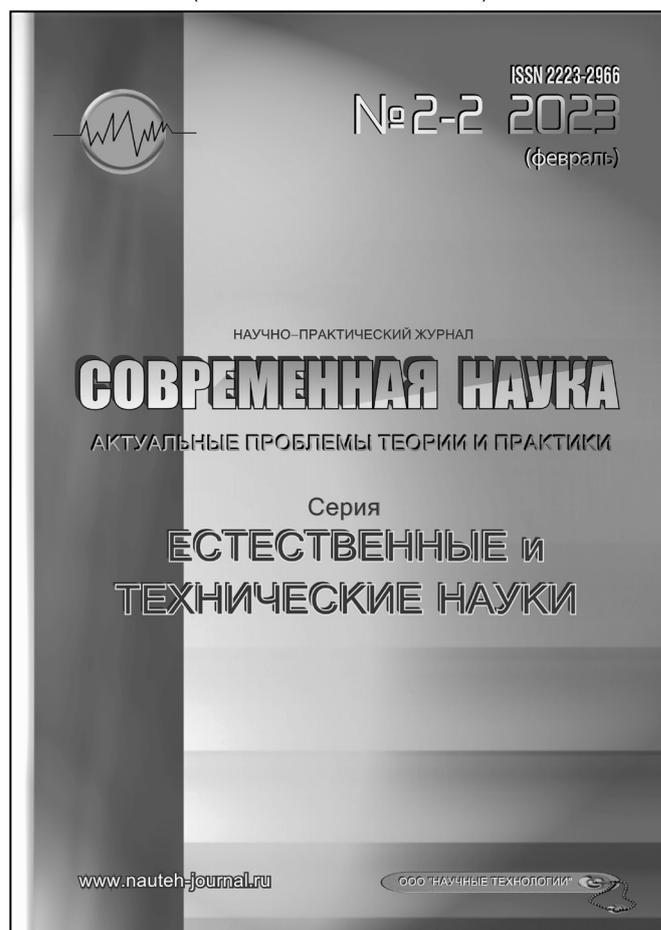
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(BAK – 1.2.2, 1.5.x, 2.3.x, 3.1.x)



В НОМЕРЕ:

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

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

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

Журнал отпечатан в типографии
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296
Подписано в печать 24.02.2023 г. Формат 84x108 1/16
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



Редакционный совет

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Общая биология

Ахмедова А.Б. — Систематический анализ видов деревьев и кустарников, обнаруженных при ex-situ мониторинге в северо-восточной части большого Кавказа

Ahmedova A. — Systematic analysis of tree and shrub species discovered during ex-situ monitoring in the north-eastern part of the greater Caucasus.7

Басуров В.А., Нижегородцев А.А., Сидоренко М.В., Юнина В.П. — Экологические аспекты риска снижения безопасности технических объектов вследствие ошибок оценки их долговечности

Basurov V., Nizhegorodtsev A., Sidorenko M., Yunina V. — Investigation of the risks of reducing the safety of technical facilities due to errors in assessing their durability at the development stage.13

Гончаренко Е.Е., Ксенофонтов Б.С., Березина С.Л. — Эффективность использования микроорганизмов активного ила для очистки производственных сточных вод

Goncharenko Ev., Ksenofontov B., Berezina S. — The effectiveness of the use of activated sludge microorganisms for industrial wastewater treatment. ...18

Кулемин Ю.Е., Куприянов А.Н. — Сравнительная характеристика видов ser. setaceae рода achillea l. (asteraceae) флоры Казахстана

Kulemin Yu., Kuprijanov A. — Comparative characteristics of the species of ser. setaceae of the genus achillea l. (asteraceae) of the flora of Kazakhstan.24

Перебора Е.А. — Экология и биология рода cephalanthera rich. на Северо-Западном Кавказе

Perebora E. — Ecology and biology of the genus cephalanthera rich. in the North-Western Caucasus.29

Саед Манас, Трифонова Т.А., Запруднова Е.А. — Влияние условий проживания на изменение ферментов антиоксидантной защиты КВВ для изучения адаптационного статуса населения Владимирской области

Saed Manas, Trifonova T., Zaprudnova E. — Influence of living conditions on changes in enzymes of antioxidant protection of the CVV to study the adaptation status of the population of the Vladimir region.41

Чуенко Н.Ф., Савченко О.А., Новиков Е.А., Цыбуля Н.В. — Современный способ очистки закрытых помещений с помощью растений

Chuenko N., Savchenko O., Novikov Ev., Tsybulya N. — Modern method of cleaning enclosed spaces with the help of plants.48

Информатика, вычислительная техника и управление

Акимов Д.А., Арбузов В.Н., Сардарян Г.С., Гурьянова Е.О. — Разработка программного обеспечения синтеза разнорасурных изображений для обследования строительных конструкций на наличие критических дефектов

Akimov D., Arbuzov V., Sardaryan G., Guryanova E. — Development of software for the synthesis of multi-angle images for the inspection of building structures for the presence of critical defects.54

Белякова А.В., Ромашкова О.Н. — Методика анализа больших данных для задач управления в дистанционных системах высшего образования

Belyakova A., Romashkova O. — Big data analysis methodology for management tasks in remote higher education systems.61

Боташев Р.А., Шунгаров Х.Д. — Проблема выбора оптимального инвестиционного проекта

Botashev R., Shungarov H. — The problem of choosing the optimal investment project.67

- Гуличева А.А.** — Методы распараллеливания вычислений для конечнообъемных численных методов
Gulichева A. — Methods for paralleling computations for finite-volume numerical methods73
- Долматов Р.А., Сараджишвили С.Э.** — Разработка симулятора сбора данных с датчиков локомотива
Dolmatov R., Saradgishvili S. — Development of a simulator for collecting data78
- Коновалов А.А., Ромашкова О.Н.** — Модель гибкой программной архитектуры для управления региональной системой здравоохранения
Konvalov A., Romashkova O. — A flexible software architecture model for managing a regional healthcare system82
- Корягин С.В., Попова Д.Л.** — Проблемно-ориентированный язык для работы с графами
Koryagin S., Popova D. — Problem-oriented language for working with graphs88
- Ломовцев Р.С., Ромашкова О.Н.** — Методика многомодельной оценки деятельности образовательных организаций на региональном уровне
Lomovtsev R., Romashkova O. — Methodology of multi-model assessment of the activities of educational organizations at the regional level96
- Ма Линь, Афанасьев А.Г., Афанасьев Г.И.** — Компьютерное зрение в интеллектуальных транспортных системах
Ma L., Afanasyev A., Afanasyev G. — Computer vision in intelligent transport systems101
- Мельников Д.В., Врублевский Н.Ф., Петровичев М.А.** — Синтез сигналов управления трехуровневых инверторов в реальном масштабе времени
Melnikov D., Vrublevsky N., Petrovichev M. — Synthesis of control signals of three-level inverters in real time106
- Паначев А.А.** — Структура и алгоритм модельного управления локальными экономическими подсистемами
Panachev A. — Structure and algorithm for model management of local economic systems112
- Ся Тунтун, Афанасьев А.Г., Афанасьев Г.И.** — Искусственный интеллект в стоматологии
Xia T., Afanasyev A., Afanasyev G. — Artificial intelligence in dentistry121
- Тощук С.Н.** — Прогнозы, проблемы и приоритеты обеспечения кибербезопасности интеллектуальных систем учета энергоресурсов
Toschuk S. — Forecasts, problems and priorities of ensuring cyber security of intellectual energy accounting systems128
- Уляшев А.Е., Старцев А.Э.** — Способы определения пропуска шагов шагового двигателя
Ulyashev A., Startsev A. — Methods for determining losing steps of a stepper motor134
- Клиническая медицина
- Атаманов Д.К., Егоров В.А.** — Способ оптимизации подбора имплантатов при выполнении аугментационной маммопластики
Atamanov D., Egorov V. — Optimization of the selection of implants for augmentation mammoplasty145
- Барыльник С.Н., Баркова А.О.** — Особенности проявления посттравматического стрессового расстройства у лиц, участвующих в боевых действиях
Barylnik S., Barkova A. — Features of the manifestation of post-traumatic stress disorder in persons participating in military fighting151
- Бобылев Ю.М., Кошурникова Е.П., Каткова А.В.** — Артериальная гипертензия и фибрилляция предсердий: взаимосвязь с ожирением, ремоделированием левого предсердия и уровнем тиреотропного гормона
Bobylev Yu., Koshurnikova E., Katkova A. — Arterial hypertension and atrial fibrillation: relationship with obesity, left atrial remodeling, and thyroid-stimulating hormone levels155

- Богаевская О.Ю., Сохов С.Т., Косырева Т.Ф., Лазечко М.И., Гридякин И.В., Рыхлевич А.А.** — Оптимизация лечения осложнений местной анестезии в стоматологии
Bogaevskaya O., Sokhov S., Kosyreva T., Lazechko M., Grydyakyn I., Rykhlevich A. — Optimization of treatment of complications of local anesthesia in dentistry161
- Гаджиева А.М., Эседова А.Э., Гаджиева У.А., Мамедов Ф.С.** — Возможные причины невынашивания беременности в условиях наличия хронического эндометрита бактериально-вирусной этиологии
Gadzhieva A., Esedova A., Gadzhieva U., Mamedov F. — Possible causes of miscarriage in the presence of chronic endometritis of bacterial-viral etiology165
- Дивинская В.А., Балакчина А.И., Баландина А.Г., Благовестная Е.И., Середва Е.В., Энзель Д.А.** — Синдром Мьюира-Торре
Divinskaya V., Balakchina A., Balandina A., Blagovestnaya E., Sereda E., Enzel D. — Muir-Torre Syndrome169
- Дьячкова А.А., Барабаш А.В., Дьячкова Е.И., Рябова М.А., Овтина А.В., Прокопьева А.А.** — Эпидемиологическая характеристика заболеваемости и распространенности бронхиальной астмы в республике Мордовия среди взрослого населения
Dyachkova A., Barabash A., Dyachkova E., Ryabova M., Ovtina A., Prokopieva A. — Epidemiological characteristics of the incidence and prevalence of bronchial asthma in the republic of Mordovia among the adult population173
- Есяян М.О., Барова Н.К., Стрюковский А.Е., Старченко В.М., Киселев А.Н.** — Оптимизация комплекса реабилитационных мероприятий у детей с аноректальными агенезиями
Yesayan M., Barova N., Stryukovsky A., Starchenko V., Kiselev A. — Optimization of the complex of rehabilitation measures in children with anorectal atresia178
- Кравченя А.Р., Трушина О.В., Полиданов М.А., Кравченя Д.С.** — Псевдогипопаратиреоз как итог дифференциальной диагностики (клинический случай)
Kravchenya A., Trushina O., Polidanov M., Kravchenya D. — Pseudohypoparathyroidism as a result of differential diagnosis (clinical case)182
- Непрелюк О.А., Ирза О.Л., Непрелюк С.Я., Абибуллаев А.А., Казаков Э.Д., Фейзулаев А.Э., Нараева А.В.** — Влияние методики препарирования на долговечность зубных виниров
Neprelyuk O., Irza O., Neprelyuk S., Abibullaev A., Kazakov E., Feyzulaev A., Narayeva A. — Influence of preparation technique on durability of dental veneers185
- Палютина Е.Ю., Козловская И.А., Тихомирова М.Д., Богатинова Т.А.** — Структура врожденных пороков развития плода, эффективность диагностики и их вклад в структуру младенческой заболеваемости за 2019–2021 год на базе Областного перинатального центра г. Ярославля
Palyutina E., Kozlovskaya I., Tikhomirova M., Bogatinova T. — The structure of congenital malformations of the fetus, the effectiveness of diagnosis and their contribution to the structure of infant morbidity in 2019–2021 on the basis of the Regional Perinatal Center of Yaroslavl190
- Рябов А.Ю., Ибрагимова А.Р., Иванова Т.В., Фёдорова Е.В., Целкович Л.С., Балтер Р.Б., Тюмина О.В.** — Особенности течения беременности у женщин с умеренным алиментарным ожирением
Ryabov A., Ibragimova A., Ivanova T., Fedorova E., Tselkovich L., Balter R., Tyumina O. — Features of the course of pregnancy in women with moderate alimentary obesity195
- Смирнова А.П., Зимогляд О.Е., Никитина А.А., Марина Е.А.** — Синдром разбитого сердца. современные представления об этиологии, патогенезе и критериях диагностики
Smirnova A., Winterglade O., Nikitina A., Marina E. — Broken heart syndrome. modern ideas about etiology, pathogenesis and diagnostic criteria202

Творогов Д.А., Мовчан К.Н., Ярцев М.М., Повалий К.И. — Об актуальности поиска критериев объективности оценки качества хирургической помощи больным желудочно-кишечным кровотечением (обзор литературы)	Ховайко В.А., Давыдова О.Б. — Основные аспекты диагностики пациентов с миофасциальным болевым синдромом лица и дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава при затрудненном прорезывании третьих моляров верхней челюсти
<i>Tvorogov D., Movchan K., Yartsev M., Povaliy K.</i> — About the topicality of search for objective criteria for quality evaluation of surgical help for patients with gastrointestinal bleeding (bibliography)	208
Теунов А.А., Ловпаче З.Н., Базиев А.М., Теуникова И.С., Плакадугова М.Х. — Расхождение клинических данных при воспалении верхнечелюстных пазух и данных КТ придаточных пазух носа	Khovayko V., Davydova O. — The main aspects of the diagnosis of patients with myofascial facial pain syndrome and temporomandibular joint dysfunction with difficult eruption of the third molars of the upper jaw
<i>Teunov A., Lovpache Z., Baziev A., Teunikova I., Plakadugova M.</i> — Discrepancy between clinical data in inflammation of the maxillary sinuses and CT data of the paranasal sinuses	231
Фищев С.Б., Климов А.Г., Севастьянов А.В., Шторина А.А., Пуздырева М.Н., Рожкова М.Г., Павлова С.Г., Галстян С.Г. — Оценка результатов исследования размеров зубов у людей с нормодонтными долихогнатическими зубными дугами	Шукуров И.Х., Джуракулов Ш.Р., Ступин В.А. — Современные подходы к эндоваскулярной реваскуляризации острой ишемии нижних конечностей у пациентов с covid-19 (обзор литературы)
<i>Fischev S., Klimov A., Sevastyanov A., Shtorina A., Puzdyreva M., Rozhkova M., Pavlova S., Galstyan S.</i> — Evaluation of the results of the study of tooth sizes in people with normodont dolichognathic dental arches	236
	Информация
	Наши авторы. Our Authors
	243
	Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале
	248

СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВИДОВ ДЕРЕВЬЕВ И КУСТАРНИКОВ, ОБНАРУЖЕННЫХ ПРИ EX-SITU МОНИТОРИНГЕ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БОЛЬШОГО КАВКАЗА

SYSTEMATIC ANALYSIS OF TREE AND SHRUB SPECIES DISCOVERED DURING EX-SITU MONITORING IN THE NORTH-EASTERN PART OF THE GREATER CAUCASUS

A. Ahmedova

Summary. Recently, due to the imbalance and deterioration of the ecological situation, the processes of degradation of the soil and vegetation cover of the biocenosis are intensifying. From this point of view, in order to protect the environment, it is of great importance to study the cultural dendroflora of the regions, including the northeastern part of the Greater Caucasus, to conduct monitoring and scientific research. As a result of the research, it was found that 115 species of trees and shrubs are distributed in the northeastern part of the Greater Caucasus under ex-situ conditions and they are grouped into 78 genera, 41 families and 27 orders.

Keywords: Greater Caucasus, cultural conditions, dendroflora, monitoring, species composition.

Ахмедова Айнур Барат

Ассистент, Сумгаитский Государственный
Университет, Азербайджанская Республика, г. Сумгаит
ehmedovaaynur19888@gmail.com

Аннотация. В последнее время в связи с нарушением баланса и ухудшением экологической обстановки усиливаются процессы деградации почвы и растительного покрова биоценоза. С этой точки зрения в целях охраны окружающей среды большое значение имеет изучение культурной дендрофлоры регионов, в том числе северо-восточной части Большого Кавказа, проведение мониторинга и научных исследований. В результате проведенных исследований установлено, что в северо-восточной части Большого Кавказа распространено 115 видов деревьев и кустарников в условиях ex-situ и они сгруппированы в 78 родах, 41 семействе и 27 порядках.

Ключевые слова: Большой Кавказ, культурные условия, дендрофлора, мониторинг, видовой состав.

Закон «О Государственной Программе эффективно-го использования в Азербайджанской Республике летне-зимних пастбищ, косилок и предотвращения опустынивания», утвержденный указом Президента страны от 22 мая 2004 года и принятые другие указы (2006, 2020) Президента Азербайджанской Республики — «План Действий и Национальная Стратегия по Охране Биоразнообразия и Устойчивому Использованию в Азербайджанской Республике» поставили такие задачи, как создание и проведение необходимых условий для проведения научных исследований.

Материал исследования составляют 115 видов деревьев и кустарников, распространенных в культурной дендрофлоре северо-восточной части Большого Кавказа. Исследования проводились в 2016–2018 гг. в парках северо-восточной части Большого Кавказа (в парке, расположенном на Центральной площади г. Губы, в парке им. Низами в г. Губе, в парке на территории комплекса «ASAN хаят» г. Губы, в парке имени Наримана Нариманова в Гусарах, парк -музей Гейдара Алиева в Хачмазе, Парке

Деятелей Культуры в Хачмазе, Парке Ченлибея в Хачмазе, Парке фонтанов в Хачмазе), во дворах ряд больниц и поликлиник (Хачмазская Центральная Больница и Центр Здоровья Семьи). Классификация изучаемых растений дана по APG IV [6] ., Classification USPA Plants [7] ., названия растений согласно флоре Азербайджана [4] ., «Флора СССР» [5] ., латинские названия растений проверены по С.К. Черепанову [2–3]. и А.М. Аскерову [1] .

Система APG IV является четвертой версией систематической классификации и выпущена в 2016 году. По сравнению с системой APG III система APG IV включает 64 отряда и 416 семейств, включающих пять новых отрядов (Broginales, Dilleniales, Icaciniales, Metteniusales, Vahliales). При систематическом анализе некоторых родов, обнаруженных в ходе мониторинга, мы обнаружили, что они в система APG IV размещены в разных семействах. Например, род *Acer* L. входит не в семейство Aceraceae, а в семейство Sapindaceae Juss., род *Tilia* L. входит не в семейство Tiliaceae, а — Malvaceae Juss., род *Celtis* L. включён не в семейство Celtidaceae Link., а в семейство Cannabaceae. Cupressaceae Bartlett.

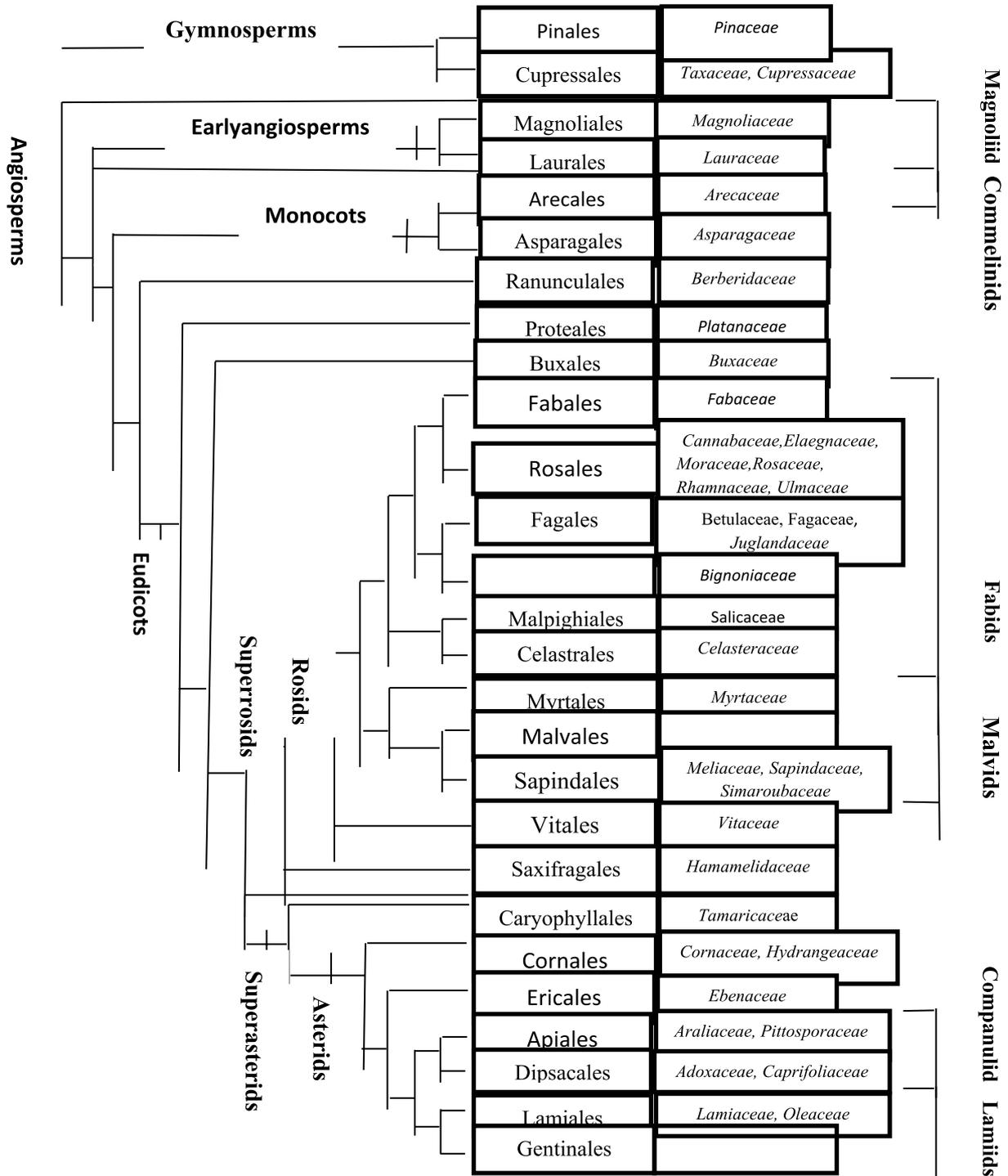


Рис. 1. Систематический структура обнаруженных растений

и *Taxaceae* F. Gray по системе APG IV включены в отряд Cupressales.

При анализе результатов исследований установлено, что 115 видов деревьев и кустарников в условиях ex-situ сгруппированы в 78 родах, 41 семействе

и 27 порядках. Из них в отдел Gymnosperms отнесены 2 порядка, 3 семейства, 7 родов, 15 видов, в отдел Angiosperms — 25 порядка, 38 семейств, 71 род, 100 видов. Роды и семейства, в которые входят виды, приведены в таблице, а систематический анализ высших категорий указаны в схеме 1.

Таблица 1. Систематический состав интродуцированных растений исследуемого региона

Gymnosperms		Angiosperms	
1	2	1	2
I 1 1 2	Taxaceae F. Gray Taxus L. Taxus baccata L. Taxus cuspidata Sieb. et Zucc.	IV 8. 16. 9. 17.	Asparagaceae Endl. Agave L. Agave americana L. Yucca L. Yucca recurvifolia Salib.
II 2. 3. 4. 5. 3 6. 4. 7.	Pinaceae Lindl. Pinus L. Pinus eldarica Medw. Pinus halepensis Mill. Pinus pinea L. Abies Mill. Abies nordmanniana Spach. Cedrus Mill. Cedrus libani A. Rich.	V 10. 18. VI 11. 19. VII 12. 20. 21.	Adoxaceae E. Mey. Viburnum L. Viburnum tinus L. Apocynaceae Juss. Nerium L. Nerium oliander L. Araliaceae Juss. Hedera L. Hedera colchica C. Koch Hedera helix L.
III 5. 8. 9. 10. 11. 12 6. 13. 7. 14. 15.	Cupressaceae Bartlett. Cupressus L. Cupressus arizonica Greene Cupressus sempervirens L. Cupressus sempervirens L. var. horizontalis (Mill). Gord. Cupressus sempervirens L. var. pyramidalis Targ. Cupressus x leylandii A.B. Jacks & Dallim Thuja (L.) Tourn. Thuja orientalis L. Juniperus L. Juniperus sabina L. Juniperus communis L.	VIII 13. 22. 14. 23. 15. 24. IX 16. 25. 26. 17. 27 X 18. 28	Arecaceae Bercht & C. Presl Phoenix L. Phoenix dactylifera L. Trachycarpus H. Wendl. Trachycarpus excelsa Hort. Washingtonia H. Wendl. Washingtonia filifera H. Wendl. Berberidaceae Juss. Berberis L. Berberis thunbergii DC. Berberis vulgaris L. Mahonia Nutt. Mahonia aquifolium Nutt. Betulaceae S.F. Gray Caprinus L. Caprinus betulus L.
Angiosperms			
XI 19. 29. 20. 30.	Bignoniaceae Juss. Campsis Lour. Tecoma radicans (L.) Seem. Catalpa Scop. Catalpa bignonioides Walt.	XIV 24. 36.	Celtidaceae Link Celtis L. Celtis caucasica Willd.
XII 21. 31.	Buxaceae Dumort. Buxus L. Buxus sempervirens L.	XV 25. 37.	Celastraceae Lindl. Euonymus L. Euonymus japonicus Trunb.
XIII 22. 32. 23. 33. 34. 35.	Caprifoliaceae Vent. Abelia L. Abelia grandiflora Rehd. Lonicera L. Lonicera japonica Thunb. Lonicera caucasica Pall. Lonicera caprifolium L.	XVI 26. 38. XVII 27. 39.	Cornaceae Dumort. Cornus L. Cornus mas L. Ebenaceae Vent. Diospyros L. Diospyros lotus L.

Таблица 1 (продолжение). Систематический состав интродуцированных растений исследуемого региона

Gymnosperms		Angiosperms	
1	2	1	2
XVIII 28. 40.	Elaeagnaceae Juss. Elaeagnus L. Elaeagnus angustifolia L.	XXIX 48. 64.	Moraceae Lindl. Broussonetia L. Herit. Broussonetia papyrifera (L.) L. Herit.
XIX 29. 41. 30. 42. 31. 43. 32. 44. 33. 45. 46. 34. 47. 35. 48.	Fabaceae Lindl. Acacia Willd. Acacia dealbata Link. Albizia Durazz. Albizia julibrissin Durazz. Cercis L. Cercis siliguastrum L. Gleditsia L. Gleditsia triacanthos L. Colutea L. Colutea arborensis L. Colutea orientalis Mill. Robinia L. Robinia pseudoacacia L. Sophora L. Sophora japonica L.	49. 65. 66. 50. 67. 51. 68. 69. 70.	Ficus L. Ficus carica L. Ficus hyrcana A. Grossh. Maclura Nutt. Maclurapomifera (Raf.) Schn Morus L. Morus alba L. Morus nigra L. Morus rubra L.
XX 36. 49. 37. 50. 51. 52. 53.	Fagaceae Dumort. Castanea Mill. Castanea sativa Mill. Quercus L. Quercus macranthera Fisch. et C.A. Mey. Quercus ilex L. Quercus castaneifolia C.A. Mey. Quercus iberica M. Bieb.	XXX 52. 71. 72.	Myrtaceae R.Br. Eucalyptus L. Her. Eucalyptus albens Benth. Eucalyptus leucoxylon F. Muell.
XXI 38. 54.	Hamamelidaceae R. Br. Parrotia C.A. Mey. Parrotia persica (DC.) C.A. Mey.	XXXI 53. 73. 74. 75. 54. 76. 55. 77. 56. 78. 79. 57. 80.	Oleaceae Hoffm. et Link Fraxinus L. Fraxinus excelsior L. Fraxinus velutina Torr. Fraxinus malacophylla Hemsl. Olea L. Olea europaea L. Jasminum L. Jasminum nudiflorum Lindl. Ligustrum L. Ligustrum japonicum Thunb. Ligustrum vulgare L. Syringa L. Syringa vulgaris L.
XXII 39. 55.	Hydrangeaceae Dumort. Hydrangea L. Hydrangea paniculata Sieb.	XXXII 58. 81.	Pittosporaceae Lindl. Pittosporum Dryand. Pittosporum tobira Dryand.
XXIII 40. 56.	Juglandaceae DC. ex Perleb Juglans L. Juglans regia L.	XXXIII 59. 82.	Platanaceae Dumort. Platanus L. Platanus orientalis L.
XXIV 41. 57. 42. 58.	Lamiaceae Martinov Vitex L. Vitex negundo L. Rosmarinus L. Rosmarinus officinalis L.	XXXIV 60. 83. 84. 85. 86. 87. 61. 88.	Rosaceae Juss. Prunus Mill. Prunus armeniaca L. Prunus dulcis Mill. Prunus padus L. Prunus domestica L. Prunus persica (L.) Batsch Malus Mill. Malus silvestris Mill.
XXV 43. 59.	Lauraceae Lindl. Laurus L. Laurus nobilis L.	89. 62. 90.	Malus domestica Borkh. Pyrus L. Pyrus salicifolia Pall.
XXVI 44. 60.	Magnoliceae C. St. Hil. Magnolia L. Magnolia grandiflora L.	91. 92. 63. 93. 94.	Pyrus caucasica Fed. Pyrus communis L. Cotoneaster Medik. Cotoneaster horizontalis Decne. Cotoneaster melanocarpus Load.
XXVII 45. 61. 46. 62.	Malvaceae Juss. Hibiscus L. Hibiscus syriacus L. Tilia L. Tilia caucasica Rupr.	64. 95. 65. 96.	Crataegus L. Crataegus monogyna Jacq. Cydonia Mill. Cydonia oblonga Mill.
XXVIII 47. 63.	Meliaceae Juss. Melia L. Melia azedarach L.		

Таблица 1 (продолжение). Систематический состав интродуцированных растений исследуемого региона

Gymnosperms		Angiosperms	
1	2	1	2
66.	Mespilus L.	XXXVIII	Simaroubaceae DC.
97.	Mespilus germanica L.	74	Ailanthus Desf.
67.	Spiraea L.	110.	Ailanthus altissima (Mill.) Swingle
98.	Spiraea vanhouttei (Briot) Zbl.		
68.	Pyracantha Roem.		
99.	Pyracantha coccinea Roem.		
69.	Eriobotrya Lindl.		
100	Eriobotrya japonica Lindl.		
XXXV	Rhamnaceae R.Br.	XXXIX	Tamaricaceae Lindl.
70.	Rhamnus L.	75.	Tamarix L.
101.	Rhamnus alaternus L.	111.	Tamarix tetrandra Pall.
XXXVI	Sapindaceae Juss.	XXXX	Ulmaceae Mirb.
71.	Acer L.	76.	Ulmus L.
102.	Acer campestre L.	112.	Ulmus parvifolia Jacq.
103.	Acer velutinum Boiss.	113.	Ulmus minor Mill. Cilib.
104.	Acer pseudoplatanus L.	77.	Zelkova Spach.
105.	Acer laetum C.A.Mey.	114.	Zelkowacarpinifolia (Pall.) G.Koch
XXXVII	Salicaceae Lindl.	XXXI	Vitaceae Juss.
72.	Salix L.	78.	Vitis L.
106.	Salix babylonica L.	115.	Vitis sylvestris Gmel.
107.	Salix caprea L.		
73.	Populus L.		
108.	Populus hyrcana Grossh.		
109.	Populus euphratica Oli vie		

Полученные результаты показали, что на изучаемой территории порядки, представленные наибольшим количеством семейств являются: Rosales — 6 семейств, Sapindales, Fagales и Cupressales — 3 семействами каждый, Cornales, Apiales, Dipsacales — двумя семействами каждый, а остальные порядки были включены в одно семейство (табл. 1). Представленные наибольшим числом видов и родов 6 семейств (Rosaceae R. Br., Fabaceae Lindl., Oleaceae Hoffm & Link, Moraceae Lindl., Cupressaceae F.W. Neger, Pinaceae Lindl.) включают 54 вида, что составляет 47% культивируемой дендрофлоры. Семейство *Rosaceae*, занимающее первое место и представленное большим количеством видов, включает 18 видов из 10 родов. Это семейство является наиболее богатым по видовому составу семейством древесных растений и широко распространено почти во всех умеренных районах Голарктической экологической зоны.

В отношении представленности числом видов и родов, формирующих культурную дендрофлору изучаемого региона, семейство *Fabaceae*, включающее 8 вид из 7 родов, занимает второе место. В целом это семейство является одним из крупнейших семейств цветковых растений. Археологические и палеонтологические исследования окаменелостей пыльцы и других морфологических органов указывают на то, что происхождение

этого семейства берет начало с мелового и палеоценового (65 млн. лет назад) периодов. Также таксоны, принадлежащие к этому семейству, привлекали внимание людей с точки зрения их декоративности и использования в ряде областей промышленности, и в связи с этим они вошли в ряд ведущих семейств по числу видов, формирующих культурную дендрофлору. Таксоны же третьей позиции, принадлежащие к семейству *Oleaceae* и имеющие большое количество высокодекоративных видов, с древних времен используются в озеленении, так как эти растения являются декоративными и ранецветущими. Частое использование этих растений в ландшафтной архитектуре в 70–80-х годах, привело к их широкому распространению. В культурной дендрофлоре исследуемого региона это семейство представлено 8 видами, относящимися к 5 родам.

Очередное 4-е место занимает семейство *Moraceae*. 7 видов, относящихся к 4 родам данного семейства являются частью (8,5%) таксономического состава дендрофлоры исследуемого региона.

Виды семейства *Pinaceae*, отличающиеся небольшим числом родов, благодаря своей декоративности, высоким древесным качествам и фитосанитарной роли широко используются в озеленительно-ландшафтных работах и в лесном хозяйстве. В культурной дендрофлоре

ре семейство Pinaceae было представлено 5 видами, относящимися к 3 родам, а семейство Cupressaceae — 8 видами, относящимися к 3 родам. В целом в Азербайджане, в том числе и в изучаемом регионе, таксоны этих двух семейств выделяются среди современных голо-семенных растений и широко используются в работах по озеленению.

Было установлено, что остальные семейства, формирующие культурную дендрофлору региона исследований, представлены 1–3 родами. Среди родов по числу видов преимуществом обладали роды *Prunus* Mill. (5), *Cupressus* L. (4), *Quercus* L. (4), *Acer* L. (4), *Pinus* L. (3), *Morus* L. (3), *Fraxinus* L. (3), *Pyrus* L. (3) и *Lonicera* L. (3).

Результаты проведенных анализов показали, что в исследуемой дендрофлоре района исследований выявлены виды (21 вид) 14 семейств (*Asparagaceae* Endl., *Adoxaceae* E. Mey., *Apocynaceae* Juss., *Arecaceae* Bercht&C.Presl, *Bignoniaceae* Juss., *Celastraceae* Lindl., *Hydrangeaceae* Dumort., *Lamiaceae* Martinov., *Lauraceae* Lindl., *Magnoliceae* C. St.Hill., *Meliaceae*

Juss., *Myrtaceae* R. Br., *Pittosporaceae* Lindl., *Simaroubaceae* DC.), не входящих в естественную флору нашей.

Большинство исследованных видов являются элементами умеренных районов Центральной Юго-Восточной Европы, Кавказа (*Taxus baccata*, *Berberis thunbergii*, *Crataegus monogina*, *Caprinus betulus* и др.) или тех же умеренных регионов Восточной Азии (*Lonicera japonica*, *Euonymus japonicus*, *Broussonetia papyrifera*, *Ligustrum japonicum*). Наряду с указанными выше, в составе изучаемых растений существуют также таксоны, распространенные в восточной части Северной Америки (*Magnolia grandiflora*, *Gleditschia triacanthos*), а также в южной части этого региона, такие как *Tecoma radicans* *Catalpa bignonioides*. Эти таксоны широко используются в работах по озеленению во многих регионах Азербайджана. Проведенные исследования показывают, что эти растения, привезенные из теплых, умеренных климатических зон разных стран мира, имеют широкие возможности интродукции в нашей республике в районах с благоприятствующими экологическими условиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аскеров А.М. Высшие растения Азербайджана. Конспект флоры Азербайджана: — Баку: Вяз, — 2010. — 184 с.
2. Черепанов, С.К. Сосудистые растения СССР/ С.К. Черепанов -Л.: Наука, — 1981. — 509 с.
3. Черепанов, С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. /С.К. Черепанов -С. Петербург: Мир и семья-95, — 1995. — 992 с.
4. Флора Азербайджана. В 8 томах. Баку: АН Азерб. ССР, 1950–1961
5. Флора СССР. В 30 томах. М. — Л.: 1934–1960
6. Systems APG IV [Electron resurs] URL: [https:// ru.wikipedia. org /wiki/ APG IV](https://ru.wikipedia.org/wiki/APG_IV)

© Ахмедова Айнур Барат (ehmedovaaynur19888@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

DOI 10.37882/2223-2966.2023.02-2.06

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РИСКА СНИЖЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ВСЛЕДСТВИЕ ОШИБОК ОЦЕНКИ ИХ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

INVESTIGATION OF THE RISKS OF REDUCING THE SAFETY OF TECHNICAL FACILITIES DUE TO ERRORS IN ASSESSING THEIR DURABILITY AT THE DEVELOPMENT STAGE

V. Basurov
A. Nizhegorodtsev
M. Sidorenko
V. Yunina

Summary. The article is devoted to the consideration of environmental aspects of the risk of reducing the safety of technical objects due to errors in assessing their durability. Special attention is paid to the risks when creating models of equipment, which are associated with the loss of relevance of regulatory documents regulating climatic zoning for technical purposes due to global climate change. The features of accelerated climatic tests are also described, which provide forced aging of materials due to the action of elevated temperature and humidity, cyclic zero crossings, etc. Perspective options for solving the problem with the obsolescence of versions of zoning of territories, depending on climatic conditions, are indicated.

Keywords: changing of the climate, climatic zoning, climatic tests, security, technics, risk.

Басуров Владимир Адольфович

Кандидат биологических наук, Национальный
исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского
basurov@mail.ru

Нижегородцев Александр Александрович

Кандидат биологических наук, Национальный
исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского
ecotox@mail.ru

Сидоренко Михаил Владимирович

Кандидат биологических наук, Национальный
исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского
Eco_smv@mail.ru

Юнина Валентина Петровна

Старший преподаватель, Национальный
исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского
Ecocenter_nngu@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению экологических аспектов риска снижения безопасности технических объектов вследствие ошибок оценки их долговечности. Отдельное внимание уделено рискам при создании образцов техники, которые связаны с утратой актуальности нормативных документов, которые регламентируют для технических целей климатическое районирование. Также описаны особенности ускоренных климатических испытаний, которые обеспечивают форсированное старение материалов за счёт действия повышенной температуры и влажности, циклических переходов через ноль и т.д. Обозначены перспективные варианты решения проблемы с устареванием версий районирования территорий, в зависимости от климатических условий.

Ключевые слова: климатическое районирование; изменение климата; климатические испытания; техника; риск; безопасность.

Глобальные климатические изменения на нашей планете являются прямым следствием человеческой деятельности. Актуальность исследования данных процессов и прогноза возможных последствий на сегодняшний день не вызывает сомнений. Однако в современных условиях объектом прогноза, как правило, является собственно изменение климата, его характер и возможные значения основных параметров, влияющих на качество жизни человека. В области безопасности наибольший интерес при этом вызывают

изменения, связанные с возможностью производства продуктов питания, риски возникновения опасных природных явлений, изменение уровня мирового океана и т.д. Гораздо меньше внимания уделяется обратному влиянию данного процесса на технические устройства и их безопасность. Однако, как показывает анализ, такая обратная связь существует и, в некоторых случаях, может приводить к серьёзным последствиям, поскольку среда обитания человека формируется так же и совокупностью технических устройств, с которыми

он прямо или косвенно взаимодействует. Настоящая статья посвящена исследованию одного из аспектов такого влияния — корректности прогнозирования изменения характеристик образцов техники в процессе длительной эксплуатации, проводимая на этапе их разработки.

Опасная погода представляет опасность для многих видов технических объектов. Например, используемые на объектах горючие производственные материалы могут содержать химическую основу, нефть и газ, соединения на основе углерода для покрытия древесины, взрывчатые вещества, энергетические материалы и многое другое. Таким образом, молния и суровая погода является первоочередной угрозой для способности объекта быть устойчивым и работоспособным. Однако наряду с работоспособностью, объект должен сохранять и безопасность, как свойство отсутствия недопустимого риска при его использовании по назначению. В противном случае потребительские свойства (качество) объекта теряют своё практическое значение.

В наиболее общей постановке можно абстрагироваться от конкретных технических объектов и конкретных характеристик. Однако при этом следует понимать, что в интересах настоящего исследования наибольший интерес представляют объекты повышенной опасности и их характеристики, непосредственно связанные с формированием рисков техногенных аварий и катастроф.

Очевидно, что работоспособность и безопасность должны находиться на минимально допустимом уровне на протяжении всего срока службы объекта, что в технике безопасности характеризуется понятием долговечности, которая является одним из ключевых элементов надёжности [1]. Оценка долговечности проводится на этапе разработки объекта, как теоретическим, так и опытным путём. Наиболее информативным является опытная эксплуатация (опытное хранение) изделий в характерных условиях применения. Подобные виды испытаний достаточно широко применяются для материалов и защитных покрытий, которые используются в составе многих технических объектов различного назначения. Высокая актуальность подобных исследований обуславливает постоянное совершенствование методов их проведения [2]. Однако сами технические объекты далеко не всегда подвергаются подобным испытаниям.

В случае, если изделие имеет достаточно продолжительный срок службы (несколько десятков лет), тогда возможность непосредственной прямой оценки в какой степени объекты смогут сохранять свою долговечность еще на стадии их разработки является за-

труднительно задачей. Особенно это касается объектов с относительно коротким сроком разработки. В данном случае, эксперты в большинстве своем используют ускоренные испытания, благодаря которым можно за достаточно короткий промежуток времени проследить старение объекта, эквивалентное его состоянию на протяжении всего срока службы. Однако, в ходе использования таких методов значительно повышаются риски, связанные с ошибками, неточностями установления параметров ускоренных испытаний [3].

Одним из таких видов испытаний являются ускоренные климатические испытания (УКИ). Благодаря им можно осуществить форсированное, контролируемое старение материалов вследствие действия повышенной влажности или температуры, циклических переходов через ноль и т.д. Одним из основных элементов УКИ является ускоренное температурно-влажностное старение.

Продолжительность ускоренного температурно-влажностного старения можно представить следующей зависимостью:

$$t_y = \frac{a_0}{a_y} \exp\left(-\frac{E}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_y}\right)\right) t_c,$$

где E — коэффициент, который характеризует способность материала изменять свой ключевой показатель под воздействием температуры в ходе старения, Дж/моль;

T_y — температура в период ускоренных испытаний, К;

R — универсальная газовая постоянная (8,319 Дж/моль К);

T_0 — эквивалентная температура, К;

a_0 — эквивалентная относительная влажность, %;

a_y — относительная влажность в период ускоренных испытаний, %;

t_y — время ускоренного старения, час;

t_c — срок службы, который имитируется час.

В случае, если годовой цикл разделяется на несколько периодов, характеризующихся некоторыми собственными значениями эквивалентной температуры и влажности, то для определения продолжительности ускоренного температурно-влажностного старения проводится суммирование по всем рассматриваемым периодам цикла. Однако это принципиально не изменяет общего подхода в рассматриваемом исследовании.

При наличии нескольких составных частей изделия и (или) ряда индикаторов, эквивалентная темпе-

ратура рассчитывается для максимального значения *E*. Это приводит к некоторой избыточности нагружения остальных частей, однако позволяет создать наиболее неблагоприятные условия для оценки и обеспечить некоторый «запас прочности».

Таким образом, чтобы время ускоренного старения было определено правильно необходимо найти энергию активации (которая представляет собой свойство испытываемого объекта), относительную влажность и эквивалентную температуру (являются свойствами климатической зоны эксплуатации). Определение энергии активации является задачей каждого конкретного исследования при разработке нового изделия. А определение эквивалентной температуры и относительной влажности носят более общий характер, так как должны определяться нормативными документами для каждого конкретного климатического района эксплуатации в соответствии с принятыми на сегодняшний день подходами к климатическому районированию для технических целей. Следовательно, ошибки, связанные с их определением, будут систематическими для всех технических объектов, создаваемых в период действия соответствующих нормативных документов.

Основополагающие принципы климатического районирования в нашей стране были заложены в 60-х годах прошлого века [4]. Однако до настоящего времени идёт совершенствование этих принципов с целью повышения эффективности практического использования результатов такого районирования для конкретных целей [5]. Это говорит о динамичности процессе формирования нормативных документов в данной предметной области и возможности наличия методических ошибок, связанных с этим.

Нормативным документом, который регламентирует климатическое районирование в технической области, является разработанный более 40 лет назад ГОСТ 16350–80 [6]. В нем содержится детальная информация о климатических условиях в разных частях мира, зафиксированная в ГОСТ 15150–69 [7], имеющем «возраст» более 50 лет. Обозначенный акты разработаны на основе информации, полученной в ходе многолетних наблюдений. Однако к настоящему времени можно констатировать высокую вероятность их устаревания, повышающуюся с интенсификацией процессов глобальных климатических изменений.

Для каждого из выделенных климатических районов определена влажность воздуха, эквивалентные температуры, которые необходимо использовать для установления периода ускоренного старения. Самым распространённым общеклиматическим использованием техники является ее эксплуатация в разных кли-

матических условиях. В данном случае выбирается самый неблагоприятный район из всего возможного диапазона допустимых районов эксплуатации.

Хотя потепление климата не является равномерным по всей планете, тенденция к росту среднемировой температуры показывает, что в большем количестве районов земли происходит потепление, а не похолодание. Согласно Ежегодному климатическому отчету NOAA за 2021 год, с 1880 года совокупная температура суши и океана повышалась в среднем на 0,08 градуса по Цельсию за десятилетие; однако с 1981 года средняя скорость повышения увеличилась более чем в два раза и достигла отметки 0,18 °C за десятилетие.

Аномалии средней температуры поверхности суши и океана за 2011–2020 годы позволяют сделать вывод о том, что это десятилетие стало самым теплым в истории земного шара, когда температура поверхности Земли на +0,82 °C превысила среднее значение 20-го века. Это превзошло предыдущий рекорд десятилетия (2001–2010 гг.), составивший +0,62 °C. Температура поверхности суши и океана в Северном полушарии в 2020 году была самой высокой за 141 год наблюдений на +1,28 °C.

2020 год характеризовался более теплыми, чем в среднем, температурами на большей части земного шара. Рекордно высокие годовые температуры на поверхности суши и океана были зафиксированы в Европе, Азии, южной части Северной Америки, Южной Америке, а также в Атлантическом, Индийском и Тихом океанах. Однако ни в одном из районов суши или океана не было зафиксировано рекордно низких температур за год.

В Европе самый теплый год за всю историю наблюдений был на 2,16 °C выше среднего, превысив предыдущий рекорд, установленный в 2018 году, на 0,28 °C. Это также был первый год, когда годовое отклонение температуры в Европе превысило +2,0 °C. Все годы с 2014 по 2020 год входят в число семи самых теплых лет в Европе за всю историю наблюдений, а 10 самых теплых лет произошли с 2000 года.

Согласно информации Росгидромета [8] скорость повышения осредненной по территории РФ средней температуры за период 1976–2020 гг. составила 0,51 °C/10.

Результатом этого, в наиболее общих случаях, могут быть:

- ◆ потеря защитных свойств покрытий, преград и т.д.;
- ◆ потеря механической прочности (несущей способности) элементов конструкции;
- ◆ потеря химической стойкости материалов и т.д.

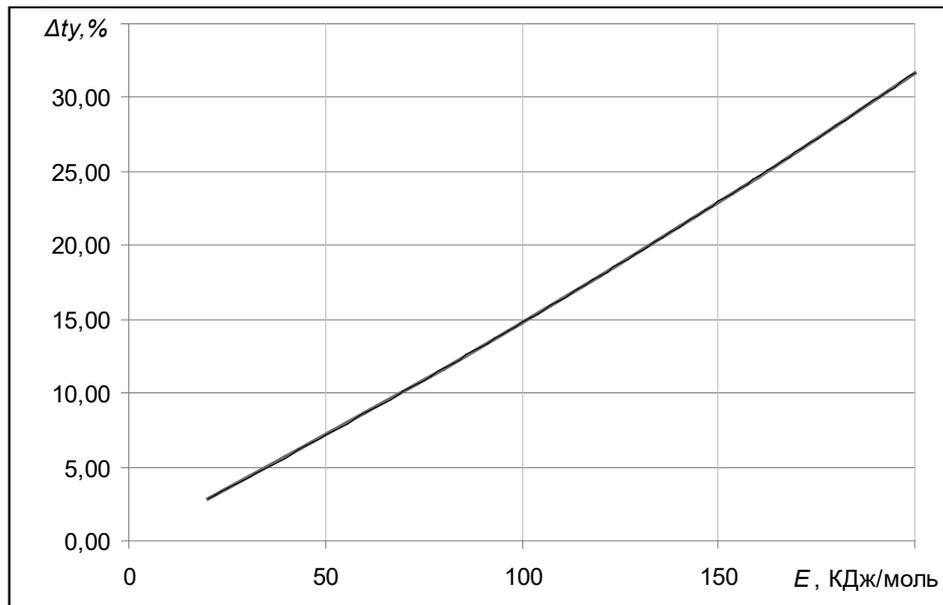


Рис. 1. Зависимость относительного изменения длительности УКИ $t_y, \%$ от энергией активации $E, \text{кДж/моль}$ при увеличении эквивалентной температуры на один градус

Очевидно, что связанные с этими процессами риски увеличиваются с увеличением ошибки. Величина потенциальной ошибки зависит от меры чувствительности объекта к факторам ускоренного старения. В качестве примера используем объект срок службы которого составляет 15 лет. Температура ускоренных испытаний принята равной $+60\text{ }^\circ\text{C}$ (333K), а эквивалентная температура 295K . Для оценки влияния ошибки определения эквивалентной температуры на длительность ускоренных испытаний (без учёта относительной влажности) была построена зависимость относительного изменения длительности УКИ $\Delta t_y, \%$ от энергией активации $E, \text{кДж/моль}$ при увеличении эквивалентной температуры на один градус, представленная на рисунке 1.

При этом следует отметить, что представление зависимости Δt_y от энергии активации E в безразмерном виде (в %) делает её величину независимой от рассматриваемого срока службы. Таким образом, график на рисунке 1 может быть использован для технического объекта с любым сроком службы.

Анализ данной зависимости показывает, что чувствительность величины t_y к ошибке определения эквивалентной температуры нелинейно возрастает с увеличением энергии активации. Например, длительность ускоренных испытаний объекта с энергией активации 120 кДж/моль при изменении эквивалентной температуры на один градус возрастает с 20,7 до 24,4 суток, что составляет около 18% и является существен-

ной ошибкой. Если энергия активации будет в два раза ниже, то ошибка не будет превышать 8%. Это очевидно, поскольку энергия активации характеризует интенсивность изменений, происходящих в материале (объекте) при изменении температуры и влажности.

Зависимость, представленная на рисунке 1, хорошо аппроксимируется полиномом третьей степени вида

$$\Delta t_y = 4,98 \cdot 10^{-8} E^3 + 9,39 \cdot 10^{-5} E^2 + 0,1377 E$$

При этом свободный член полинома считается равным нулю из соображений сохранения физического смысла зависимости. С достаточной для инженерных расчётов точностью зависимость можно считать линейной ввиду малости коэффициентов, стоящих при второй и третьей степенях аргумента. Таким образом, задаваясь допустимой ошибкой определения Δt_y можно определять энергию активации, при которой обеспечивается не превышение данной ошибки.

Аналогичная зависимость может быть построена для относительной влажности и совокупного действия факторов.

Для тех объектов, которые эксплуатируются на открытом воздухе, к дополнительным факторам старения относится солнечная радиация. В тоже время изучение данных, представленных в [8], позволяет сделать вывод, что перемены в уровне солнечной радиации не имеют общих черт для всей территории России, а это

значит, что они должны рассматриваться с учетом особенностей каждого региона отдельно.

Одним из возможных решений обозначенной проблемы является обновление нормативных актов. В тоже время нельзя исключать риск того, что обновленный вариант также может очень скоро устареть в результате глобального изменения климата. В данном случае, считаем, что перспективным вариантом является введение поправочных коэффициентов, которые будут отражать наиболее стойкие тенденции изменения температуры. Тем более, что данные мероприятия относятся к конкретному изделию, эксплуатация которого должна проходить в ограниченные и вполне конкретные сроки в будущем.

Следует отметить, что предлагаемые мероприятия имеют и экономическую составляющую, так как повышение времени ускоренного старения может потребовать принятия мер (конструктивных, технологических, эксплуатационных) для повышения долговечности объекта, что неизбежно связано с дополнительными затратами. Это затрагивает проблему обоснованности сроков службы, закладываемых в технические задания на разработку техники. При этом снижение характе-

ристических объектов, связанные с безопасностью, должны выделяться в отдельную группу, так как безопасность объекта является приоритетным требованием, предполагающим безусловное выполнение.

ВЫВОДЫ

1. Риски снижения безопасности технических объектов связаны с корректностью оценки их долговечности, которая на стадии разработки осуществляется преимущественно методами ускоренных климатических испытаний.
2. Устаревание действующих нормативных документов в области климатического районирования для технических целей приводит к увеличению ошибок определения времени ускоренных климатических испытаний объектов техники и требует при их планировании учёта влияния глобальных климатических изменений.
3. Ошибка определения времени ускоренных климатических испытаний объектов техники из-за ошибки определения эквивалентной температуры нелинейно возрастает с увеличением энергии активации и может быть описана полиномом третьей степени.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 27.002–89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.
2. Лаптев А.Б., Павлов М.Р., Новиков А.А., Славин А.В. Современные тенденции развития испытаний материалов на стойкость к климатическим факторам (обзор) Часть 1. Испытания новых материалов, Труды ВИАМ № 1 (95) 2021 с. 114–122
3. Басуров В.А. Оценка рисков, связанных с ошибками климатического районирования для технических целей. Актуальные научные исследования. Сборник статей III Международной научно-практической конференции. В 2 частях. Пенза. Изд-во Наука и просвещение. 2021. с. 43–45
4. Алисов Б.П. Принципы климатического районирования СССР // Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1957. № 6.
5. Русин И.Н., Мосолова Г.И. Принципы климатического районирования и климатический прогноз. Вестник СПбГУ. Сер. 7, 2010, вып. 2 с. 99–108
6. ГОСТ 16350–80 Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей
7. ГОСТ 15150–69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.
8. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. — Москва, 2021. — 104 с.

© Басуров Владимир Адольфович (basurov@mail.ru), Нижегородцев Александр Александрович (ecotox@mail.ru),

Сидоренко Михаил Владимирович (eco_smv@mail.ru), Юнина Валентина Петровна (ecocenter_nngu@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ АКТИВНОГО ИЛА ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF ACTIVATED SLUDGE MICROORGANISMS FOR INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT

**E. Goncharenko
B. Ksenofontov
S. Berezina**

Summary. In this work we consider the possibilities of using microorganisms of excess activated sludge for of the process of biochemical treatment for industrial wastewater production are investigated. Data on the efficiency of removal of metal particles in the dispersed state, are given. A model of flotation cleaning is proposed, which allows calculating the optimal dimensions of the flotation chamber

Keywords: flotation, biofloculant, active silt.

Гончаренко Евгения Евгеньевна

Канд. химич. наук, Московский Государственный
Технический Университет им. Н.Э. Баумана
eeg84@mail.ru

Ксенофонтов Борис Семенович

Доктор техн. наук, Московский Государственный
Технический Университет им. Н.Э. Баумана

Березина Светлана Львовна

Канд. химич. наук, Московский Государственный
Технический Университет им. Н.Э. Баумана

Аннотация. В работе рассмотрено использование микроорганизмов избыточного активного ила для процесса биохимической очистки производственных сточных вод. Приведены данные по эффективности, удаления частиц металлов, находящихся в дисперсном состоянии. Предложена модель флотационной очистки, которая позволяет рассчитать оптимальные размеры флотационной камеры.

Ключевые слова: флотация, биофлокулянты, активный ил.

Биологическая очистка с использованием активного ила является одним из самых распространенных способов очистки сточных вод. Активный ил включает в себя скопление бактерий, дрожжи, простейшие, плесневелые грибы, актиномицеты, рачки, водоросли и др., то есть несколько видов микроорганизмов и простейших [1]. Активный ил можно рассматривать как коллоидную систему, частицы которой при pH = 4...9 имеют отрицательный заряд [2]. Субстрат активного ила представляет собой отмершую часть водорослей и различных твердых остатков, к которым прикрепляются микроорганизмы. Под действием микроорганизмов активного ила происходит биохимическое окисление органических примесей, содержащихся в воде, с превращением находящихся в ней ароматических и алифатических углеводов в безвредный диоксид углерода, воду, нитрат и сульфат ионы и др. Главным недостатком биохимической очистки является образование большого количества избыточного активного ила в результате трансформации части загрязнений в активную биомассу. Ежегодно на очистных сооружениях накапливаются миллионы тонн биомассы избыточного активного ила, переработка и утилизация которой является более трудоемкой,

чем процесс очистки. Поэтому любые практические решения этой проблемы, позволяющие хотя бы частично утилизировать избыточный активный ил, являются экономически оправданными [3]. Перспективным на наш взгляд является использование микроорганизмов избыточного активного ила в качестве биофлокулянта [1-4]. Нами показано [3-5], что использование активного ила в качестве биофлокулянта решает задачу его частичной утилизации, а также способствует интенсификации процесса очистки сточных вод. Кроме того, появляются новые возможности в направлении расширения применения отходов производства в качестве дополнительных способов повышения эффективности очистки.

В данной работе проведены исследования влияния микроорганизмов избыточного активного ила на эффективность процесса очистки поверхностных сточных вод, включая очистку от металлов, содержащихся в дисперсионной среде, в частности алюминия. Организация такой работы актуальна и особенно важна для условий подтопления и затопления территорий, на которых расположены жилые дома, а также площадки предприятий. В этих случаях необходимо в интен-

Таблица 1. Влияние концентрации микроорганизмов активного ила на скорость осаждения твердой фазы осветляемых сточных вод

Расход микроорганизмов активного ила, г/л стоков	Скорость осаждения твердой фазы, м/ч	Содержание взвешенных веществ в осветленной жидкости, мг/л
0	2,2	33,7
0,25	3,1	12,3
0,50	3,9	10,5
0,75	4,1	8,2
1,00	4,1	8,1

Таблица 2. Влияние концентрации микроорганизмов активного ила на содержание алюминия в осветленной жидкости

Расход микроорганизмов активного ила, г/л стоков	Содержание взвешенных веществ в осветленной жидкости, мг/л	Содержание алюминия в осветленной жидкости, мг/л
0	32,1	2,70
0,25	13,5	0,98
0,50	10,2	0,45
0,75	8,8	0,35
1,00	8,1	0,33
1,50	7,9	0,31

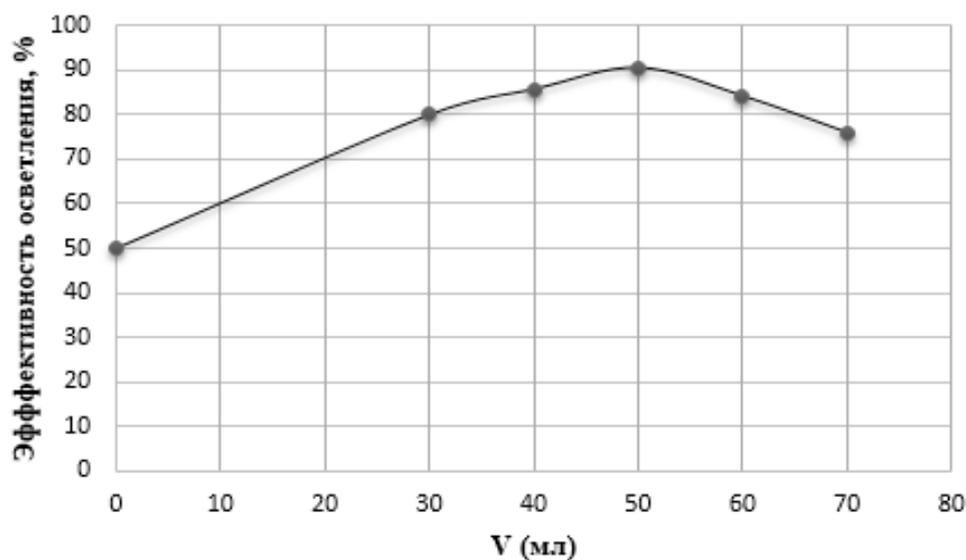


Рис. 1. Эффективности осветления сточных вод после мойки автомобилей от объема добавленного активного ила (мл)

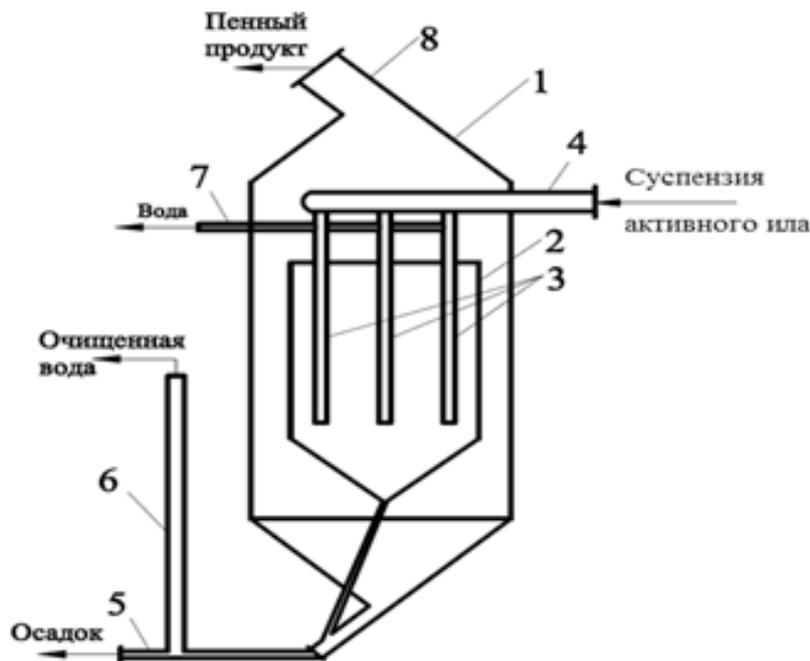


Рис. 2. Флотационная колонна для сгущения активного ила напорной флотацией: 1 — корпус флотационной колонны; 2 — устройство для аэрации; 3 — аэраторы; 4,5,6,7,8 — патрубки.

сивном режиме проводить процесс отвода воды и ее очистку [1,2,7].

Методика исследований состояла в наблюдении за скоростью осаждения твердой фазы осветляемых сточных вод в цилиндрах емкостью 0,5 л и определения мутности слива после осаждения твердой фазы, а также определения концентрации взвешенных веществ и алюминия по стандартным методикам [6].

Микроорганизмы активного ила вводились в сгущаемую суспензию с концентрацией 8,5 г/л. Результаты экспериментальных исследований представлены в таблицах 1 и 2.

Полученные данные (табл. 1) показывают, что скорость осаждения твердой фазы увеличивается по мере увеличения количества микроорганизмов в суспензии. При этом повышается степень осветления очищаемой воды.

Данные таблицы 1 показывают, что с увеличением концентрации микроорганизмов активного ила скорость осаждения частиц загрязнений увеличивается в 2 раза, содержание взвешенных частиц уменьшается в 3 раза. Из таблицы 2 следует, что одновременно происходит извлечение отдельных металлов, в частности

алюминия. Полученные результаты показывают, что в перспективе можно использовать избыточный активный ил для удаления металлов, например, из подземных вод, в которых металлы (натрий, марганец, магний, серебро, литий, золото, уран, радий и др.) находятся в виде дисперсных систем.

В работе также исследовано применение избыточного активного ила в виде суспензии с концентрацией 42,7 г/л для очистки производственных сточных вод после мытья автомобилей (рис.1)

Из приведенных результатов (рис. 1) следует, что с увеличением объема добавленной суспензии с активным илом эффективность очистки возрастает и достигает максимального эффекта 90% при объеме добавленной суспензии 40 мл. Представленные на рис.1 данные свидетельствуют о высокой степени очистки при использовании активного ила. Эффективность осветления оценивалась по величине оптической плотности, которая измерялась по разработанной в наших работах компьютерной методике [4].

Однако для практического использования избыточного активного ила нужна его транспортировка. Для этих целей необходимо его предварительное уплотнение. Одним из наиболее простых и эффективных спо-

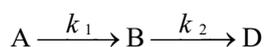
Таблица 3. Влияние pH среды на флотационное уплотнение активного ила и его эффективность в процессе осветления сточных вод.

C_0 мг/л	pH	C_1 г/л	C_2 г/л	C_3 мг/л
43,3	7,2	0	0	24,3
43,3	4,5	39,7	1,5	12,6
43,3	3,1	48,2	1,5	9,2
43,3	2,3	51,5	1,5	7,5
43,3	1,0	50,2	1,5	5,1

собов уплотнения активного ила является напорная флотация [5,7,8]. В связи с этим был разработан аппарат колонного типа, выполненный в виде цилиндрического корпуса 1, на внешней поверхности которого расположены входные и выходные патрубки 4–8, а внутри — устройство аэрации 2 с трубчатыми аэраторами 3.

При напорной флотации происходит не только сгущение биомассы активного ила, но и повышение эффективности процесса за счет удаления ПАВ, нефтепродуктов, жиров, смол и т.д. Нами был предложен механизм процесса, по которому содержащиеся в воде примеси адсорбируются поверхностью пузырьков воздуха, нагнетаемого в очищаемую жидкость. Прилипание частицы загрязнений к поверхности газового пузырька происходит тогда, когда поверхность частицы не смачивается или плохо смачивается жидкостью. Это связано с тем, что при увеличении краевого угла смачивания увеличивается вероятность прилипания и прочность удержания частицы на поверхности воздушных пузырьков. Таким образом процесс очистки сточных вод заключается в образовании флотокомплексов «частицы загрязнений — пузырьки воздуха», их всплывании и удалении образовавшегося пенного слоя с поверхности обрабатываемой жидкости.

По нашему мнению, флотационный процесс в колонне можно рассматривать в виде последовательной мономолекулярной реакции:



где B — промежуточное соединение *флотокомплекс: частица — пузырек*.

Согласно принципу независимости в сложных реакциях, скорость реакции по компоненту B равна:

$$r_B = r_A = r_D$$

C_{A0} — начальная концентрация вещества A;

Если k_1 и k_2 — константы скоростей первой и второй стадий процесса, а

C_A, C_B, C_D — текущие концентрации реагентов A, B и D,

система дифференциальных уравнений, описывающих изменение концентраций веществ во времени, имеет вид (1):

$$\frac{dC_A}{dt} = -k_1 C_A; \quad \frac{dC_B}{dt} = k_1 C_A - k_2 C_B; \quad \frac{dC_D}{dt} = k_2 C_B. \quad (1)$$

На практике измеряются концентрации частиц загрязнений вещества A в жидкости и в пенном слое D. Измеряемые на практике концентрации частиц загрязнений в жидкости и в пенном слое D можно найти при решении системы уравнений (1)

$$C_A = C_{A0} e^{-k_1 t}; \quad C_B = \frac{k_1 C_{A0}}{k_2 - k_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t});$$

$$C_D = C_{A0} - C_A - C_B,$$

где C_{A0} — начальная концентрация вещества A;

В случае напорной флотации активного ила лимитирующей стадией является последняя стадия процесса с константой скорости k_2 , которая равна отношению скорости подъема флотокомплексов к рабочей высоте флотационной камеры. Поэтому, как показали расчеты, высота камеры для данных условий должна быть минимальной и не превышать одного метра.

Исследование механизма напорной флотации с предварительным подкислением активного ила показало, что при снижении pH до 1,5–2-х, не только резко улучшается флотационное сгущение, но и сорбционные характеристики микроорганизмов активного ила. Это приводит к снижению концентрации взвешенных частиц загрязнений в осветленной жидкости (таблица 3), где C_0 — концентрация взвешенных частиц в исходной суспензии, C_1 — концентрация активного ила

Таблица 4. Влияние предварительной термообработки суспензии активного ила с концентрацией 0,5% на эффективность осветления

N, п/п	Параметры обработки			Концентрация полисахаридов, мг/л	Эффективность осветления (%)
	t, °C	pH	Время выдержки, мин		
1 (контроль)	20	7,2 (исх.)	-	11	54,3
2	40	7,2	5	35	62,8
3	80	7,2	5	52	73,1
4	85	7,2	5	54	75,8
5	90	7,2	5	53	74,6
6	20	8,0	5	9	52,3
7	20	8,5	5	9	51,7
8	85	8,5	5	8	50,9
9	85	8,5	10	35	61,6
10	85	8,5	30	31	60,7
11	85	8,5	45	31	61,1
12	85	8,5	60	9	50,8

в пенном слое, образующемся в результате напорной флотации в тече 1 часа, C_2 – концентрация активного ила в иловой смеси, C_3 — концентрация взвешенных частиц в жидкой фазе после осветления и отстаивания в течении 30 минут.

Было показано, что при снижении pH уменьшается растворимость углекислого газа и наблюдается его выделение из жидкой фазы и из хлопьев активного ила. Поэтому последующая напорная флотация приводит к образованию плотного пенного слоя с концентрацией активного ила, в 1,5–2 раза превышающую его концентрацию без предварительного подкисления. Опыты проводились при комнатной температуре. Микроорганизмы активного ила вводились в сгущаемую суспензию с концентрацией 8,5 г/л.

В работе исследовалось влияние температуры на процесс очистки сточных вод. Для этого суспензия с концентрацией активного ила 0,5% нагревалась до 85⁰C. Эффективность осветления суспензии рассчитывалась по величине оптической плотности. Показано, что при нагревании возрастает концентрация полисахаридов в жидкой фазе и эффективность осветления возрастает в 3–3,5 раза.

Эти данные указывают на целесообразность такой обработки, как одного из методов повышения эффективности очистки с использованием активного ила.

Выводы

1. В работе проведены исследования по влиянию микроорганизмов избыточного активного ила на эф-

фективность процесса очистки производственных сточных вод. При увеличении концентрации микроорганизмов в суспензии активного ила возрастает скорость осаждения твердых частиц, а также возрастает степень осветления сточных вод.

2. Эксперименты по удалению частиц алюминия, содержащиеся в производственных сточных водах, показали эффективность использования микроорганизмов избыточного активного ила для удаления частиц металлов, содержащихся в сточных водах в дисперсном состоянии.
3. Рассмотрено применение избыточного активного ила при очистке производственных сточных вод после мытья автомобилей. Установлено, что при добавлении суспензии с концентрацией избыточного активного ила 42,7 г/л эффективность осветления возрастает с увеличением объема добавленного ила и достигает максимума при его объеме 40 мл.
4. Разработан аппарат колонного типа для уплотнения активного ила напорной флотацией.
5. Предложен механизм флотационного процесса в колонне в виде последовательной мономолекулярной реакции.
6. Исследовано влияние кислотности среды. Показано, что предварительное подкисление до pH = 1,5–2,0 не только резко улучшает флотационное сгущение активного ила, но и заметно снижает концентрацию загрязнений.
7. Проведены исследования по влиянию температуры на процесс очистки сточных вод. Показано, что при нагревании до температуры 85⁰C возрастает концентрация полисахаридов в жидкой фазе и эффективность осветления возрастает в 3–3,5 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен, И., Арван Э. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы: - М.: Мир. 2006. 480 с. (перевод с англ.)
2. Никитина О.Г. Современная концепция биологической очистки сточных вод. // Вода: химия и экология. 2009. № 11, 9–20.: URL: <http://watchemec.ru/article/12892>
3. Ксенофонтов Б.С. Интенсификация очистки сточных вод химических производств с использованием биофлокулянтов. Безопасность жизнедеятельности 2009. № 10. 24 с.
4. Гончаренко Е.Е., Ксенофонтов Б.С., Березина С.Л., Борисов Ю.А. Исследование коагуляции в процессах очистки сточных вод с применением компьютерной технологии. // Журнал «Современная наука: Актуальные проблемы теории и практики». Серия «Естественные и технические науки». 2020. № 1, с.11–15. DOI 10.37882.2223–2966.2020.08.09
5. Ксенофонтов Б.С., Гончаренко Е.Е., Предварительная обработка активного ила перед использованием его в качестве биофлокулянта. Журнал «Естественные и технические науки». 2017. № 5 (107), с. 24–30. Изд. — во Спутник
6. Сборник Рекомендаций Хельсинской комиссии: Справ. — метод. пособие. СПб.: Диалог. 2008. 512 с.
7. Ксенофонтов Б.С. Флотационная обработка воды, отходов и почвы. М.: Новые технологии. 2010. 272 с.
8. Запольский А.Г. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды. Свойства. Получение. Применение / А.Г. Запольский, А.А. Баран. — Л. Химия, 1987. — 208 с.//

© Гончаренко Евгения Евгеньевна (eeg84@mail.ru),

Ксенофонтов Борис Семенович, Березина Светлана Львовна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДОВ SER. SETACEAE РОДА ACHILLEA L. (ASTERACEAE) ФЛОРЫ КАЗАХСТАНА

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE SPECIES OF SER. SETACEAE OF THE GENUS ACHILLEA L. (ASTERACEAE) OF THE FLORA OF KAZAKHSTAN

Yu. Kulemin
A. Kuprijanov

Summary. Species of the genus *Achillea* L. have high polymorphism, as well as weak differentiation in most diagnostic morphological characters. Of particular difficulty are the most similar species *A. setacea* Waldst. et Kit., *A. tianschanica* Kupr. et Kulemin, *A. karatavica* R. Kam., *A. stepposa* Klok. et Krytzka, *A. × kasakhstanica* Kupr. et Alibekov included in ser. *Setaceae* sect. *Millefolium* (Mill.) Koch of the genus *Achillea* L. To distinguish them, molecular genetic methods based on the use of ISSR primers were used. Computer analysis of DNA molecular genetic polymorphism showed a high degree of isolation of the species *A. karatavica*, *A. stepposa*, *A. × kasakhstanica* and insufficient isolation of *A. setacea* and *A. tianschanica*.

Keywords: flora of Kazakhstan, *Achillea setacea*, *Achillea tianschanica*, *Achillea karatavica*, *Achillea stepposa*, *Achillea × kasakhstanica*, molecular genetic methods.

Род *Achillea* L. содержит около 150 видов, произрастающих в странах северного полушария; наиболее многочисленны в странах Европы, Средней Азии, в Северной Америке [1–3].

Во «Флоре Казахстана» [4] род *Achillea* насчитывает 7 видов: *A. asiatica* Serg., *A. biebersteinii* Afan., *A. filipendulina* Lam., *A. micrantha* Willd., *A. millefolium* L., *A. nobilis* L., *A. setacea* Waldst. et Kit. К секции *Millefolium* (Mill.) Koch, ser. *Setaceae* Klok. et Krytzka отнесен один вид *A. setacea*. С момента выхода «Флоры Казахстана» из этой серии описаны *A. karatavica* Kam., *A. × kasakhstanica* Kupr. et Alibekov, *A. tianschanica* Kupr. et Kulemin; найдена на территории Казахстана *A. stepposa* Klok. et Krytzka [5–8] (рис. 1).

Основной сложностью диагностики видов рода *Achillea* L. является высокая полиморфность и способность к гибридизации [9, 10]. К одним из сложно диагностируемым видам, относится виды, входящие в секцию *Millefolium* (Mill.) Koch, ser. *Setaceae* Klok. et

Кулемин Юрий Евгеньевич

Мл. научн. сотр. «Кузбасский ботанический сад»
Федерального исследовательского центра угля
и углехимии СО РАН г. Кемерово
kulemin_y@mail.ru

Куприянов Андрей Николаевич

Д-р биол. наук, профессор, «Кузбасский
ботанический сад» Федерального исследовательского
центра угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово
kupr-42@yandex.ru

Аннотация. Виды рода *Achillea* L., обладают высокой полиморфностью, а также слабой разграниченностью по большинству диагностических морфологических признаков. Особую сложность доставляют наиболее схожие между собой виды *A. setacea* Waldst. et Kit., *A. tianschanica* Kupr. et Kulemin, *A. karatavica* R. Kam., *A. stepposa* Klok. et Krytzka, *A. × kasakhstanica* Kupr. et Alibekov входящие в ser. *Setaceae* sect. *Millefolium* (Mill.) Koch рода *Achillea* L. Для их разграничения были применены молекулярно-генетические методы, основанные на использовании ISSR-праймеров. Компьютерный анализ молекулярно-генетического полиморфизма ДНК показал высокую степень обособленности видов *A. karatavica*, *A. stepposa*, *A. × kasakhstanica* и недостаточную обособленность *A. setacea* и *A. tianschanica*.

Ключевые слова: флора Казахстана, *Achillea setacea*, *Achillea tianschanica*, *Achillea karatavica*, *Achillea stepposa*, *Achillea × kasakhstanica*, молекулярно-генетические методы.

Krytzka (*A. setacea*, *A. tianschanica*, *A. karatavica*, *A. stepposa*, *A. × kasakhstanica*). Классические методы систематики, такие как, морфология листа, форма листовой пластинки, степень опушения, характер окончания листа и форма сегментов не всегда могут точно идентифицировать вид.

Исходя из вышеизложенного целью данного исследования, является, использование молекулярно-генетического метода, основанного на применении ISSR праймеров, который позволяет более точно разграничить наиболее сходные по морфологическим признакам виды, входящие в секцию *Millefolium* (Mill.) Koch, ser. *Setaceae* Klok. et Krytzka рода *Achillea* L.

Объекты и методы исследования

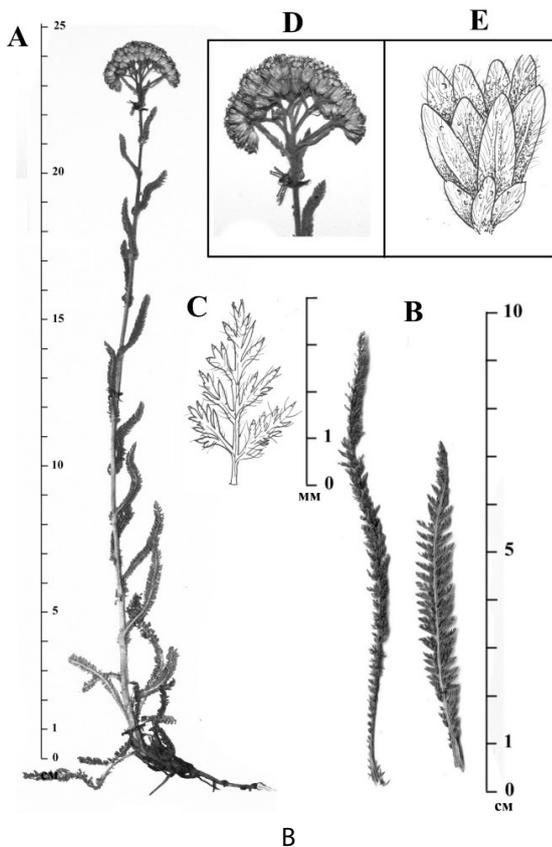
Для работы были отобраны 28 образцов нижних стеблевых листьев видов *A. setacea*, *A. tianschanica*, *A. karatavica*, *A. stepposa*, *A. × kasakhstanica* гербарного



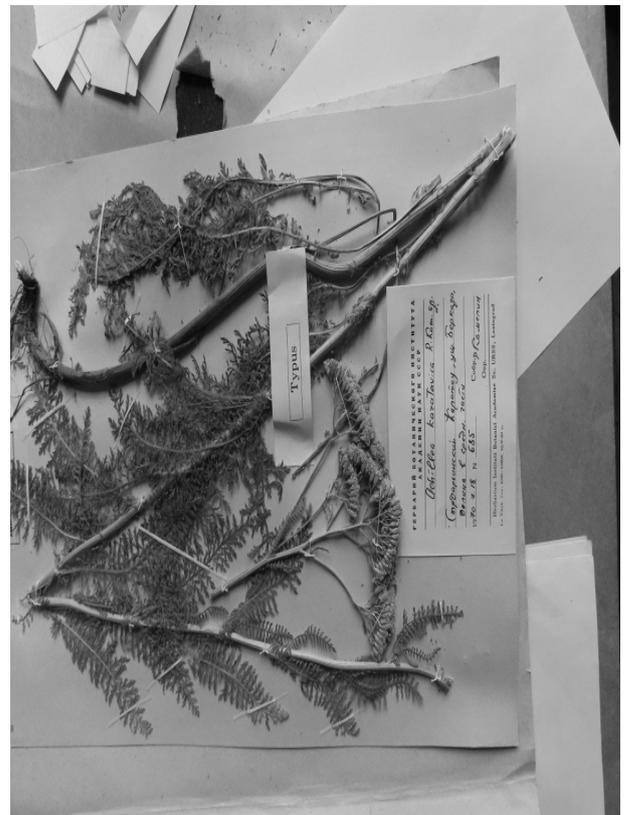
А



Б



В



Б

Рис. 1. Виды рода *A. setaceae*: А — *A. setacea* Waldst. et Kit., Б — *A. tianschanica* Kupr. et Kulemin, В — *A. × kasakhstanica* Kupr. et Alibekov, Г — *A. karatavica* R. Kam.

Таблица 1. Характеристика места сбора образцов

№ образцов	Нахождение образцов
<i>A. setacea</i> Waldst. & Kit.	
30	Казахстан, Туркестанская (Южно-Казахстанская) обл., терр. Сырдарья-Туркестанского природного парка, горы Боралдайтау, окр. с. Актас, ур. Акбастау, «Боролдайские ворота», долина реки Боролдай, 42.87100°с.ш. 70.07166 в.д. 696 м над у.м. 08.07.2019.
54	Казахстан, Туркестанская (Южно-Казахстанская) обл., терр. Сырдарья-Туркестанского природного парка, долина р.Ортау-Сунга, окр.с.Шукаршак, 42.96740°с.ш. 70.14327° в.д., 836 м над у.м. 21.05.2018.
55	Казахстан, Карагандинская область, Каркаралинский р-он, горы Каркаралы, урочище Шанкоз, каменистые склоны, осинник. 27.07.2013.
153	Казахстан, Северо-Казахстанская область, Тайыншинский р-он, окр. с.Зеленой Гай, залежь. 24.06.2014.
151	Казахстан, Акмолинская обл, окр. пос. Шортанды, отд. Западное, разнотравно-злаковая степь, на темно-каштановой почве. 26.06.1992.
<i>A. tianschanica</i> Kupr. et Kulemin	
7, 10	Казахстан, Боролдайские ворота, окр. н/ж п. Акбастау, родник Шымбулак, 42.83487°с.ш., 070.05089°в.д. 1215 м над у.м. 18.09.2019
8, 9	Казахстан, Туркестанская (Южно-Казахстанская) обл., терр. Сайрам-Угамского нац. парка, возле дороги. 42.16748°с.ш., 070.37968°в.д. 1682 м над у.м. 16.09.2019.
12	Казахстан, Туркестанская (Южно-Казахстан. Обл), Сырдарья-Туркестанский парк, долина р. Боролдай, Боролдайские ворота, фриганоиды. 1600 м над у.м. 07.07.2019.
32	Южно-Казахстанская обл., терр. Сайрам-Угамского нац.парка можжевельовый лес, долина р. Сайрамсу, 42°15025´с.ш. 70°41113´ в.д., 1869 м над у.м. 28.06.2019.
33	Южно-Казахстанская обл., терр. Сайрам-Угамского нац. парка берег р.Сайрамсу, 42°15403´с.ш. 70°40582´ в.д., 1786 м над у.м. 26.06.2019.
34	Южно-Казахстанская обл., терр. Сайрам-Угамского нац. парка, зарастающий галечник по правому притоку Сайрамсу. 42°12044´с.ш. 70°42908´ в.д., 2344 м над у.м. 03.06.2019.
35	Южно-Казахстанская обл., терр. Сайрам-Угамского нац.парка, горелый лес, 1857 м над у.м., 42°14382´с.ш. 70°41009´ в.д., 07.07.2019.
<i>A x kasakhstanica</i> Kupr. et Alibekov	
216	Оренбургская область, 15 км на В от г. Калачинска, остепненный луг, 28.08.21
218	Челябинская область, окр. пос. Тимирязевского, опушка березового леса 24.08.21
251, 252	Казахстан, Карагандинская область, Нуринский р-он, сопки Амантау, окр. пос. Амантаусский, природниковый луг. 29.06.2013
<i>Achillea karatavica</i> R. Kam.	
27, 38–42	Южно-Казахстанская (Туркестанская) область, территория Сырдарья-Туркестанского природного парка, гор. Боралдайтау, окр. с.Актас, ур.Акбастау, берег реки Боролдай. Н=696 м н.у.м. 08.07.2019
<i>A. stepposa</i> Klok.	
64–66	ВКО, окр.с Казнаковка, разбитые пески. 23.06.2002

материала хранящиеся в гербарии Кузбасского ботанического сада (KUZ). (табл. 1).

Для выявления полиморфизма ДНК рода *Achillea* был произведен выбор наиболее информативных ISSR-праймеров производства компании «СИНТОЛ», Москва. Для этого было протестировано 32 ISSR-праймера, из которых пять показали наилучшие результаты для дальнейшего анализа (табл. 2).

Продукты амплификации разделяли в 1,5% агарозном геле и 0,5 М ТАЕ-буфере в присутствии бромистого

этидия при 80 В в течение 2,0 часов в горизонтальной электрофорезной камере Sub Cell GTSystem (Bio-Rad, США). После электрофореза гели были сфотографированы в системе гель-документации Gel-Doc XR (Bio-Rad, США) [11]. Для компьютерной обработки полученные результаты были представлены в виде матрицы бинарных данных. ISSR-профили анализировали по наличию (1) или отсутствию (0) полос на геле. Компьютерный анализ молекулярно-генетического полиморфизма ДНК проведен с помощью компьютерных программ PAST 4.08. Для построения филогенетических деревьев на основе данных фрагментного анализа использовали UPGMA-метод [12].

Таблица 2. Характеристика праймеров, использованных в ISSR-PCR

Название	Последовательность (5'→3')	Кол-во амплифицированных фрагментов
17898A	(CA) ₆ AC	10
17898B	(CA) ₆ GT	9
17899A	(CA) ₆ AG	7
17899B	(CA) ₆ GG	8
HB 12	(CAC) ₃ GC	11

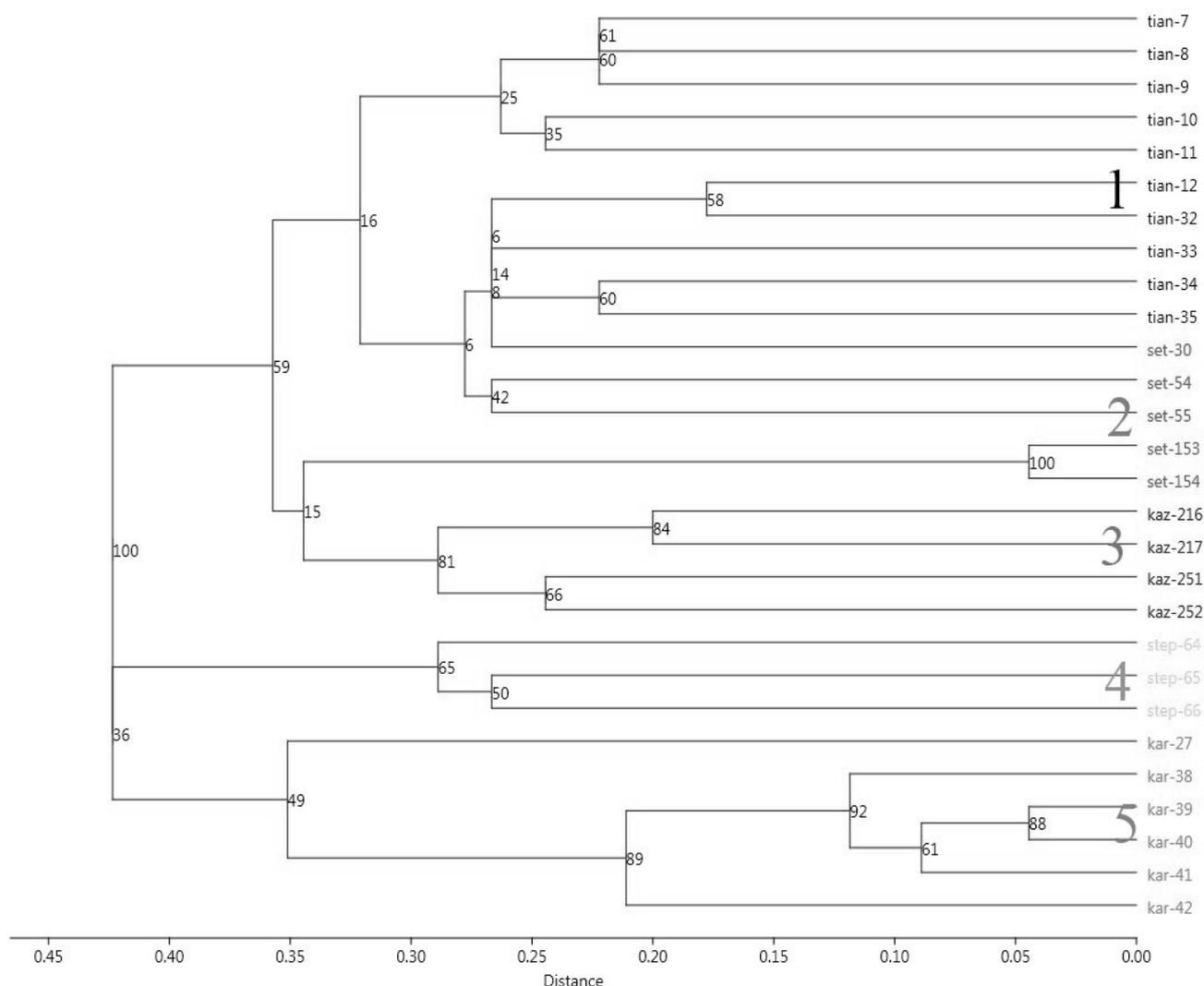


Рис. 2. UPGMA дендрограмма построенная на основе ISSR данных для видов: 1. *A. tianschanica*, 2. *A. setacea*, 3. *A. × kashgariana*, 4. *A. stepposa*, 5. *A. karatavica*, с использованием коэффициента Gower.

Результаты и обсуждения

Для установления филогенетических взаимоотношений была построена дендрограмма между видами ser. *Setaceae* Klok. et Krytzka (рис. 2).

Кластерный анализ (UPGMA) выявил несколько основных групп. В первую группу вошли образцы *A. tianschanica*, во вторую *A. setacea*, третью *A. × kasakhstanica*, четвертую и пятую составили *A. stepposa* и *A. karatavica*. Все группы между собой хорошо отличимы и располагаются в разных кладах. Исключение составляют *A. tianschanica* и *A. setacea*. Они имеют одну общую кладу, поскольку данные виды

являются более близкими по морфологическим признакам. Ранее *A. tianschanica* во флоре Казахстана, Узбекистана и Киргизии тестировалась как *A. millefolium* (образцы собранные до середины XX века) или как *A. setaceae*.

Секция *Millefolium* (Mill.) Koch, ser. *Setaceae* Klok. et Krytzka рода *Achillea* L. во флоре Казахстана состоит из *A. setacea*, *A. tianschanica*, *A. karatavica*, *A. stepposa*. К этим видам следует добавить *A. × kasakhstanica*, который является гибридом *A. setacea* и *A. asiatica* Serg. Использование молекулярно-генетических методов позволяет решить такие проблемы, в которых требуется более точная идентификация видов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цвелев Н.Н. *Achillea* L. // Флора европейской части СССР. СПб.: Наука, 1994. Т. 7. С. 117–12
2. Anderberg A.A., Baldwin B.G., Bayer R.G. [et al.]. *Compositae* // The families and genera of vascular plants. Vol. VIII. Flowering plants. Eudicots. Asterales. — edited by K. Kubitzki; volume editors J.W. Kadereit and C. Jeffrey. Berlin: Springer, 2007. P. 61–588.
3. Ehrendorfer F., Guo Y.P. Changes in the circumscription of the genus *Achillea* (Compositae-Anthemideae) and its subdivision // *Willdenowia* 35 (1). 2005. P. 49–54.
4. Оразова А. *Achillea* L. // Флора Казахстана. Алма-Ата: Изд-во Наука КазССР. 1966. Т. 9. С. 9–17.
5. Куприянов А.Н. Новый вид для Казахстана — *Achillea stepposa* Klok. et Krytzka // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. Т. 18. 2012. С. 3–4.
6. Куприянов А.Н., Кулемин Ю.Е. *Achillea tianschanica* Kupr. et Kulemin — новый вид из Западного Тянь-Шаня и Сырдарьинского Каратау (Казахстан) // Систематические заметки по материалам Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета. 2020. № 122. С. 3–13. <https://doi.org/10.17223/20764103.123.1>
7. Куприянов А.Н., Алибеков *Achillea × kasakhstanica* (Asteraceae) новый вид из Казахского мелкосопочника. Ботанический журнал. 2019. Т. 104, № 1. С. 155–158. DOI: 10.1134/S0006813619010071
8. Камелин Р.В., Ковалевская С.С. Род *Achillea* L. // Определитель растений Средней Азии 1993. Т. 10. Ташкент: ФАН. С. 520–525.
9. Сытник К.М., Андрощук А.Ф., Клоков М.В. Тысячелистники Киев: Наукова Думка. 1984. 271 с.
10. Danihelka J. *Achillea setacea* in the Czech Republic, with taxonomic remarks // *Preslia*. 2001. 73. P. 97–120.
11. Rohlf F.J. NTSYS-рс. Numerical taxonomy and multivariate analysis systems // Exeter Software, Applied Biostatistics. New York. 1992. 225 p.
12. Miller M.P. Tools for population genetic analyses (TFPGA) 1.3: A Windows program for the analysis of allozyme and molecular population genetic data. Computer software distributed by author. 1997.

© Кулемин Юрий Евгеньевич (kulemin_y@mail.ru), Куприянов Андрей Николаевич (kupr-42@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭКОЛОГИЯ И БИОЛОГИЯ РОДА CEPHALANTHERA RICH. НА СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ КАВКАЗЕ

Перебора Елена Александровна

Кандидат биологических наук, доцент Кубанского государственного аграрного университета,
г. Краснодар
pereboraelena@mail.ru

ECOLOGY AND BIOLOGY OF THE GENUS CEPHALANTHERA RICH. IN THE NORTH-WESTERN CAUCASUS

E. Perebora

Summary. The article presents the results of long-term observations of the cenopopulations of species of the genus *Cephalanthera*: *C. longifolia*, *C. damasonium*, *C. rubra*, *C. floribunda* in the North-Western Caucasus. Monitoring has been carried out for a long time since the 90s using standard methods of following in geobotany: route-expedition with the establishment of trial and accounting sites; geobotanical descriptions of habitats, seasonal records of plant morphology and development and age dynamics of cenopopulations of the studied species of the genus. The ranges of cenopopulations were mapped down to the values of the loci of the most typical perennial individuals. Species of the genus *Cephalanthera* belong to short-rooted perennials, therefore they have a fairly wide distribution from the lower to upper mountain-forest belt, but they do not tolerate trampling and low temperatures on the soil in winter. In general, the cenopopulations of species of the genus can be assessed as normal incomplete with a predominance of generative and virginal individuals. Taking into account the vulnerable status (VU) of species that react negatively to the anthropogenic impact, it is necessary to constantly monitor the state of populations of species of the genus *Cephalanthera*, which are listed in the Red Book of the Krasnodarsky Krai.

Keywords: Genus *Cephalanthera*, North-Western Caucasus, ecology, price populations, age group ratio, tree associations, habitats.

Аннотация. В статье приводятся результаты многолетних наблюдений за ценопопуляциями видов рода *Cephalanthera*: *C. longifolia*, *C. damasonium*, *C. rubra*, *C. floribunda* на Северо-Западном Кавказе. Мониторинг осуществляется длительное время начиная с 90-х годов с применением стандартных методов обследования в геоботанике: маршрутно-экспедиционный с заложением пробных и учетных площадок; геоботанические описания местообитаний, сезонные учеты морфологии и развития растений и возрастной динамики ценопопуляций изучаемых видов рода. Ареалы ценопопуляций картировались вплоть до обозначения локусов наиболее типичных многолетних особей. Виды рода *Cephalanthera* относятся к короткокорневищным многолетникам, поэтому отличаются довольно широким распространением от нижнего до верхнего горно-лесного пояса, но плохо переносят вытаптывание и низкие температуры на почве зимой. В целом ценопопуляции видов рода можно оценить как нормальные неполноценные с преобладанием генеративных и виргинильных особей. Учитывая уязвимый статус (VU) видов, отрицательно реагирующих на антропогенное воздействие, необходим постоянный мониторинг состояния ценопопуляций видов рода *Cephalanthera*, которые занесены в Красную книгу Краснодарского края.

Ключевые слова: Род *Cephalanthera*, Северо-Западный Кавказ, экология, ценопопуляции, соотношение возрастных групп, древесные ассоциации, местообитания.

Род *Cephalanthera* на Северо-Западном Кавказе образует большое число ценопопуляций в разных местообитаниях. В данной статье представлены результаты многолетнего мониторинга, ведущегося с 90-х годов, за состоянием и численностью ценопопуляций четырех видов: *Cephalanthera longifolia*, *C. damasonium*, *C. rubra*, *C. floribunda*. Эти виды относятся к группе короткокорневищных орхидных, особенностью которых является образование коротких корневищ из базальной части осевого побега.

Корневища образуют плагиотропные или восходящие надземные структуры с многочисленными корнями, способными проникать в почву до 0,5 м. За счет корневищ эти виды интенсивно расширяют площадь

обитания, особенно в весенне-летний период при образовании длинных корневищных метамеров.

Короткокорневищные орхидные, как и тубероидные, наиболее распространены в нижнем и среднем горных поясах, отличаются высокой вегетативной подвижностью и семенной продуктивностью. Благодаря этим характеристикам виды рода *Cephalanthera* обладают широким эколого-ценотическим диапазоном, произрастают как в сухих лиственных и реже в хвойных и смешанных лесах, встречаются также среди кустарников и по опушкам [2, 3, 5–11, 12]. По требовательности к воде они относятся к экологической группе мезофитов и мезоксерофитов; предпочитают известняковые почвы, рыхлые и достаточно плодородные за счет

накопления органических веществ [5]. Широкое распространение этих орхидных обусловлено также сравнительной их устойчивостью к пониженным температурам и засухе. Виды размножаются в основном вегетативно за счет боковых или апикальных почек корневищ и мелкими, быстро осыпающимися семенами. Для семян характерно дружное прорастание на свету, однако многочисленные проростки, как правило, не выдерживают конкуренции за основные факторы среды с материнскими вегетативными клонами.

Материалы и методы

Комплексное экологическое изучение видов проводилось в ходе маршрутно-экспедиционных обследований районов с наибольшим видовым разнообразием орхидных, в частности рода *Cephalanthera*: Черноморское побережье (Новороссииский, Геленджикский, Туапсинский, Сочинский районы), северный макросклон Главного Кавказского хребта (Абинский, Апшеронский районы).

Для всех местообитаний видов рода *Cephalanthera* проводили геоботанические описания по общепринятым методикам [14]. Отмечали также особенности рельефа, экспозицию и крутизну склона, особенности формирования подстилки. Для постоянного мониторинга в пределах обследованных территорий закладывали пробные (100–400 м²) и более мелкие учетные площадки от 0,25 до 1 м². Мониторинг проводили ежегодно для пополнения и уточнения данных по соотношению возрастных групп, размножению особей, особенностям морфологии и т.д. Для достоверности морфологического описания и учета стадий онтогенеза наиболее типичные и хорошо развитые растения снабжались этикеткой. Морфологические описания и учет проводили несколько раз за сезон, обычно в начале лета. Были составлены карты расположения ценопопуляций и локусов отдельных растений видов.

Мониторинг местообитаний видов рода *Cephalanthera* проводили ежегодно, дополняли и уточняли параметры и динамику ценопопуляций, растительных сообществ и почвенного покрова. Растения орхидных наблюдали 1–2 раза за сезон (начало, конец мая).

При изучении ценопопуляций (ЦП) применяли методики, разработанные отечественными исследователями [13]. При изучении возрастной структуры использовали понятие «онтогенетическое (возрастное) состояние» с дополнениями, разработанными для орхидных [2–4]. Различные возрастные группы особей определяли непосредственно в полевых условиях, учитывая наиболее доступные морфометрические пока-

затели надземной части растений. В пределах каждой ценопопуляции было выделено четыре группы возрастных состояний особей: ювенильные (j), имматурные (im), взрослые вегетативные (vm), генеративные (g). К группе взрослых вегетативных относили также временно не цветущие генеративные растения. Чтобы данные о целостности ценопопуляции были более достоверными, число проростков, развивающихся в почве, не учитывалось.

Тип возрастного спектра и тип ЦП — инвазионный, нормальный, регрессивный — определяли после выявления возрастной структуры ЦП [13]. Для наблюдения за онтогенезом изучаемых видов орхидных все особи на площадках были снабжены этикетками и отмечены на карте. Это облегчало наблюдения за онтогенезом изучаемых видов рода *Cephalanthera* и позволяло отмечать первое появление растений на поверхности почвы, продолжительность возрастного состояния и переход в следующее, период вторичного покоя, сезонное развитие и отмирание [2, 3]. Пространственная структура изучалась методом трансект с последующим выделением степени отграниченности скоплений друг от друга и степени их отдаленности [13].

Результаты и обсуждение

Объектами наших исследований являлись короткокорневищные орхидные *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch, *Cephalanthera rubra* (L.) Rich., *Cephalanthera damasonium* (Mill.) Druce, *Cephalanthera floribunda* Woronow.

Короткокорневищные орхидные отмечены нами в горных районах Краснодарского края. Всего выделено 42 местообитания, в которых описано 57 ценопопуляций четырех видов рода *Cephalanthera* (*C. longifolia*, *C. rubra*, *C. damasonium*, *C. floribunda*).

Эколого-фитоценоотические особенности местообитаний. Короткокорневищные орхидные в условиях Северо-Западного Кавказа встречаются в различных по экологии местообитаниях — от сухих (п. Дюрсо — *C. damasonium* в ассоциации *Querceto-Carpinetum swidoso varioherbosum*; п. Бетта — *C. damasonium* в ассоциации *Querceto-Pinetum cotinoso ruscosum*) до умеренно влажных (х. Павловский — *C. longifolia* в ассоциации *Carpinetum-Fagetum crataegoso varioherbosum*) [11].

Короткокорневищные орхидные распространены в нижнем (100–500), среднем (500–1000) и верхнем (1000–1500 м н. ур. м.) горнолесном поясах. Наибольшее число местообитаний изучаемых видов сосредоточено в нижнем горном поясе на высоте от 300 до 500 м

Таблица 1. Характеристика местообитаний короткокорневищных орхидных на Северо-Западном Кавказе

Наименование ассоциации	Высота над у.м., м	Экспозиция, крутизна склона	Древостой			Нп, М	Травостой		Тп, см	Виды орхидных*		
			Формула	С, %	Нд, м d, м		ОПП, %	Нт, м		1	2	3
Новороссийский район												
<i>Carpineto-Fagetum crataegoso varioherbosum</i> , х. Павловский	350–400	плато 5°	7Б2Гр1Я	60	18/0,40	2,0	5	0,40	3,0	+	+	-
<i>Fageto-Carpinetum cornoso varioherbosum</i> , ур. Натухаевский лесхоз	400–450	ЮВ 15°	8Г2Б	50	15/0,20	3,0	20	0,40	2,0	+	+	-
<i>Querceto-Carpinetum cornoso varioherbosum</i> , ст. Раевская	300–350	Ю 10°	7Г + 3Д + ед Я	60	10/0,15	3,0	10	0,30	2,0	-	+	-
<i>Querceto-Carpinetum swidoso varioherbosum</i> , Абрау-Дюрсо	100–150	ЮВ 15°	8Гр + 2Д + едЯ	60	10/0,05	2,0	20	0,40	2,0	-	+	-
<i>Junipereto-Carpinetum cotinoso varioherbosum</i> , г. Сапун	250–300	З 10°	6Г + 3Гр + 1М	50	8/0,10	4,0	30	0,30	2,0	-	+	-
<i>Querceto- Juniperetum cotinoso varioherbosum</i> , пос. Абрау	150–200	ЮВ 15°	3Дп+7Мк	50	5/0,15	1,0	30	0,40	1,5	+	-	-
Геленджикский район												
<i>Querceto-Carpinetum coryloso varioherbosum</i> , г. Крестовая	450–500	ЮЗ 15°	2Д + 8Г	60	15/0,25	2,0	10	0,30	2,0	-	+	-
<i>Carpineto-Quercetum cornoso polygonatosum</i> , п. Возрождение, р. Жене	400–450	В 15°	5Д + 4Г + 1К	60	20/0,20	3,0	5	0,40	5,0	+	-	-
<i>Carpineto-Fagetum varioherbosum</i> , г. Лысая, п. Возрождение	400–450	З 35°	3Г+7Б	60	13/0,20	2,0	10	0,30		-	-	+
<i>Querceto-Carpinetum ligustroso polygonatosum</i> , Пшадская щель	200–250	З 15°	7Г + 3Д	60	15/0,20	1,5	5	0,40	3,0	+	-	-
<i>Querceto-Fagetum crataegoso polygonatosum</i> , Михайловский перевал, г. Греческая	600–650	СВ 25°	1Д + 9Б	60	15/0,25	1,7	10	0,30	3,0	+	-	+
<i>Querceto-Carpinetum ruscoso varioherbosum</i> , г. Иваненкова	400–450	ЮЗ 5°	3Д + 7Гр	70	10/0,25	0,5	20	0,45	2,5	+	-	+
<i>Querceto-Fagetum varioherbosum</i> , г. Чанхот	250–300	СВ 45°	4Д+6Б	60	5/0,12	1,0	50	0,30	3,0	-	-	+
<i>Carpinetum (orientalis) ruscoso varioherbosum</i> , п. Криница	200–250	ЮЗ 5°	10Гр	90	13/0,24	1,5	5	0,25	3,0	-	-	+
<i>Querceto-Pinetum cotynoso ruscosum</i> , п. Бетта	250–300	В 35°	4Д+6С	30	15/0,25	5,0	15	0,50	2,0	-	-	+

Таблица 1 (продолжение). Характеристика местообитаний короткокорневищных орхидных на Северо-Западном Кавказе

Наименование ассоциации	Высота над у.м., м	Экспозиция, крутизна склона	Древостой			Нп, М	Травостой		Тп, см	Виды орхидных*		
			Формула	С, %	Нд, м d, м		ОП, %	Нт, м		1	2	3
<i>Junipereto-Carpinetum cotinoso varioherbosum</i> , п. Джубга	250–300	ЮЗ 20°	7М+3Гр+ ед Дп	70	6/0,07	1,5	20	0,30	2,0	-	+	-
<i>Querceto -Carpinetum cotinoso varioherbosum</i> , п. Джубга	250–300	ЮЗ 20°	8Гр+2Дп	80	6/0,1	1,5	10	0,30	2,0	-	+	-
Туапсинский район												
<i>Carpinetum-Alnetum cornoso varioherbosum</i> , п. Псебе	300–350	В 10°	6Г+4О	50	15/0,40	3,0	5	0,30	2,0	-	-	+
<i>Querceto-Carpinetum crataegoso varioherbosum</i> , п. Молдовановка	400–450	Ю 30°	2Д + 8Гр	60	12/0,15	1,0	10	0,30	2,0	+	-	-
<i>Fraxinetum-Quercetum swidoso polygonatosum</i> , пер. Шаумянский	600–650	СВ 20°	5Д + 3Я + 2Г	60	18/0,30	1,0	70	0,70	4,0	+	+	-
<i>Quercetum rhododendroso polygonatosum</i> , пер. Шаумянский	600–650	СВ 20°	10Дс + ед К	50	18/0,25	1,0	30	0,40	4,0	+	-	-
<i>Fageto- Quercetum cornoso polygonatosum</i> , пер. Шаумянский	600–650	СЗ 30°	7Дс + 3Б+ ед К	70	18/0,30	3,0	30	0,40	4,0	-	+	-
<i>Querceto-Carpinetum cornoso ruscosum</i> , з. Подхребтовая	400–450	ЮВ 50	3Д + 7Г	50	18/0,40	1,5	5	0,40	3,0	+	-	-
<i>Querceto-Carpinetum swidoso varioherbosum</i> , п. Ольгинка, р. Кабак	200–250	В 20°	7Г + 2Д + 1Я	80	20/0,40	2,0	20	0,50	3,5	+	-	-
<i>Querceto-Carpinetum cornoso caricosum</i> , п. Ольгинка	200–250	С 45°	4Д+6Г	50	15/0,30	6,0	5	0,30	3,0	-	-	+
<i>Pinetum rhododendroso varioherbosum</i> , м. Кадош	250–300	Ю 5°	10С	60	12/0,40	1,0	5	0,20	1,0	+	-	-
<i>Querceto- Pinetum rhododendroso varioherbosum</i> , м. Кадош	250–300	Ю 5°	2Д+8С	50	12/0,40	1,0	10	0,30	2,0	+	-	-
<i>Querceto-Aceretum staphyloso polygonatosum</i> , п. Архипо-Осиповка	350–400	З 50°	5К+4Д+1Г	70	22/0,50	4,0	10	0,40	3,0	-	-	+
<i>Carpinetum-Quercetum cornoso ruscosum</i> , п. Тешебс	300–350	Ю 45°	4Гр+6Д	60	18/0,30	5,0	5	0,45	3,0	-	-	+
<i>Querceto-Carpinetum ligustroso varioherbosum</i> , Березовская щель, п. Прасковеевка	400–450	З 15°	6Г+3Д+1Гр	60	15/0,25	3,0	20	0,40	2,0	-	-	+
<i>Querceto-Carpinetum cornoso ruscosum</i> , п. Лермонтово	250–300	С 35°	2Д+8Г	60	10/0,33	3,0	10	0,60	3,0	-	-	+

Таблица 1 (продолжение). Характеристика местообитаний короткокорневищных орхидных на Северо-Западном Кавказе

Наименование ассоциации	Высота над у.м., м	Экспозиция, крутизна склона	Древостой			Нп, м	Травостой		Тп, см	Виды орхидных*		
			Формула	С, %	Нд, м d, м		ОПП, %	Нт, м		1	2	3
<i>Querceto-Carpinetum crataegoso polygonatosum</i> , бухта Инал	200–250	СЗ 20°	2Д+8Г	50	15/0,25	2,0	10	0,40	2,0	+	+	+
<i>Querceto-Carpinetum crataegoso polygonatosum</i> , бухта Инал	200–250	ЮЗ 15°	2Д+8Гр	50	12/0,25	2,0	10	0,40	2,5	+	+	+
<i>Carpinetum-Fagetum cornoso varioherbosum</i> , бухта Инал	200–250	СЗ 20°	7Б+3Г+ед.Дс	80	20/0,40	1,0	30	0,40	3,0	+	-	+
<i>Carpinetum-Fagetum cornoso polygonatosum</i> , бухта Инал	200–250	СР 15°	6Б+4Г+ед.Дс	70	20/0,40	3,0	30	0,40	3,0		+	+
<i>Junipereto-Carpinetum cotinoso varioherbosum</i> , бухта Инал	200–250	ЮЗ 20°	6Гр+3М-к+1Дп	30	4/0,07	1,0	70	0,40	2,0	+	+	-
Абинский												
<i>Querceto-Carpinetum cornoso varioherbosum</i> , ст. Эриванская	400–450	ЮВ 15°	7Г + 3Д	60	15/0,20	5,0	5	0,30	3,0	+	+	+
<i>Querceto — Fagetum cornoso varioherbosum</i> , г. Шизе, ст. Эриванская	400–450	ЮЗ 10°	9Б+1Дс+ед.Кл	90	18/0,30	3,0	10	0,40	4,0	+		
<i>Fagetum — Coryllo varioherbosum</i> , г. Шизе, ст. Эриванская	400–450	З 10°	10Б+ ед.Дс	80	18/0,30	3,0	5	0,30	3,0		+	
<i>Populetum varioherbosum</i> , п. Светлогорский, лесополоса	100-150	плато	10Т	-	15/0,50	-	10	0,40	3,0	+	+	
Апшеронский район												
<i>Fageto-Abietum ilexoso caricosum</i> , Камышанова Поляна	1300-1400	плато 3°	6П+4Б	90	25/0,50	-	30	0,40	3,0			+
Сочинский район												
<i>Querceto-Carpinetum rhododendroso (luteum) varioherbosum</i> , п. Магри	150-200	В 10°	9Г+1Д	60	18/0,30	1,5	20	0,40	2,0	+	-	-

Примечание: *1 — *Cephalanthera longifolia*, 2 — *C. damasonium*, 3 — *C. rubra*.

Н н. у. м., м — высота над уровнем моря в метрах; С — сомкнутость; Нд, м — высота древостоя в метрах; d, м — диаметр деревьев в метрах; Нп, м — высота подроста в метрах; ОПП — общее проективное покрытие; Нт, м — высота травостоя в метрах; Эк — экспозиция; Древостой: Гр — грабник (*Carpinus orientalis* Mill.), Дп — дуб пушистый (*Quercus pubescens* Willd.), Мк — можжевельник красный (*Juniperus oxycedrus* L.), М — можжевельник вонючий (*Juniperus foetidissima* Willd.), Мв — можжевельник высокий (*Juniperus excelsa* M. Bieb), Ф — фисташка туполистная (*Pistacia mutica* Fischer et C.A. Meyer)

Таблица 2. Типы древостоев и число ценопопуляций местообитаний короткокорневищных орхидных

№ пп	Древостой	Общее число ценопопуляций	1	2	3
1	<i>Querceto-Carpinetum</i>	19	9	4	6
2	<i>Carpineto-Quercetum</i>	2	1	1	-
3	<i>Carpineto-Fagetum</i>	4	1	2	1
4	<i>Fageto-Carpinetum</i>	2	1	-	1
5	<i>Querceto-Fagetum</i>	3	1	2	-
6	<i>Fraxineto-Quercetum</i>	2	1	-	1
7	<i>Fageto-Quercetum</i>	1	-	-	1
8	<i>Carpineto-Alnetum</i>	1	-	1	-
9	<i>Carpinetum (orientalis)</i>	1	-	1	-
10	<i>Fageto-Abietum</i>	1	-	1	-
11	<i>Junipereto-Carpinetum (orientalis)</i>	3	1	-	2
12	<i>Querceto-Juniperetum</i>	1	1	-	-
13	<i>Querceto-Aceretum</i>	1	-	1	-
14	<i>Querceto-Pinetum</i>	2	1	1	-
15	<i>Quercetum</i>	1	1	-	-
16	<i>Pinetum</i>	1	1	-	-
Типов древостоев		16	11	9	6
Число местообитаний		42	19	14	12

Примечание: *1 — *Cephalanthera longifolia*, 2 — *Cephalanthera rubra*, 3 — *Cephalanthera damasonium*,

над уровнем моря. Например, *C. longifolia* встречается в нижнем горном поясе в 14 местообитаниях из 16, *C. rubra* — в 11 из 12, *C. damasonium* — в 8 из 9.

Значительно меньше ценопопуляций короткокорневищных орхидных отмечено в среднем горном поясе. Например, на высотах в интервале 500–800 м отмечено два местообитания *C. longifolia* (Михайловский перевал г. Греческая, пер. Шаумянский), одно — *C. rubra* (Михайловский перевал г. Греческая), одно — *C. damasonium* (пер. Шаумянский).

Местообитания изучаемых видов орхидных занимают склоны различных экспозиций и крутизны. Наибольшее число ценопопуляций (75%) отдельных видов отмечены в местообитаниях, занимающих юго-восточные, западные, юго-западные, северные и северо-восточные склоны (по 14–17% каждого из направлений). Восточные, южные и северо-западные склоны отмечены всего в 25% местообитаний. В пределах отдельных районов экспозиции, занимаемые популяциями короткокорневищных орхидных, могут различаться. Например, в Новороссийском районе преобладают местообитания на юго-восточных (3 местообитания) и северо-западных (2) склонах. В Геленджикском районе большая часть местообитаний занимает северо-восточные (6), западные (8) и юго-западные (4) склоны. В Туапсинском районе значительная часть местообитаний короткокорневищных орхидных относится к северным

(7), юго-западным (6), южным (4) и юго-восточным (4) направлениям. В Абинском районе два местообитания занимают юго-восточное направление (2), юго-западное (1) и западное (1) направления. Для каждого из видов можно выделить преобладающие ориентации склонов, на которых расположены их ценопопуляции.

Крутизна склонов является важным фактором в определении возможности развития ценопопуляций короткокорневищных орхидных, поскольку с ним связаны особенности плодородия почвы, её влагоемкость, сохранение подстилки и т.д. В Новороссийском районе основная часть местообитаний изучаемых видов орхидных приурочена к крутизне склонов от 10° до 15°, и только в п. Абрау наклон составляет 20°. В Геленджикском районе крутизна склонов различных экспозиций варьирует от 5 до 25° и только в некоторых местообитаниях (г. Чанхот, п. Бетта, г. Лысая, п. Возрождение) составляет 35–45°. В Туапсинском районе основная масса местообитаний занимает экспозиции с крутизной склонов от 10 до 25°. Самая большая крутизна склонов отмечена у п. Лермонтово (35°), Тешевс (45°), Архипо-Осиповка (50°), Ольгинка (45°) и Дефановка (40°). Незначительной крутизной склонов выделяются местообитания на мысе Кадош, г. Подхребтовой и в ур. Котловина (уклон по 5°). В Абинском районе местообитания занимают юго-восточные склоны крутизной около 15°, а в Сочинском районе — 10°. Местообитания *C. longifolia* приурочены в большей степени к южным

Таблица 3. Характеристика ценопопуляций *C. longifolia* в условиях Северо-Западного Кавказа

Местонахождение	Ассоциация	Средняя численность популяции	Средняя плотность популяции (экз./м ²)	Возрастные группы, %			
				j	im	vv	g
Новороссийский район							
х. Павловский	<i>Carpineto-Fagetum crataegoso varioherbosum</i>	30	3,0	5	15	10	70
ур. Натухаевский лесхоз	<i>Fageto-Carpinetum cornoso varioherbosum</i>	38	3,8	21,4	25,0	25,0	28,6
пос. Абрау	<i>Querceto- Juniperetum cotinoso varioherbosum</i>	33	3,3	9,1	18,2	21,2	51,5
Геленджикский район							
г. Сапун	<i>Junipereto-Carpinetum cotinoso varioherbosum</i>	27	2,7	11,8	29,4	41,2	17,6
Пшадская щель	<i>Querceto-Carpinetum ligustroso polygonatosum</i>	33	3,3	12,7	22,1	39,1	26,1
п. Возрождение, р. Жене	<i>Carpineto-Quercetum cornoso polygonatosum</i>	15	0,5	-	-	20	80
Михайловский перевал, г. Греческая	<i>Querceto-Fagetum crataegoso polygonatosum</i>	18	1,8	12,5	25,0	50,0	12,5
г. Иваненкова	<i>Querceto-Carpinetum ruscoso varioherbosum</i>	56	5,6	8,7	17,4	56,5	17,4
Туапсинский район							
п. Молдовановка	<i>Querceto-Carpinetum Crataegoso varioherbosum</i>	30	3,0	10	10	55,0	25,0
бухта Инал	<i>Querceto-Carpinetum crataegoso polygonatosum</i>	36	3,6	7,7	15,4	19,2	57,7
ст. Навагинская	<i>Querceto-Carpinetum swidoso varioherbosum</i>	19	1,9	11,1	11,1	44,4	33,3
г. Подхребтовая	<i>Querceto-Carpinetum cornoso ruscosum</i>	25	2,5	13,0	7,0	13,0	67,0
пер. Шаумянский	<i>Fraxineto-Quercetum swidoso polygonatosum</i>	47	4,7	14,8	19,7	26,2	39,3
пер. Шаумянский	<i>Quercetum rhododendroso polygonatosum</i>	59	1,9	6,8	10,2	37,3	45,7
п. Ольгинка, р. Кабак	<i>Querceto-Carpinetum swidoso varioherbosum</i>	25	2,5	7,0	13,0	20,0	60,0
м. Кадош	<i>Pinetum rhododendroso varioherbosum</i>	57	5,7	11	27	25,0	37,0
м. Кадош	<i>Querceto -Pinetum rhododendroso varioherbosum</i>	80	3,2	8,8	31,2	38,8	21,2
Абинский район							
ст. Эриванская	<i>Querceto-Carpinetum cornoso varioherbosum</i>	37	3,7	11,0	22,0	30,0	37,0
Сочинский район							
п. Магри	<i>Querceto-Carpinetum rhododendroso (luteum)</i>	22	2,2	8,3	8,3	25,0	58,4

румбам (юго-восточный и юго-западный) с крутизной 5–15°, а также к западным и восточным направлениям и реже — к северо-восточным склонам с крутизной 20–25°. Большинство местообитаний *C. damasonium* занимают южные экспозиции (южные, юго-восточные и юго-западные) с крутизной склонов 5–20°.

Особенности растительного покрова. Местообитания короткокорневищных орхидных в условиях Северо-Западного Кавказа различаются характером древостоя (его составом, сомкнутостью, высотой и другими особенностями), подлеска, подроста и травостоя (видовой состав, проективное покрытие, высота и т.д.), а также специфической подстилки, численностью ценопопуляций и соотношением возрастных групп изучаемых видов (табл. 1).

В составе древостоев всех местообитаний изучаемых видов отмечено 14 основных пород деревьев (*Quercus petraea* L. Ex Liebl., *Q. pubescens* Willd., *Carpinus betulus* L., *C. orientalis* Mill., *Fagus orientalis* Lipsky., *Acer laetum* C.A. Mey, *Tilia cordata* Mill., *Betula pendula* Roth, *Fraxinus excelsior* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gaeryh., *Pinus pallasiana* D. Don, *Abies nordmanniana* (Stev.) Spach, *Juniperus foetidissima* Willd. и др.), среди которых доминирующими выступают *Quercus petraea*, *Carpinus betulus*, *Fagus orientalis*. Сочетание пород в качестве доминантов и содоминантов образует 16 типов древостоя (табл. 2).

***Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch** (Пыльцеголовник длиннолистный) — восточно-древнесредиземноморский вид [1, 4, 11]. Для него характерно многолетнее короткое корневище и большое число тонких и длинных корней в узлах. Боковые корни относительно короткие и утолщенные. Поскольку этот вид способен переопыляться с другими видами рода и даже с некоторыми видами рода *Epipactis*, образуя гибриды, то растения отличаются большим морфологическим многообразием вегетативных и генеративных структур [3]. На Северо-Западном Кавказе ценопопуляции вида встречаются в Новороссийском, Геленджикском, Туапсинском, Абинском и Сочинском районах [8, 10].

Первичные описания растительных сообществ, где развиваются ценопопуляции *C. Longifolia*, были проведены в 1995 г. при методическом руководстве М.Г. Вахрамеевой (мыс Кадош, перевал Шаумянский в Новороссийском районе; бухта Инал в Геленджикском районе; ст. Эриванская в Абинском районе). Мониторинг этих местообитаний продолжается и показывает, что численность большинства изученных ценопопуляций колеблется от 25 до 40 особей (табл. 3).

Большинство ценопопуляций (10 из 19) имеют левосторонний возрастной спектр. У самых молодые цено-

популяции *C. longifolia* доля генеративных особей составляет от 12 до 30%. Правосторонний спектр, где доля генеративных особей более 50%, наблюдается в шести ценопопуляциях *C. longifolia* на Черноморском побережье. Максимальное число генеративных особей (более 70%) отмечено в двух ценопопуляциях возле х. Павловский и п. Возрождение, что указывает на неблагоприятные условия их развития. Преобладание генеративных особей объясняется главным образом световым режимом: сравнительно невысокой сомкнутостью древостоя и подлеска и низким проективным покрытием травостоя. В этих условиях генеративные побеги *C. longifolia* часто превышают основной травостой.

За все годы исследований численность ценопопуляции *C. longifolia* изменялась от 44 до 98 особей, а минимальная численность была отмечена при низких зимних температурах в 1997–1998 и 2005–2006 гг.

Изменения численности ценопопуляций и соотношение возрастных групп связано в основном с метеорологическими условиями. Антропогенный фактор влияет незначительно, что объясняется достаточной удаленностью ценопопуляций от просек, дорог и тропинок. Легкое вытаптывание при сборе грибов и посещение леса также не влияет кардинально на состояние ценопопуляций, поэтому можно говорить о перспективах прогрессивного развития большинства изученных видов.

***Cephalanthera rubra* (L.) Rich.** (Пыльцеголовник красный) — европейско-средиземноморский вид. На территории Северо-Западного Кавказа встречается в Геленджикском, Туапсинском, Апшеронском и Сочинском районах [6, 11]. Этот вид более строго приурочен к определенным лесным формациям и произрастает в 8 типах лесов с доминированием *Quercus petraea* (Matuschka) Liebl., *Q. pubescens* Willd., *Carpinus betulus* L., *C. orientalis* Mill., *Fagus orientalis* Lipsky, *Acer campestre* L., *Alnus glutinosa* L., *Pinus pallasiana*. Лесные ассоциации с ценопопуляциями изучаемого вида отличаются большим разнообразием подлеска: *Cornus mas* L., *Staphylea colchica* Stev., *Swida australis* (C.A. Mey.) Pojark. ex Grossh., *Ligustrum vulgare* L., *Corylus avellana* L. и др.).

Особенностью травяных фитоценозов *C. rubra* является, как правило, постоянное наличие растений *Orobis vernus* L. (*Lathyrus vernus* (L.) Bernh.). Цветки этого вида морфологически сходны с изучаемым видом, а соцветия размещаются в одном ярусе, что увеличивает вероятность опыления насекомыми. В других ценопопуляциях эффективному опылению изучаемого вида способствует одновременное цветение купены и ландыша.

Таблица 4. Характеристика ценопопуляций *Cephalanthera rubra* в условиях Северо-Западного Кавказа

Местонахождение	Ассоциация	Средняя численность популяции	Средняя плотность популяции (экз./м ²)	Возрастные группы, %			
				j	im	vv	g
Геленджикский район							
г. Чанхот	<i>Querceto-Fagetum varioherbosum</i>	23	2,3	11,8	28,4	41,2	17,6
г. Иваненкова	<i>Querceto-Carpinetum ruscoso varioherbosum</i>	17	1,7	8,7	17,4	56,5	17,4
п. Криница	<i>Carpinetum (orientalis) ruscoso varioherbosum</i>	15	1,5	13,4	20,0	33,3	33,3
г. Греческая, Михайловский перевал	<i>Querceto-Fagetum crataegoso polygonatosum</i>	23	2,3	13,1	17,4	39,1	30,4
г. Лысая, п. Возрождение	<i>Carpinetum-Fagetum varioherbosum</i>	15	1,5	-	-	-	100,0
п. Бетта	<i>Querceto-Pinetum cotinoso ruscosum</i>	20	2,0	10,0	20,0	20,0	50,0
п. Архипо-Осиповка	<i>Querceto-Aceretum staphyloso polygonatosum</i>	23	2,3	8,7	21,7	43,5	26,1
п. Тешебс	<i>Carpinetum Quercetum. ruscosum</i>	15	1,5	-	-	40,0	60,0
Березовская щель, п. Прасковеевка	<i>Querceto-Carpinetum ligustroso varioherbosum</i>	25	2,5	-	-	20,0	80,0
бухта Инал	<i>Carpinetum Fagetum cornoso varioherbosum</i>	15	1,5	18,9	18,9	26,6	46,6
Туапсинский район							
п. Ольгинка	<i>Querceto-Carpinetum cornoso caricosum</i>	24	2,4	-	20,8	29,2	50,0
п. Псебе	<i>Carpinetum-Alnetum cornoso varioherbosum</i>	14	1,4	-	14,3	28,6	57,1
п. Лермонтово	<i>Querceto-Carpinetum cornoso ruscosum</i>	24	2,4	-	-	-	100
Апшеронский район							
Камышанова поляна	<i>Fageto-Abietum ilexoso caricosum</i>	12	1,2	-	16,7	25,0	58,3

C. rubra относят к группе гелиофитов [4]. По нашим наблюдениям, в условиях Северо-Западного Кавказа этот вид можно отнести к группе гелиосциофитов при сомкнутости крон древостоя 50–70% и более.

Большинство изученных ценопопуляций *C. rubra* имеет правосторонний возрастной спектр, что можно считать признаком неперспективности дальнейшего развития (табл. 4).

Cephalanthera damasonium (Mill.) Druce, или Пыльцеголовник крупноцветковый, — европейско-средиземноморский вид. На Северо-Западном Кавказе встречается в различных типах лесов (буковых, грабовых, дубовых, ясеневых) и можжевельниковых редколес-

сях Новороссийского, Геленджикского, Туапсинского и Абинского районов [8].

Надземные побеги этого вида не превышают 65 см, формируя в нижней части укороченные влагалищные листья, а на высоте 12–15 см от зоны побегообразования — настоящие листья овальной формы длиной 5–6 см и шириной 3–4 см. Корневища сильноразветвленные, отдельные придаточные корни доходят до материнской породы (г. Сапун).

Численность ценопопуляции варьирует от 19 особей (ур. Натухаевский лесхоз, *Fageto-Carpinetum cornoso varioherbosum*) до 37 (пер. Шаумянский, *Fraxineto-Quercetum swidoso polygonatosum*).

Таблица 5. Характеристика ценопопуляций *Cephalanthera damasonium* в условиях Северо-Западного Кавказа

Местонахождение	Ассоциация	Средняя численность популяции	Средняя плотность популяции (экзс./м ²)	Возрастные группы, %			
				j	im	vv	g
Новороссийский район							
ур. Натухаевский лесхоз	<i>Fageto-Carpinetum cornoso varioherbosum</i>	10	1,0	10	10	10	10
х. Павловский	<i>Carpineto-Fagetum crataegoso varioherbosum</i>	16	1,6	12,4	18,8	18,8	50,0
ст. Раевская	<i>Querceto-Carpinetum cornoso varioherbosum</i>	26	2,6	7,7	16,4	19,2	57,7
г. Сапун	<i>Junipereto-Carpinetum cotinoso varioherbosum</i>	17	1,7	17,7	17,7	23,5	41,1
Абрау-Дюрсо	<i>Querceto-Carpinetum swuaedoso varioherbosum</i>	15	1,5	20,0	20,0	26,7	33,3
Геленджикский район							
г. Крестовая	<i>Querceto-Carpinetum Coryloso varioherbosum</i>	30	3,0	6,7	13,3	23,3	56,7
п. Джубга	<i>Junipereto-Carpinetum cotinoso varioherbosum</i>	15	1,5	13,3	20,0	26,7	40,0
п. Джубга	<i>Querceto -Carpinetum cotinoso varioherbosum</i>	18	1,8	5,6	11,1	27,7	55,6
Туапсинский район							
бухта Инал	<i>Querceto-Carpinetum crataegoso polygonatosum</i>	32	3,2	6,3	6,3	15,6	71,8
пер. Шаумянский	<i>Fraxineto-Quercetum swidoso polygonatosum</i>	37	3,7	8,1	13,5	21,6	56,8
пер. Шаумянский	<i>Fageto- Quercetum cornoso polygonatosum</i>	29	2,9	6,9	13,8	27,6	51,7
Абинский район							
ст. Эриванская	<i>Querceto-Carpinetum cornoso varioherbosum</i>	27	2,7	7,4	11,1	14,8	66,7

В большинстве местообитаний численность ценопопуляций *C. damasonium* находится в пределах 26–30 особей (табл. 5).

Во всех местообитаниях преобладают генеративные особи. Различия по характеру размножения связаны со степенью затенения в местах обитания, что зависит от сомкнутости крон и развития травостоя. На возрастной состав оказывает влияние состав почвы (плодородие, плотность сложения и гранулометрический состав), что связано с требовательностью корневищ к рыхлой и относительно питательной почве. При значительном затенении новые особи в ценопопуляциях

размножаются в основном вегетативно (пер. Шаумянский).

Динамика возрастного состояния и колебания численности возрастных групп связаны также с погодными условиями. Так, минимальная численность особей *C. damasonium* отмечалась в 1998 и 2006 гг. (соответственно 17 и 21 особь) на перевале Шаумянском, что связано с очень низкими зимними температурами (до минус 40°C) этого периода наблюдений.

Детально изученная ценопопуляция *C. damasonium* на пер. Шаумянском на ступени склона крутизной 30°

отличалась низкой долей ювенильных особей, скорее всего, из-за смыва семян дождевыми и тальными водами либо ветрового сноса к подножию склона. Тем не менее за весь период наблюдений численность данной ценопопуляции увеличилась почти вдвое, что говорит о её перспективности и возможности дальнейшего освоения территории.

Cephalanthera floribunda Woronow (Пыльцеголовник пышноцветущий) — европейско-переднеазиатский вид, встречается на Черноморском побережье Кавказа (от Анапы до Архипо-Осиповки); произрастает в нижнем горном поясе под пологом леса, в кустарниках [9], в можжевельниковых редколесьях, в сосняках и грабниках Черноморского побережья и Северо-Западного Кавказа в Апшеронском, Новороссийском, Туапсинском и Сочинском районах. Данный вид отмечен нами на Шаумянском перевале (*Quercetum rhododendroso polygonatosum*) и в бухте Инал (*Junipereto-Carpinetum cotinoso varioherbosum*) [11].

Растения этого вида отличается укороченным горизонтальным или вертикально восходящим корневищем. Высота ортотропных побегов достигает 60 см; листья мелкие сизовато-зеленые яйцевидно-ланцетные. Густая кисть соцветия с довольно крупными колокольчатыми цветками (более 2 см длины); цветонос покрыт волосками. Околоцветник состоит из кремовых эллиптически-ланцетных или яйцевидных листочков длиннее губы, разделенной выемкой на две части. Задняя часть губы шириной до 1 см имеет при основании шпорец, передняя часть широкоовальная, закрученная у основания; завязь сидячая, цилиндрическая, слегка закрученная; цветение приходится на май-июнь [2].

Крутизна склона в бухте Инал составляет 15°. На нем среди зарослей кустарников и невысоких деревьев в 1995 г. была заложена постоянная площадка наблюдения (25 м²), учетная площадь составляла 5 м². Проективное покрытие травостоя 40%. На границе площадки отмечено антропогенное воздействие в виде дороги к лесу через кустарники, а в нескольких метрах от площадки — отмечено место отдыха с кострищем. Имеет место также вытаптывание, которое уплотняет верхний слой почвы, затрудняя прорастание семян и влияя на долю ювенильных особей в ценопопуляции. Наименьшая численность отмечалась в 2006 и 2008 гг. (12 и 20 особей соответственно). Снижение численности популяции, скорее всего, связано с очень низкими зимними температурами этих лет исследования. Можно сказать, что соотношение возрастных групп в значительной степени зависело от погодных условий. Возрастной спектр данной ценопопуляции *C. floribunda* на протяжении всего времени мониторинга отличался преобладанием генеративных особей, кроме 2006 г.,

когда доминировали виргинильные растения, что тоже связано с влиянием сильных морозов до минус 35 °С. Ценопопуляцию можно считать нормальной, т.к. в ней представлены особи всего возрастного спектра.

Таким образом, можно говорить о возможном регрессивном направлении развития ценопопуляции при усилении антропогенного воздействия, поскольку корневищный виды очень негативно реагируют на повышение плотности почвы.

ВЫВОДЫ

Таким образом, при анализе результатов мониторинга состояния и развития ценопопуляций на Северо-Западном Кавказе видов рода *Cephalanthera* можно заключить следующее.

1. Виды рода *Cephalanthera* относятся в короткокорневищным орхидным, поэтому относительно устойчивы к слабому антропогенному воздействию, но плохо переносят тяжелые почвы и, в частности, уплотнение; особенно уязвимой оказалась ценопопуляция *C. rubra*.
2. В целом виды рода *Cephalanthera* характеризуются достаточно широкой экологической пластичностью и способны произрастать в довольно широком диапазоне природных условий, вегетируя от нижнего до верхнего горно-лесного пояса, на склонах различной экспозиции и крутизны, в разных типах леса, выдерживая сомкнутость древостоя до 90% и проективное покрытие травостоя до 70%.
3. Возрастной спектр изученных популяций представлен всеми возрастными категориями, кроме сенильных; в основном преобладают генеративные и виргинильные особи, т.е. популяции нормальные неполночленные.
4. Численность популяций в значительной степени зависит от эколого-фитоценологических условий: климатических и антропогенных; при неблагоприятных условиях снижается также доля ювенильных и иматурных растений.
5. Отмечена корреляция определенной степени интенсивности между численностью популяций и плотностью особей в зависимости от размеров выборки и размаха колебаний в числе особей: наиболее высокий уровень достоверности отмечен для ценопопуляций с числом особей не менее 20, при уменьшении числа особей до 10 достоверность снижается.
6. Виды рода *Cephalanthera* из-за особенности морфологии подземных частей и антропогенного воздействия являются уязвимыми, занесены в Красную книгу Краснодарского края и нуждаются в постоянном мониторинге.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверьянов Л.В. Семейство Orchidaceae / Л.В. Аверьянов // Конспект флоры Кавказа. СПб.: Изд-во СПб. Ун-та. — Т. 2. — 2006. — С. 84–101.
2. Вахрамеева М.Г. Орхидеи нашей страны / М.Г. Вахрамеева, Л.В. Денисова, С.В. Никитина, С.К. Самсонов. — М.: Наука, 1991. — 222 с.
3. Вахрамеева М.Г. Орхидные России (биология, экология и охрана) / М.Г. Вахрамеева, Т.И. Варлыгина, И.В. Татаренко. — Москва: Товарищество научных изданий КМК. — 2014. — 437 с.
4. Вахрамеева М.Г. Экологические характеристики некоторых видов Европейских орхидных / М.Г. Вахрамеева, И.В. Татаренко, Т.М. Быченко // Бюл. МОИП. Отд. биол., 1994. — Т. 99. — Вып. 4. — С. 75–82.
5. Перебора Е.А. Особенности почвенного покрова местообитаний короткокорневищных орхидных Северо-Западного Кавказа / Е.А. Перебора // Экологический Вестник Северного Кавказа. — 2010. — Т. 6. — № 2. — С. 42–60.
6. Перебора Е.А. Экологические особенности *Sephalanthera rubra* (L.) Rich. (Orchidaceae) в условиях Северо-Западного Кавказа / Е.А. Перебора // Экологический Вестник Северного Кавказа. — 2007 — Т. 3. — № 4. — С. 12–29.
7. Перебора Е.А. Экологические особенности местообитаний *Sephalanthera longifolia* (L.) Fritsch в условиях Северо-Западного Кавказа / Е.А. Перебора // Экологический Вестник Северного Кавказа. — 2008. — Т. 4. — № 1. — С. 101–125.
8. Перебора Е.А. Экология местообитаний и развития *Sephalanthera damasonium* (Mill.) Druce в условиях Северо-Западного Кавказа / Е.А. Перебора // Экологический Вестник Северного Кавказа. — 2008. — Т. 4. — № 3. — С. 46–66.
9. Перебора Е.А. Эколого-фитоценологические особенности развития короткокорневищных орхидных / Е.А. Перебора // Экологический Вестник Северного Кавказа. — 2010. — Т. 6. — № 1. — С. 62–88.
10. Перебора Е.А. Распространение орхидных (ORCHIDACEAE) на Северо-Западном Кавказе / Е.А. Перебора // Бот журн., 2003. — Т. 88. — № 9. — С. 109–116.
11. Перебора Е.А. Экология орхидных Северо-Западного Кавказа: монография / под общ. ред. И.С. Белюченко / Е.А. Перебора // Краснодар: КубГАУ. — 2011. — 441с.
12. Татаренко И.В. Орхидные России: жизненные формы, биология, вопросы охраны / И.В. Татаренко. — М., 1996. — 207 с.
13. Ценопопуляции растений (Основные понятия и структура) / Под ред. А.А. Уранова, Т.И., Серебряковой. — М. 1976. — 216 с.
14. Ярошенко П.Д. Геоботаника / П.Д. Ярошенко. — М. «Провещение», 1969. — 200 с.

© Перебора Елена Александровна (pereboraelena@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Краснодар

DOI 10.37882/2223-2966.2023.02-2.30

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПРОЖИВАНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ ФЕРМЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ КВВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АДАПТАЦИОННОГО СТАТУСА НАСЕЛЕНИЯ ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Саед Манас

Аспирант, Владимирский Государственный
университет, г. Владимир
Manas.saed@gmail.com

Трифонова Татьяна Анатольевна

Профессор, Владимирский Государственный
университет, г. Владимир
kaf_bie@mail.ru

Запруднова Елена Александровна

Доцент, кандидат биологических наук,
Владимирский Государственный университет,
г. Владимир
eazaprudnova@mail.ru

INFLUENCE OF LIVING CONDITIONS ON CHANGES IN ENZYMES OF ANTIOXIDANT PROTECTION OF THE CVV TO STUDY THE ADAPTATION STATUS OF THE POPULATION OF THE VLADIMIR REGION

**Saed Manas
T. Trifonova
E. Zaprudnova**

Summary. This article explores whether the antioxidant system can be used to monitor the adaptive mechanisms of the respiratory system of the population of the Vladimir region in different living conditions. It has been shown that the study of the functioning of the antioxidant system in humans and populations is a necessary condition for ensuring the overall health of the respiratory system and preventing the risk of chronic diseases. The high sensitivity of the system of antioxidant enzymes to air pollution factors makes it possible to use them for the purposes of physiological and biochemical monitoring.

It has been established that environmental conditions and quality of life determine the adaptive capabilities of the body, including the activation of the system of antioxidant enzymes. And that exposure to air pollutants and poor quality of life contribute to the development of oxidative stress and reduce the adaptive capabilities of the body even in young people.

Keywords: antioxidant enzymes, oxidative stress, free radical stress, catalase, superoxide dismutase (SOD), exhaled air condensate (KBB).

Аннотация. В этой статье изучается, антиоксидантной системы могут быть использованы для мониторинга адаптационных механизмов дыхательной системы населения Владимирской области в разных условиях проживания. Показано, что изучение функционирования антиоксидантной системы человека и популяций является необходимым условием обеспечения общей сохранности здоровья дыхательной системы и предотвращения риска хронических заболеваний. Высокая чувствительность к факторам загрязнения воздуха системы антиоксидантных ферментов позволяет использовать их для целей физиолого-биохимического мониторинга.

Установлено, что условия окружающей среды и качество жизни определяют адаптационные возможности организма, включающие активизацию системы антиоксидантных ферментов. И что воздействие аэрополлютантов и низкое качество жизни способствуют развитию оксидативного стресса и снижению адаптивных возможностей организма даже у молодых людей.

Ключевые слова: антиоксидантных ферментов, оксидативного стресса, свободнорадикального, каталазы, супероксиддисмутазы (СОД), конденсат выдыхаемого воздуха (КВВ).

Адаптация — это процесс приспособления физиологических функций организма к изменениям окружающей его среды, направленный на поддержание гомеостаза, т.е. постоянства внутренней среды организма. Этот процесс повышает устойчивость организма к воздействию различных внешних факторов (в том числе и неблагоприятных), что позволяет ему нормально функционировать в неадекватных условиях окружающей среды [1,2].

Система дыхания обеспечивает поступление в организм кислорода, необходимого для окислительных процессов и выделение из организма двуокиси углерода, образующегося в результате обмена веществ. И так как нарушения в обмене кислорода и углекислого газа приводят к изменению жизнедеятельности организма [3].

На сегодняшний день проведено множество исследований участия антиоксидантных ферментов во многих адаптационных реакциях в организме человека, а их основная функция заключается в поддержании постоянного уровня концентрации активных форм кислорода, необходимых для перекисного окисления липидов и ряда других биохимических процессов. в дыхательной [4].

Каталаза, пероксидазы и супероксиддисмутаза (СОД) — примеры ферментных антиоксидантов, которые вырабатываются естественным путём в организме человека, и действие которых направлено на то, чтобы уменьшить ущерб, наносимый свободными радикалами, выработка которых провоцирует ряд хронических заболеваний [5,6].

Настоящая работа посвящена изучению функционирования системы антиоксидантных ферментов в конденсате выдыхаемого воздуха в отношении адаптационных возможностей дыхательной системы населения Владимирской области.

В настоящее время известно, что одним из механизмов, через которые реализуется воздействие факторов окружающей среды на организм человека, является «окислительный стресс», представляющий собой состояния, характеризующиеся активацией процессов свободнорадикального окисления с одновременным снижением эффективности антиоксидантных механизмов [7,8,9,10,11]. В ряде работ отечественных авторов было показано влияние химических факторов среды на процессы свободнорадикального окисления. [12,13,14,15] в то же время остается открытым ряд вопросов, касающихся роли «антиоксидантных ферментов» в развитии респираторной адаптации. Так, в частности, недостаточно разработаны методологические подходы к оценке «выраженности» антиоксидантных ферментов.

Цель исследования — Оценка значимости оксидантно-антиоксидантных показателей конденсата выдыхаемого воздуха как критериев адаптационных возможностей населения Владимирской области.

Объекты, материалы и методы исследования

Объекты исследования. Объектом исследования является комплекс причинно-следственных связей между окружающей средой и активностью антиоксидантных ферментов в КВВ населения Владимирской области.

В эксперименте принимали участие жители различных по промышленной и антропогенной нагрузке населённых пунктов Владимирской области. Конденсат выдыхаемого воздуха отбирался у испытуемых в различных населённых пунктах Владимирской области. (Крупных городов (Владимир, Ковров), Малых городов и посёлков (Меленки, сел-Ворша, Петушки)) (таблица 1).

Материалы и методы исследования

Адаптационные возможности дыхательной системы (функции внешнего дыхания) оценивали с помощью (проба Штанге, проба Генчи, проба Богомазова).

Антиоксидантная активность супероксиддисмутазы определялась по методу Сироты Т.В. на основе аутоокисления адреналина.

Определение активности каталазы осуществлялось по методу Баха и Зубковой. Через титрование перекиси водорода раствором перманганата калия.

У студентов сбор КВВ проводили до нагрузки и после нагрузки.

Результаты и их обсуждение

Динамика показателей произвольных проб задержки дыхания на вдохе (проба Штанге) и выдохе (проба Генча) здоровых людей

На рисунке 1 показано: средний показатель пробы Штанге и проба Генчи КВВ у испытуемых крупных городов, и у испытуемых малых городов и посёлков. Дыхательная система жителей малых городов и посёлков демонстрирует результаты выше, чем у жителей, которые проживают в крупных городах. Это связано с тем, что на организм испытуемых из второй группы оказывается меньшее давление со стороны негативных факторов окружающей среды. Их дыхательная система менее

Таблица 1. Основная информация об испытуемой группе

		Крупных городов (Владимир, Ковров) (n=40)	Малых городов и посёлков (Меленки, сел. Ворша, Петушки) (n=40)	Студенты из крупных городов (Владимир, Ковров) (n=10)	Студенты из Малых городов и посёлков (Меленки, сел. Ворша, Петушки) (n=10)
Возраст		32,82±2,8	37,7 ±2,8	20,3±0,7	21,3±0,7
Пол	Мужчина	50%	50%	20%	60%
	Женщина	50%	50%	80%	40%
Курение		0,45 ±0,07	0,37±0,1	0,9 ±0,1	0,5±0,1

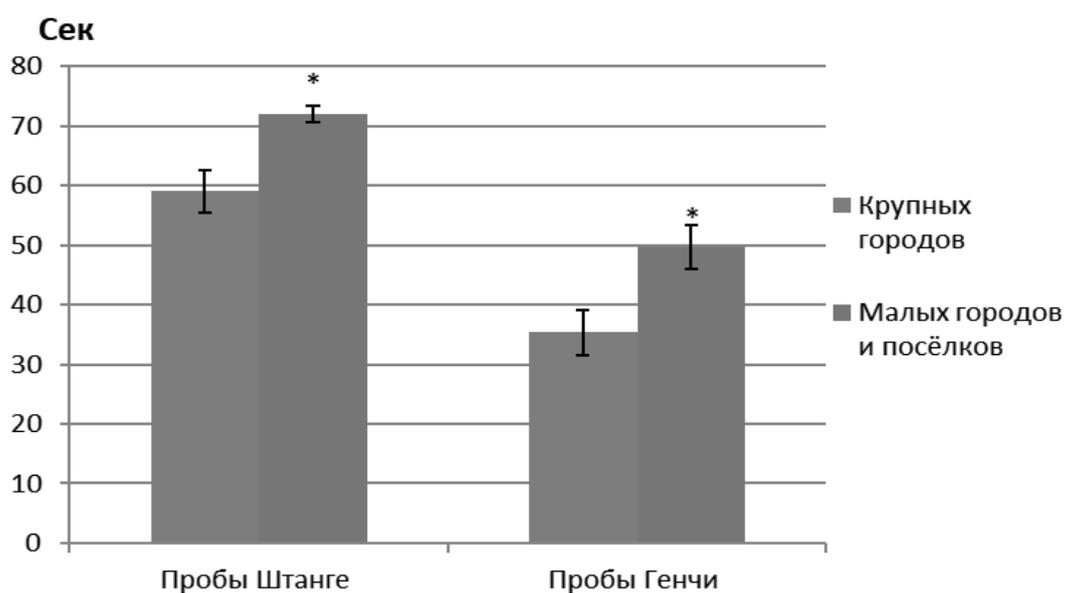


Рис. 1. Динамика показателей пробы Штанге и пробы Генчи

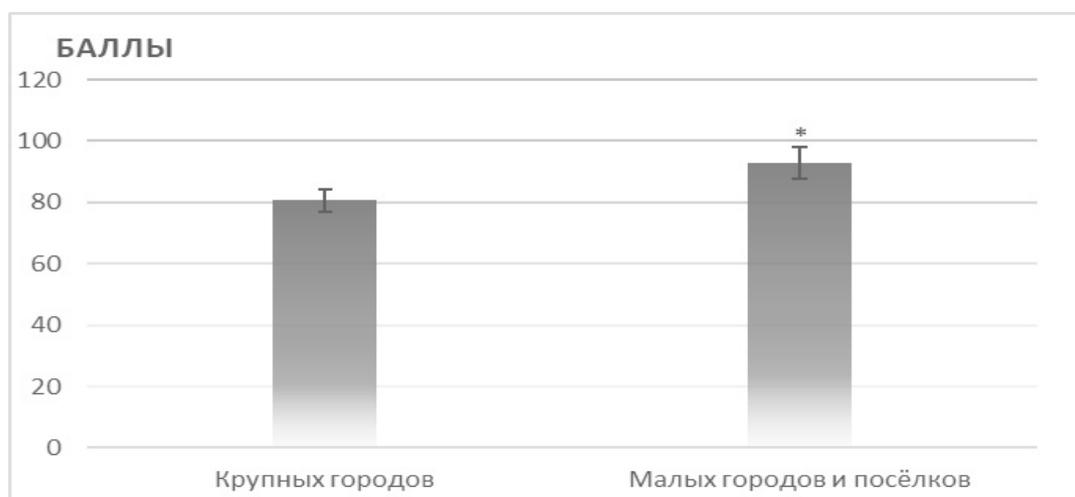


Рис. 2. Динамика индекса Богомазова (ИБ)

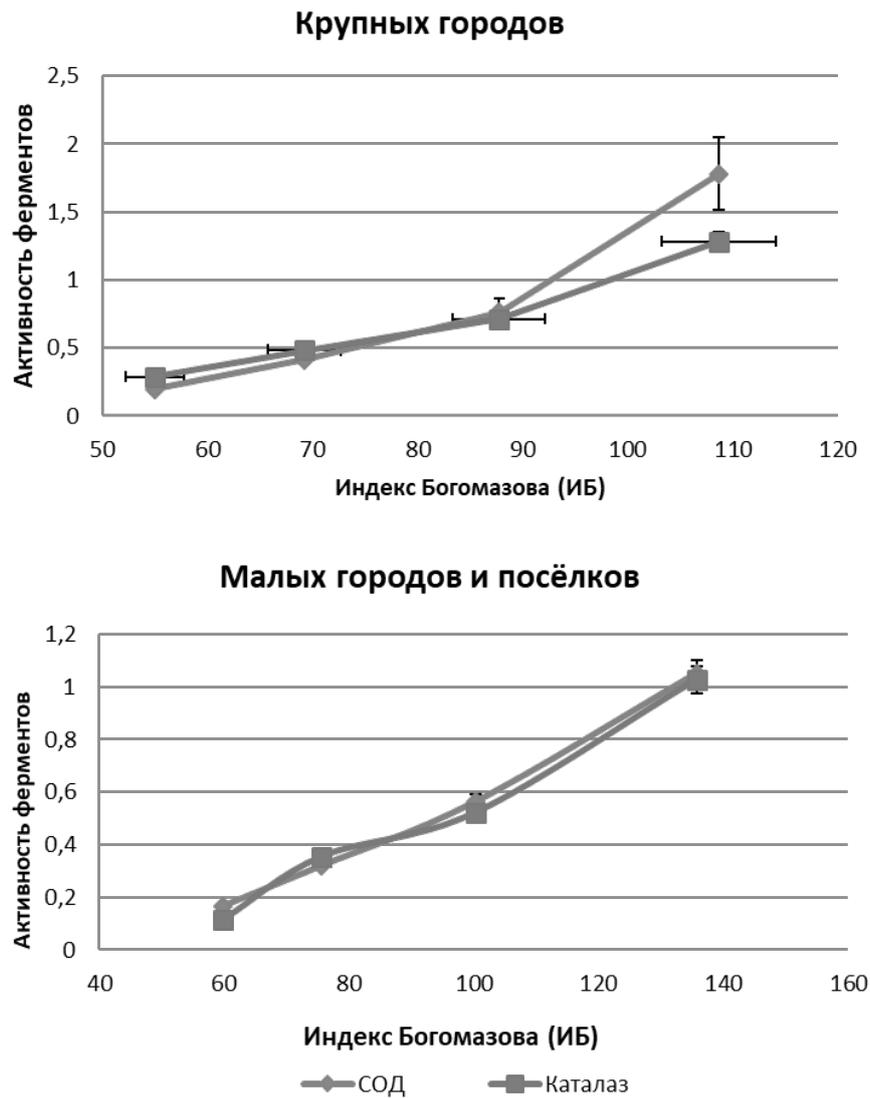


Рис. 3. Корреляционный анализ активности антиоксидантных ферментов КВВ и индекса Богомазова у испытуемых крупных городов и испытуемых малых городов и посёлков.

подвержена окислительному стрессу и повреждающим способностям свободных радикалов, т.к. источников выработки АФК меньше, чем в крупном городе.

Динамика показателей адаптационных возможностей дыхательной системы (проба Богомазова) здоровых людей Владимирской области

На рисунке 2 показано: средний индекс Богомазова (ИБ). Проба Богомазова у испытуемых крупных городов ниже, чем у испытуемых малых городов и посёлков. Это указывает на значительное снижение резервных возможностей дыхательной системы, что, скорее всего, является следствием астенизации, т.е. возникающей

из-за поражающего воздействия на население крупных городов антропогенных загрязнителей.

Проба Штанге, проба Генча, и проба Богомазова у испытуемых крупных городов ниже, чем у испытуемых малых городов и посёлков. Это указывает на значительное снижение резервных возможностей дыхательной системы, что, скорее всего, является следствием астенизации, Слабость, возникшая из-за большего воздействия на население крупных городов антропогенных загрязнителей.

Корреляционный анализ антиоксидантных показателей КВВ и индекса Богомазова у испытуемых крупных городов и у испытуемых малых городов и посёлков вы-

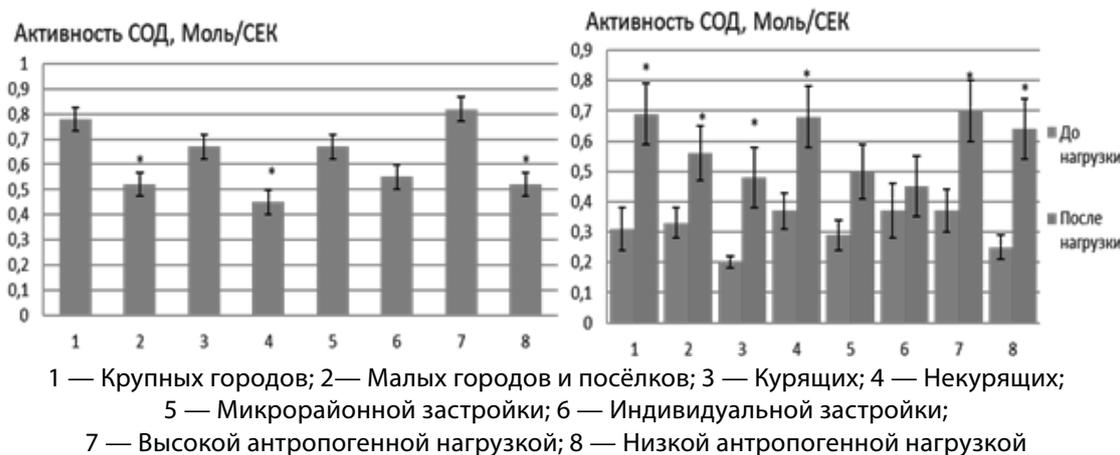


Рис. 4. Активность супероксиддисмутазы у испытуемых населения Владимирской области

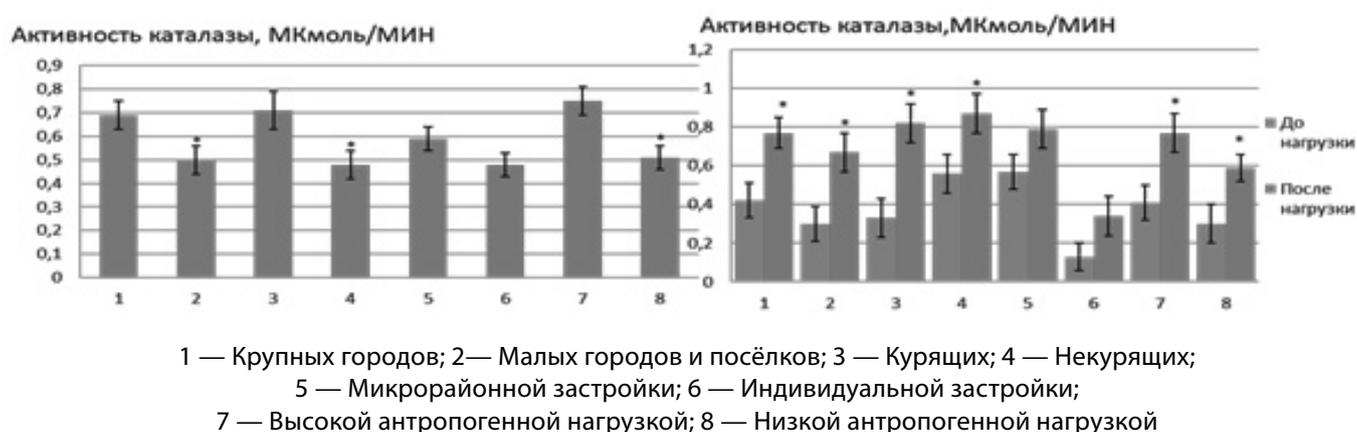


Рис. 5. Активность каталазы у испытуемых населения Владимирской области

явил наличие, положительную связь между индексом Богомазова и активностью каталазы и СОД (рисунок 3).

Активность антиоксидантных ферментов (супероксиддисмутазы) в конденсате выдыхаемого воздуха здоровых людей Владимирской области

Супероксиддисмутаза (СОД) — фермент, играющий главную роль в утилизации супероксидных анион радикалов.

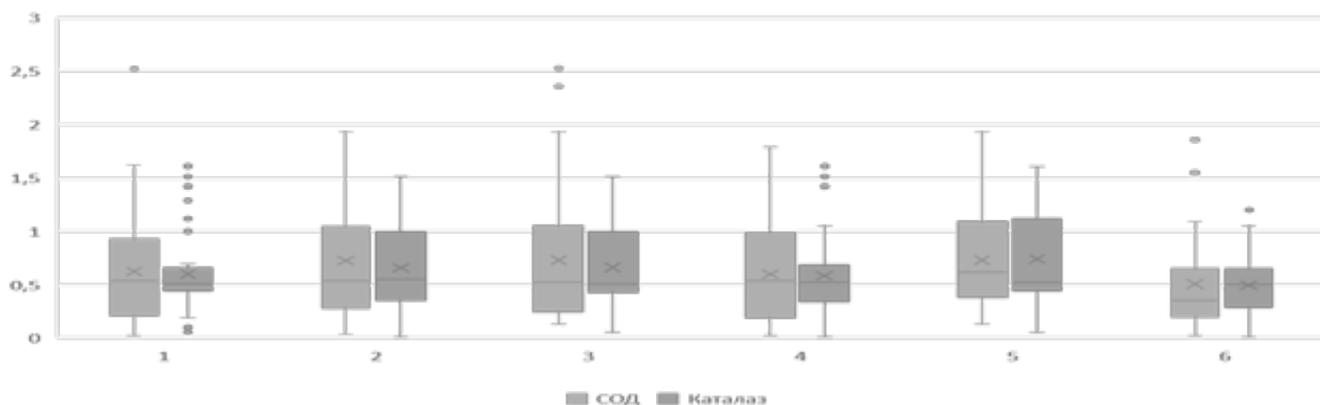
На рисунке 4 показаны различия между показателями активности АОФ, которые могут быть связаны с воздействием множества различных производственных и экологических факторов. И, скорее всего, обнаруженное в нашем исследовании увеличение активности СОД необходимо для нейтрализации избытка АФК и представляет собой комплекс адаптационных изменений.

Активность антиоксидантных ферментов (каталаз) в конденсате выдыхаемого воздуха здоровых людей Владимирской области

Биологическая роль каталазы заключается в обезвреживании пероксида водорода (H_2O_2) путем его разложения на молекулярный кислород и воду: $2H_2O_2 \rightarrow O_2 + 2H_2O$

На рисунке 5 показаны адаптивные изменения активности каталазы в КВВ, необходимые для защиты тканей от потенциального окислительного стресса, связанного с гипоксией — реоксигенацией. Наблюдаемое увеличение активности каталазы в КВВ после нагрузки служит для предотвращения окислительных повреждений. Эти изменения являются адаптивными изменениями в системе антиоксидантной защиты.

Рис. 6. демонстрирует возможность вывода о влиянии особенностей проживания и образа жизни населения



1 — Крупных городов; 2— Малых городов и посёлков; 3 — Курящих; 4 — Некурящих;
5 — Микрорайонной застройки; 6 — Индивидуальной застройки;
7 — Высокой антропогенной нагрузкой; 8 — Низкой антропогенной нагрузкой

Рис. 6. Зависимость особенностей проживания и образа жизни населения на активность антиоксидантных ферментов КВВ у населения Владимирской области

ния (курение, патогенного воздействия антропогенной нагрузки) на активность антиоксидантных ферментов (СОД, каталазы), и отсутствие влияния места жительства на активность антиоксидантных ферментов, при проведении дисперсионного анализа отметим наличие значимой корреляции на уровне 0,05.

Выводы

1. Адаптационные возможности дыхательной системы жителей малонаселённых пунктов превышают таковые жителей крупных городов (индекс Богомазова на 15,17% выше, пробы Штанге на 22,09% выше, пробы Генчи 40,48% выше).
2. В противовес оксидантным факторам происходит активация ферментов антиоксидантной защиты, причём наиболее активно у жителей крупных промышленных городов (каталазы в 1,38 раза и супероксиддисмутазы в 1,4 раза, $p \leq 0,05$) по сравнению с жителями малых городов и посёлков Владимирской области. ив КВВ у студен-

тов крупных промышленных городов (каталазы в 1,83 раза и СОД в 2,22 раза, $p \leq 0,05$). Рост активности антиоксидантных ферментов после физической нагрузки обнаружен лишь у представителей малых городов и посёлков Владимирской области (каталазы в 2,23 раза и СОД в 1,69 раза, $p \leq 0,05$). У жителей крупных городов не установлено достоверной реакции антиоксидантной системы на развивающийся оксидативный стресс.

3. Высокая чувствительность антиоксидантной ферментной системы к изменению факторов внешней среды позволяет рекомендовать ее использование для физиолого-биохимического мониторинга состояния адаптации дыхательной системы организма к факторам внешней среды. В конденсате выдыхаемого воздуха наблюдаются синхронные изменения активности супероксиддисмутазы и каталазы, что позволяет использовать активность супероксиддисмутазы и каталазы для пожизненной диагностики состояния антиоксидантной системы организма в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алтынова, Н.В. Физиологический статус студентовпервокурсников в условиях адаптации к обучению в вузе / Н.В.
2. Аболин Л.М. Психологические механизмы эмоциональной устойчивости — Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1987. — 261 с.
3. Меньшикова Е.Б., Зенков Н.К., Ланкин В.З., Бондарь И.А., Труфакин В.А. Окислительный стресс: патологические состояния и заболевания — Новосибирск: АРТА, 2008, —284 с.
4. Меньшикова Е.Б., Ланкин В.З., Зенков Н.К., Бондарь И.А., Круговых Н.Ф., Труфакин В.А. Окислительный стресс. Прооксиданты и антиоксиданты, — М.: Слово, 2006, — 556 с.
5. Fridovich I. Superoxide dismutases //J. Biol. Chem. — 1989 Vol. 264, № 5-P; 7761–7764.
6. Fryer A.A., Hume R., Strange R.C. The development of: glutathione S-transferase and glutathione peroxidase activities in human, lung // Biochim. Bio-phys. Acta. — 1986. — Vol. 883, № 3;- P. 448–453.

7. Halliwell B. Superoxide-dependent formation of hydroxyl radicals in the presence of iron chelates: is it a mechanism for hydroxyl radical production in biochemical systems // *FEBS Lett* 92, 1978. P. 321–326.
8. Coleman, J.O.D. Detoxification of xenobiotics by plants: chemical modification and vascular compartmentation / J.O.D. Coleman, M.M.A. Blake-Kalff, T.G.E. Davies//*Trends Plant Sci.* — 1997. — V. 2. — P. 144–151.
9. Farber J.L. Mechanisms of cell injury by activated oxygen species. // *Environ Health Perspect.* 102:17, 1994.
10. Farber J.L. et al. The mechanisms of cell injury by activated oxygen species. // *Lab. Invest.* 62:670, 1990.
11. Ferri M., Gabriel S., Gavelli A., Franconeri P., Huguet C. Bacterial translocation during portal clamping for liver resection.// *Arch. Surg.* 1997. — № 2. — P. 162–165.
12. Сетко Н.П., Абзалилова Н.Н. Эндэкологический статус как критерий риска экологически обусловленной заболеваемости // *Гигиена и санитария.* 2001. — N 5. — С. 93–94
13. Сетко Н.П., Гомонов О.Б., Делов В.С. Влияние экзогенных серосодержащих химических веществ на женский организм (обзор) // *Гигиена и санитария.* 1994. — № 6. — С. 14–17.
14. Сетко Н.П. Характеристика биологического действия продуктов переработки природного газа и нефти как источников химического загрязнения окружающей среды // *Гигиена и санитария*, 1989. № 8. — С. 59–63.
15. Сетко Н.П., Стадников А.А., Фатеева Т.А. Особенности биологического действия сернистых соединений на женский организм. М.: «Медицина». — 2004.

© Саед Манас (Manas.saed@gmail.com),

Трифонова Татьяна Анатольевна (kaf_bie@mail.ru), Запруднова Елена Александровна (eazaprudnova@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Владимир

СОВРЕМЕННЫЙ СПОСОБ ОЧИСТКИ ЗАКРЫТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ РАСТЕНИЙ

MODERN METHOD OF CLEANING ENCLOSED SPACES WITH THE HELP OF PLANTS

N. Chuenko
O. Savchenko
E. Novikov
N. Tsybulya

Summary. More than 100 thousand harmful compounds in the form of gases, aerosols and dust enter the Earth's atmosphere annually, and their total amount is from 2 to 20 billion tons. The problem of indoor air pollution with formaldehyde began to attract the attention of researchers in the second half of the 70s of the last centuries. The atmosphere of industrial cities is characterized by very high concentrations of formaldehyde. In the rating of the main pollutants in 2021 are enterprises providing electric energy, gas and steam; air conditioning (41.3%); motor transport (32.1%), etc. The highest concentrations of the substance are observed in urban buildings during peak hours or in conditions of photochemical smog. Since in the middle latitudes a person is indoors about 80% of his time, this problem can be considered no less urgent than the problem of urban air pollution. One of the best ways to combat air pollution is to create new health-saving technologies. All this has a huge sanitary and hygienic and aesthetic significance, is part of the construction and architectural complex of the city and plays a very important role in the protection of atmospheric air.

Keywords: atmospheric air, sources, formaldehyde, concentration, model medium, Chlorophytum.

Чуенко Наталья Федоровна

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

Савченко Олег Андреевич

К.б.н., ведущий научный сотрудник, ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора
Savchenko1969@mail.ru

Новиков Евгений Анатольевич

Д.б.н., профессор, Новосибирский государственный аграрный университет
eug_nv@ngs.ru

Цыбуля Наталья Владимировна

К.б.н, научный сотрудник, Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской Академии наук (ЦСБС СОРАН), г. Новосибирск
ntsbul@yandex.ru

Аннотация. В атмосферу Земли ежегодно поступает более 100 тыс. вредных соединений в виде газов, аэрозолей и пыли, а суммарное их количество составляет от 2 до 20 млрд. т. Проблема загрязненности воздуха помещений формальдегидом стала привлекать внимание исследователей еще во второй половине 70-х годов прошлого столетия. Атмосфера промышленных городов характеризуется очень высокими концентрациями формальдегида. В рейтинге основных загрязнителей в 2021 году находятся предприятия по обеспечению электрической энергией, газом и паром; кондиционированию воздуха (41,3%); автомобильный транспорт (32,1%) и т.д. Наиболее высокие концентрации вещества наблюдаются в городских застройках в часы пик или в условиях фотохимического смога. Поскольку в средних широтах человек находится в помещениях около 80% своего времени, то эту проблему можно считать не менее актуальной, чем проблему загрязнения воздуха городов. Одним из лучших способов борьбы с загрязнением атмосферного воздуха является создания новых здоровьесберегающих технологий. Все это имеет огромное санитарно-гигиеническое и эстетическое значение, входит в строительно-архитектурный комплекс города и играет очень важную роль в охране атмосферного воздуха.

Ключевые слова: атмосферный воздух, источники, формальдегид, концентрация, модельная среда, Chlorophytum.

Источниками загрязнения формальдегидом атмосферного воздуха и воздуха помещений являются выхлопные газы автомобильного транспорта, атмосферные выбросы химических предприятий, теплоэнергетики, мусоросжигательных заводов, деревообрабатывающих фабрик. Достаточно большое количество формальдегида содержится в табачном дыме и других продуктах горения. Формальдегид относится к природным компонентам атмосферы, образующимся при атмосферном фотоокислении различных органических соединений.

Источники формальдегида в воздухе помещений разнообразны, выделяют формальдегид (нередко в сочетании с фенолом) мебель, древесноволокнистая плита и ламинированная древесина, ковры, краски, клеи, смазочные материалы, косметические средства, различные медицинские средства, минеральные удобрения [1], а также сладкие газированные воды, содержащие в своем составе не сахар, а сахарозаменитель — аспартам. Аспартам — подсластитель, заменитель сахара (пищевая добавка E951), распадается в организме человека на метанол и аминокислоты: аспарагиновую и фенил аланин. Метанол окисляется ферментами печени до формальдегида. Формальдегид выводится из организма, оказывая пагубное воздействие на организм.

Некоторые летучие органические соединения (ЛОС) являются пахучими, и ряд их вызывает неблагоприятные последствия для здоровья. ЛОС провоцируют широкий спектр заболеваний человека: раздражение органов чувств, аллергию и астму, неврологические заболевания, болезни печени и различные виды онкологических заболеваний.

Интенсивное выделение летучих соединений из материалов обычно наблюдается в течение нескольких месяцев с момента изготовления. Так, эмиссия формальдегида из материала ДСП быстро уменьшается в течение 6–12 месяцев. Средняя скорость выделения карбонильных соединений из типичных источников внутри помещений составляет для формальдегида $2,7 \pm 1,5$ мг/час, ацетальдегида — $2,6 \pm 1,4$ мг/час, для пропаналя — $0,39 \pm 0,19$ мг/час [2].

Вдыхаемый воздух является практически единственным поставщиком кислорода организму. В течение суток взрослый человек вдыхает $12\text{--}15$ м³ воздуха, который сразу вступает в непосредственный контакт с огромной площадью легочной ткани (более 100 квадратных метров) и разносится кровью ко всем органам и тканям. С учетом этого понятно, почему, ограничивая содержание различных вредных примесей в объектах внешней среды, санитарно-гигиеническое законода-

тельство устанавливает, что предельно допустимое содержание таких веществ во вдыхаемом воздухе должно быть в сотни и тысячи раз меньшим, чем аналогичные показатели для воды и пищевых продуктов.

Вопрос об улучшении воздушной среды в закрытых помещениях общеобразовательных учреждений обусловлен ростом случаев астмы и респираторных заболеваний среди детей, которые проводят значительную часть своей жизни в школьных помещениях, а также результатами исследований, подтверждающих взаимосвязи параметров качества воздуха в помещениях общеобразовательных и дошкольных учреждений и наличия заболеваний, о чем свидетельствует ряд опубликованных работ зарубежных авторов. Взаимосвязь количественного содержания углекислого газа в воздухе образовательных учреждений с потенциальными последствиями для здоровья детей и подростков была обнаружена по результатам исследований [3].

При исследовании параметров воздуха в школах и детских садах в Европе наблюдались географические различия между севером и югом Европы с точки зрения воздействия стресса на здоровье в образовательных организациях внутри помещений. Например, уровни загрязнения в греческих образовательных организациях показывают среднее значение $5,33$ мкг/м³ ($3,1\text{--}7,8$ мкг/м³) бензола и $16,55$ мкг/м³ ($13,8\text{--}20,2$ мкг/м³) формальдегида. Те же химические соединения показывают средние значения в голландских образовательных организациях $1,42$ мкг/м³ ($0,8\text{--}3,0$ мкг/м³) бензола и $13,93$ мкг/м³ ($6,1\text{--}22,4$ мкг/м³) формальдегида. Было обнаружено, что уровень летучих органических соединений в помещении и уровень биоаэрозоля в школах и детских садах выше, чем в других местах работы. Внутренние концентрации атмосферных альдегидов (формальдегид, ацетальдегид, пропионовый альдегид и бензальдегид) имеют более высокие значения по сравнению с концентрациями в атмосферном воздухе. Предполагается, что внутренние источники являются более важными факторами, влияющими на уровень загрязнения внутри помещений, чем наружные источники, такие как проникновение выхлопных газов автомобиля. Более высокие концентрации крупнозернистых частиц наблюдаются при более высоких температурах воздуха в помещении и концентрации CO₂, при этом концентрации фракций мелких частиц положительно коррелируют с относительной влажностью воздуха в помещении. В шумных местах, где расположены образовательные организации, как правило, закрывают окна, особенно во время занятий, что приводит к увеличению вероятности перегрева классных комнат в жаркую погоду и плохого качества воздуха из-за отсутствия достаточной вентиляции [4].

В качестве модельных растений для исследования газопоглотительной активности комнатных растений было взято теневыносливое, неприхотливое в уходе растения *Chlorophytum* в отношении формальдегида в лабораторных ингаляционных камерах.

В исследование использовались две герметичные затравочные камеры объемом 0,700 м³. (контроль и опыт). Уровень концентрации формальдегида в камере создавали близкую к 2,5 ПДК, критичную для помещений образовательных организаций т.к. по литературным источникам в помещениях образовательных учреждений высокие концентрации формальдегида не описаны, принято решение установить начальную концентрацию в затравочных камерах в пределах 2,5 ПДК или 0,025 мг/м³. После проведения проверок на герметичность и подготовки камер к эксперименту, осуществляли серию опытов с учётом 3-х кратной повторности.

В обе исследуемые камеры ингаляционным аспиратором производили подачу раствора формальдегида (от 2,5 до 1 ПДК). В опытную камеру помещали комнатное растение, исходя из соответствия площади листовой поверхности объёму камеры, в контрольной камере — использовалось распыление 10% водного раствора формальдегида. Методика включала отбор проб воздуха из камер после установки в них растений и распыления формальдегида. Замер формальдегида осуществлялся непрерывно с записью среднего результата за 5 минут. Все опыты проводились в помещении северной экспозиции для того, чтобы минимизировать влияние солнечного света. С помощью универсального газоанализатора ГАНК-4, измеряли концентрацию формальдегида путем введения пробоотборной трубки в специальное отверстие ингаляционной затравочной камеры, которое потом герметично закрывалось. Точка отбора располагалась в нижней части камеры, вблизи места расположения растения. Динамику газопоглотительной активности изучали в дневное время. Эксперименты проводились в трехкратной повторности [5].

При изучении газопоглотительных свойств растения *Chlorophytum* показало, что концентрация формальдегида в воздухе затравочной камеры за 30 минут уменьшилась с 0,0228 мг/м³ до 0,0016 мг/м³. Поскольку нижним пределом обнаружения газоанализатора «ГАНК-4» является концентрация 0,0015 мг/м³, конечное значение концентрации фактически соответствует нижнему пределу обнаружения. При этом концентрация 10% водного раствора формальдегида в контрольной затравочной камере на протяжении всего периода исследования оставалась на одном уровне. Таким образом, испытываемое растение поглощает формальдегид со скоростью 0,0424 мг/час. Данное исследование

было проведено в трехкратной повторности. Средняя скорость поглощения с общей площадью листовой поверхности 0,46 м² формальдегида по дням составила 0,0369; 0,0208; 0,0192 мг/ч.

Результаты показали, что *Chlorophytum* может значительно снижать содержание формальдегида в воздухе [6, 7]. Кроме того, было доказано, что для очистки воздуха помещений от формальдегида, ацетальдегида, бензальдегида, трихлорэтанола, угарного газа, ксилола, толуола, акролеина, метилэтилкетона и ацетона могут применяться и другие виды растений: *Aglaonema commutatum*, *Azalea indica*, *Anthurium andraeanum*, *Araucaria heterophylla.*, *Begonia semperflorens*, *Dracaena deremensis*, *Codiaeum variegatum*, *Maranta leuconeura* и др. [8].

В настоящее время практическая реализация идеи использования растений для улучшения воздушной среды помещения стала возможной благодаря фундаментальным научным исследованиям фитонцидной и газопоглотительной активности растений [4,9].

Исследования комнатных растений *Chlorophytum*, — выявили их способность улавливать вредные вещества и улучшать показатели воздуха помещения. Рациональный подбор возможного ассортимента растений, способствующих обеззараживанию воздуха и улучшению самочувствия и работоспособности детей и подростков в помещениях школ, описан в работе [10,11].

В начале нынешнего столетия были представлены многочисленные результаты исследований по возможности удаления летучих веществ из воздуха в помещении при помощи горшечных растений. Полученные данные являются первой всеобъемлющей демонстрацией способности системы горшечных растений выступать в качестве интегрированного биофильтра при удалении этих загрязнений. Позже было обнаружено, что *Chlorophytum* способен преобразовывать формальдегид в органические кислоты, сахара и аминокислоты посредством метаболических реакций. В 2018 году исследования китайских ученых неоднократно подтверждали эффективность горшечного *Chlorophytum* на удаление формальдегида из воздуха. Механизм был исследован путем измерения скорости удаления формальдегида и его окислительного потенциала в экстрактах листьев при увеличении времени воздействия на побеги [12]. Результаты показали, что основным механизмом удаления формальдегида горшечными *Chlorophytum comosum* является его накопление тканями растений и их разложение. При 74-часовом воздействии на побеги 68 из 94% потеря формальдегида в воздухе рассеялись тканями растений, когда исходный уровень в воздухе состав-

лял примерно 1,22 и 2,64 мг/м³. Экстракты листьев *Chlorophytum* эффективно рассеивали формальдегид, и рассеивающая способность увеличивалась со временем воздействия формальдегида в воздухе на побеги, что соответствовало увеличению окислительного потенциала экстрактов листьев. Сравнивая способность экстрактов свежих и вареных листьев (под воздействием горячим бутанолом) к растворению с добавленным формальдегидом, можно увидеть, что окислительно-восстановительная реакция между окислительными веществами в растениях и восстановительным формальдегидом может быть основным механизмом разложения формальдегида в растениях. С увеличением начальной концентрации формальдегида в экстрактах вклад ферментативных реакций (таких как дегидрогеназа) в рассеивание добавленного формальдегида резко снижался, что соответствовало усилению окислительно-восстановительной реакции. Вспышка АФК (активных форм кислорода), вызванная воздействием формальдегида, может повысить способность *Chlorophytum comosum* для удаления формальдегида из воздуха, предполагая, что дальнейшее увеличение удаления формальдегида растениями может быть достигнуто за счет увеличения окислительного потенциала в листьях растений.

При исследовании способности растений по улавливанию формальдегида из воздуха, было обнаружено, что *S. Kochii* показал самую высокую 12-часовую адсорбционную способность по формальдегиду (масса абсорбированного формальдегида на площадь листа в час — 0,086 мг/м²). Эксперименты по фумигации с использованием *Chlorophytum comosum*, *Agave americana* L. и *Aglaonema modestum* Schott ex Engl. показали, что уровень формальдегида снизился с 1,65 мг/м³ до 1,22 мг/м³ за 24 часа. Результаты показали, что *Chlorophytum comosum* (0,63 мг/м³) и *A. Americana* (0,62 мг/м³) обладают более высокой способностью удалять загрязнения формальдегидом, чем *A. Modestum* (0,13 мг/м³) [14]. Способность растений удалять загрязнения формальдегидом в помещении показывает, что растения могут иметь высокую толерантность к формальдегиду. Чем сильнее устойчивость к формальдегиду, тем сильнее способность очищать загрязнения формальдегидом. В некоторых других исследованиях Pteridophytes более устойчивы к формальдегиду, чем растения *Araceae*. Результаты эксперимента с 13 комнатными декоративными растениями показали, что все растения могут снижать концентрацию формальдегида (исходная концентрация формальдегида составляет 3–4 мг/м³). Однако, наиболее эффективными в этом процессе оказались *Syngonium podophyllum* Schott, *Pandanus veitchii* Hort. и *Dieffenbachia picta* Lodd рассмотрел ряд видов комнатных растений на предмет их способности удалять ЛОС. В целом, растения преи-

мущественно поглощают ЛОС через устьица листьев, тогда как некоторые растения поглощают через кутикулу [15].

Кроме очистки воздуха методом абсорбции растения зачастую выступают в качестве своеобразных фильтров, способных не только поглощать химические соединения из воздуха, но и улавливать твердые частицы (РМ) большой площадью листьев. Различия в типе листовой между видами могут способствовать или препятствовать осаждению частиц [14]. Некоторые исследования показывают, что наиболее влиятельными микроморфологическими особенностями удержания РМ являются шероховатость поверхности листа, наличие трихом/волосков, кутикулярный воск и плотность устьиц. В исследовании в Великобритании с помощью сканирующей электронной микроскопии и трехмерной оптической профилометрии выявлялись различия в механизмах фильтрации загрязнения воздуха у трех растений (*Hedera helix* 'Woerner', *Thuja occidentalis* 'Smaragd' и *Phyllostachys nigra*). Шероховатость поверхности листа оценивается как количественная оценка бороздок и гребней по их ширине (двумерное измерение расстояния), морфологии или той доле, которую они покрывают поверхности листа. Считается, что эта характеристика листовой имеет сильную положительную корреляцию с улавливанием РМ [16]. Некоторые исследования сообщают, что листья являются эффективным механизмом для облегчения улавливания твердых частиц.

Из всего выше сказанного можно сказать, что в улучшении качества воздушной среды комнатные растения нужно устанавливать в дошкольных и школьных организациях. Для оздоровления воздушной среды помещений уже давно применяют комнатные цветочные растения, многие из которых обладают высокой фитонцидной активностью, что является фактором позитивного влияния на содержание в воздухе микрофлоры.

Для этого нужно использовать рекомендуемые растения для озеленения интерьеров игровых и спальных помещений детских садов неприхотливых в уходе, не содержащих ядовитый сок, не вызывающие аллергические реакции и обладают выраженной антимикробной и газопоглотительной активностью.

В состав рекомендуемого научно-обоснованного ассортимента входят следующие группы растений [13,17]:

1. с выраженной (высокая или умеренная) антимикробной активностью;
2. с газопоглотительной активностью по отношению к формальдегиду и другим алифатическим и ароматическим карбонильным соединениям (ацетальдегид, бензальдегид, акролеин и др.);

3. пластичные к микроэкологическим условиям помещений (низкая влажность и высокая температура воздуха в осенне-зимний период);
4. с продолжительной санирующей активностью в течение всего года;
5. со значительной транспирирующей активностью листьев, повышающей влажность воздуха;
6. не имеющих ядовитого сока, колючек, шипов и не обладающих аллергизирующим действием.

В качестве метода очистки атмосферного воздуха, в последние десятилетия за рубежом привлекает большое внимание фиторемедиация (или биофильтрация), вероятно, из-за ее доступности и применимости, а также экологических, экономических и социальных

выгод и ее способности достигать нулевого уровня выбросов. Было доказано, что комфортный уровень проживания, продуктивность и умственное функционирование могут быть значительно улучшены, а также может быть уменьшено восприятие боли, когда растения присутствуют в комнате или на рабочем месте. При фиторемедиации растения с их родственными микроорганизмами способны извлекать загрязняющие вещества из атмосферного воздуха, а затем разлагать или детоксицировать его с помощью различных механизмов. Доказано, что это экологически чистый и устойчивый процесс на основе деятельности растений, позволяющий эффективно снижать загрязнение воздуха как в помещении, так и на открытом воздухе [18].

ЛИТЕРАТУРА

1. Скубневская Г.И., Дульцева Г.Г. Загрязнение атмосферы формальдегидом. // Экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы. — 1994. — № 31. — С. 1–59. — EDN AKHATX. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_469331_86505715.pdf (дата обращения 06.09.2022).
2. Дульцева Г.Г., Чуенко Н.Ф. О методиках измерения газопоглотительной активности растений в помещениях и в лабораторных камерах. Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2020. № 3. С. 5–8
3. Torpy F., Clements N., Pollinger M., Dengel A., Mulvihill I., On S., Irga P. Testing the single-pass VOC removal efficiency of an active green wall using methyl ethyl ketone (MEK) // *Air Quality, Atmosphere & Health*. — 2018. — Vol. 11, No. 2. — P. 163–170.
4. 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
5. Лобкис М.А., Чуенко Н.Ф., Дульцева Г.Г., Цыбуля Н.В. Обоснование методики для измерения концентрации формальдегида в воздухе. в сборнике: современные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. сборник статей IX Международной научно-практической конференции: в 2 ч. 2019. С. 27–31.
6. Wejens N., Thijs S., Popek R., Witters N., Przybysz A., Espenschade J., Gavronski S.V. The role of plant–microbe interactions and their exploitation for phytoremediation of air pollutants // *International journal of molecular sciences*. — 2015. — Vol. 16, N 10. — P. 25576–25604
7. Shao F, Wang L, Sun F, Li G, Wang Y, Bao Z. Study on different particulate matter retention capacities of the leaf surfaces of eight common garden plants in Hangzhou, China // *Science of the Total Environment*. — 2019. — Vol. 652. — P. 939–951.
8. Chiam Z., Song H.P., Lai H.R., Tan H.T. Particulate matter mitigation via plants: Understanding complex relationships with leaf traits // *Science of the total environment*. — 2019. — Vol. 688. — P. 398–408.
9. Цыбуля Н.В., Фершалова Т.Д., Давидович Л.А. Использование тропических растений для санации воздуха в экологически неблагоприятных условиях помещения // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. — 2017. — Т. 19. — N 2–2. — С. 360–364. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29945996> (дата обращения 06.09.2022).
10. Carmen Redondo-Bermúdez M., Gulenk I.T., Cameron R.W., Inkson B.J. 'Green barriers' for air pollutant capture: Leaf micromorphology as a mechanism to explain plants capacity to capture particulate matter // *Environmental Pollution*. — 2021. — Vol. 288. — P. 117809.
11. Цыбуля Н.В., Фершалова Т.Д., Давидович Л.А. Использование тропических растений для санации воздуха в экологически неблагоприятных условиях помещения // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. — 2017. — Т. 19. — N 2–2. — С. 360–364. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29945996> (дата обращения 06.09.2022)
12. Liang H., Zhao S., Su Y. Self-enhancement effect and mechanism of potted *Chlorophytum comosum* on formaldehyde removal from air // *International Journal of Environmental Research*. — 2018. — Vol. 12, N 3. — P. 337–346.
13. Moya, T.A., van den Dobbelsteen, A., Ottele, M., & Bluyssen, P.M. A review of green systems within the indoor environment // *Indoor and built environment*. — 2019. — Т. 28. — № 3. — С. 298–309. <https://doi.org/10.1177/1420326X18783042>
14. Liu J., Cao Z., Zou S., Liu H., Hai X., Wang S., Jia Z. An investigation of the leaf retention capacity, efficiency and mechanism for atmospheric particulate matter of five greening tree species in Beijing, China // *Science of the total environment*. — 2018. — Vol. 616. — P. 417–426.
15. Wejens N., Thijs S., Popek R., Witters N., Przybysz A., Espenschade J., Gavronski S.V. The role of plant–microbe interactions and their exploitation for phytoremediation of air pollutants // *International journal of molecular sciences*. — 2015. — Vol. 16, N 10. — P. 25576–25604
16. Chen L., Liu S., Zhang L., Zou R., Zhang Z. Differences in the ability of tree species to capture and retain fine particles suspended in the air (PM 2.5) // *Scientific Reports*. — 2017. — Vol. 7, N 1. — pp. 1–11

17. Дерман, С.А. Оздоровление воздушной среды учреждений дошкольного образования / С.А. Дерман // Дошкольное образование: опыт, проблемы, перспективы: сб. материалов VIII Междунар. науч.— практ. семинара (Барановичи, 23 марта 2017 г.) .— Барановичи: БарГУ. 2017.— С. 182–183.
18. Черникова В.А., Чуенко Н.Ф. Оценка оздоровительного действия растений. В сборнике: Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий. Сборник VI Всероссийской (национальной) научной конференции с международным участием. Новосибирск, 2021. С. 1419–1420

© Чуенко Наталья Федоровна (natali26.01.1983@yandex.ru), Савченко Олег Андреевич (Savchenko1969@mail.ru),
Новиков Евгений Анатольевич (eug_nv@ngs.ru), Цыбуля Наталья Владимировна (ntsybul@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИНТЕЗА РАЗНОРАКУРСНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА НАЛИЧИЕ КРИТИЧЕСКИХ ДЕФЕКТОВ

DEVELOPMENT OF SOFTWARE
FOR THE SYNTHESIS OF MULTI-ANGLE
IMAGES FOR THE INSPECTION
OF BUILDING STRUCTURES
FOR THE PRESENCE
OF CRITICAL DEFECTS

D. Akimov
V. Arbuzov
G. Sardaryan
E. Guryanova

Summary. The developed software package is designed to process a stream of video data from a robotic drone and detect defects in building structures. Methods of cluster analysis, deep neural networks, mathematical description of the construction of photogrammetric models were used in the development. As a result of using the software, a three-dimensional model of the construction object under study was obtained and a quantitative assessment of critical defects of reinforced concrete and steel structures on the suitability of the building for further operation was made. According to experimental data, the residual resource of the building to an emergency state, which is equal to 2 years, is determined.

Keywords: photogrammetry, UAVs, neural networks, critical defects, dynamics, robotics, metric estimation, three-dimensional model, video analytics.

Акимов Дмитрий Александрович

К.т.н, РТУ МИРЭА, Москва

akimov_d@mirea.ru

Арбузов Владимир Николаевич

К.т.н, РТУ МИРЭА, Москва

Сардарян Георгий Сейранович

Магистрант РТУ МИРЭА, Москва

Гурьянова Екатерина Олеговна

Старший преподаватель, РТУ МИРЭА, Москва

Аннотация. Разработанный программный комплекс предназначен для обработки потока видео данных с роботизированного дрона и распознавания дефектов строительных конструкций. При разработке использовались методы кластерного анализа, глубокие нейронные сети, математическое описание построения фотограмметрических моделей. В результате использования программного обеспечения получена трехмерная модель исследуемого строительного объекта и произведена количественная оценка критических дефектов железобетонных и стальных конструкций на пригодность здания к дальнейшей эксплуатации. По экспериментальным данным определен остаточный ресурс здания до аварийного состояния, который равен 2 годам.

Ключевые слова: фотограмметрия, БПЛА, нейронные сети, критические дефекты, динамика, робототехника, оценка метрик, трехмерная модель, видеоаналитика.

Введение

Одним из важнейших направлений в области повышения безопасности в строительной сфере — является создание автоматизированных интеллектуальных систем, способных повысить качество мониторинга технического состояния строительных объектов и оценки текущего процесса за счет создания трехмерной модели и многопараметрической съемки с помощью БПЛА.

Актуальность данной темы заключается в возможности уменьшения временных затрат на обследование строительного объекта и исключение ошибки расчёта элементов объекта, возникающих за счет человеческого фактора.

Внедрение более дешёвого, по сравнению с лазерным сканированием, метода трёхмерного моделирования с помощью технологии фотограмметрии должно значительно облегчить процесс проведения техниче-

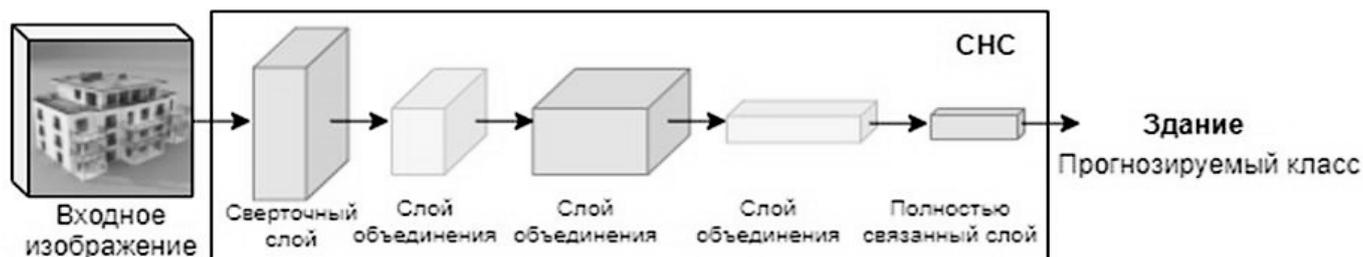


Рис. 1. Архитектура применяемой СНС.

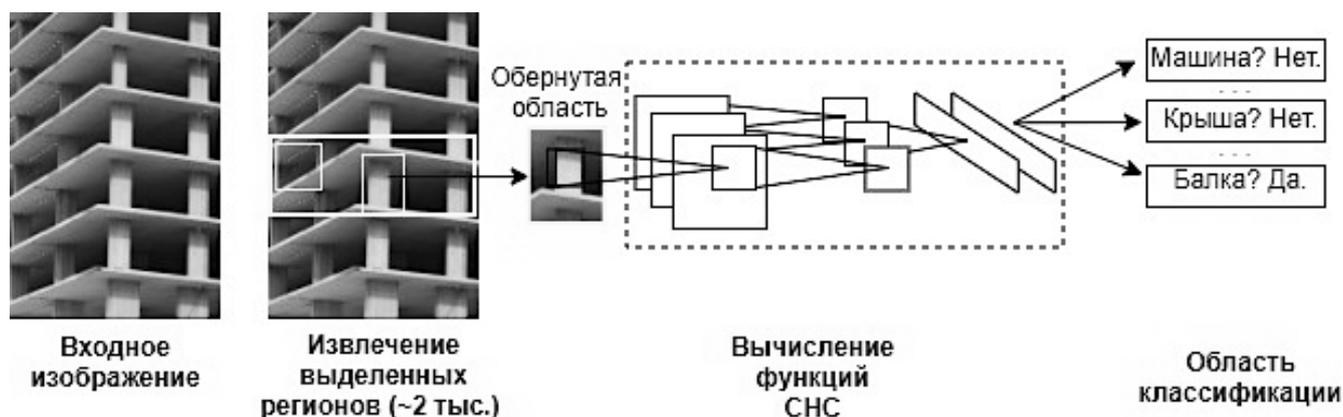


Рис. 2. Концепция сверточных сетей на основе РСНС

ского мониторинга, а применения БПЛА должно позволить проводить работы по мониторингу даже в самых труднодоступных местах.

Методы видеоаналитики и нейронные сети

Обнаружение объектов стало свидетелем быстрых революционных изменений в области компьютерного зрения. Его участие в сочетании классификации объектов и их локализации делает эту тему одной из самых сложных тем в области компьютерного зрения. Проще говоря, цель этого метода обнаружения состоит в том, чтобы определить, где находятся объекты на данном изображении, что называется локализацией объекта, и к какой категории принадлежит каждый объект, что называется классификацией объектов.

Сверточная нейронная сеть (СНС). Данный тип искусственной нейронной сети, используемой для распознавания и обработки изображений, которая оптимизирована для обработки данных пикселей. Следовательно, сверточные нейронные сети являются фундаментальными и базовыми строительными блоками для задачи компьютерного зрения сегментации изображений на основе сверточной нейронной сети (СНС).

На рисунке 1 представлена переменная структура СНС при распознавании дефектов конструкций [1].

Архитектура сверточной нейронной сети состоит из трех основных уровней:

1. Сверточный слой: этот слой помогает абстрагировать входное изображение как карту функций с помощью фильтров и ядер.
2. Слой объединения: этот слой помогает уменьшить выборку карт объектов, суммируя наличие объектов на участках карты объектов.
3. Полностью связанный слой: полностью связанные слои соединяют каждый нейрон в одном слое с каждым нейроном в другом слое.

Объединение слоев СНС позволяет спроектированной нейронной сети научиться идентифицировать и распознавать интересующий объект на изображении. Простые сверточные нейронные сети созданы для классификации изображений и обнаружения объектов с помощью одного объекта на изображении [2].

Распознавание с помощью РСНС

РСНС расшифровывается как региональная сверточная нейронная сеть, это тип модели машинного обу-

чения, который используется для задач компьютерного зрения, в частности, для обнаружения объектов. Концепция РСНС для распознавания дефектов конструкций представлена на рисунке 2.

Разработанная система обнаружения объектов состоит из трех основных модулей.

Первый генерирует предложения по регионам, не зависящим от категории.

Эти предложения определяют набор возможных обнаружений, доступных нашему детектору. Второй модуль представляет собой большую сверточную нейронную сеть, которая извлекает вектор признаков фиксированной длины из каждой области. Третий модуль представляет собой набор линейных SVM, относящихся к определенному классу. В этом разделе мы представляем наши проектные решения для каждого модуля, описываем их использование во время тестирования, подробно описываем, как изучаются их параметры, и показываем результаты.

На следующем изображении изображена концепция СНС на основе регионов РСНС. В этом подходе используются ограничивающие прямоугольники по областям объекта, которые затем оценивают сверточные сети независимо от всех областей интереса для классификации нескольких областей изображения в предложенный класс.

Разработка программного модуля фотограмметрии

Чтобы получить трехмерную модель объекта из двумерного пространства модели, аэроснимки воспроизводятся с разных ракурсов с высоким разрешением. С этих снимков начинается процесс реконструкции объемной модели объекта [3].

Основные математические уравнения, лежащие в основе фотограмметрии, называемые уравнениями коллинеарности, отвечают за объединение системы координат изображения в камере с фотографируемым объектом (1-3).

$$\begin{matrix} x_n - x_0 & X_n - X_0 \\ (y_n - y_0) = \lambda M (Y_n - Y_0), & \\ -c & Z_n - Z_0 \end{matrix} \quad (1)$$

где λ — коэффициент масштабирования; M — матрица поворота; X_0, Y_0 и Z_0 — положение центра перспективы в пространстве объекта; и $p_n = (x_n, y_n)^T$

и $P_n = (X_n, Y_n, Z_n)^T$ — целевые координаты n в плоскости изображения и пространстве объекта соответственно.

Приведенное выше уравнение, образует уравнения коллинеарности, которые связывают местоположение пункта назначения n -го в пространстве объектов с соответствующей точкой в плоскости изображения:

$$\begin{aligned} x_n - x_0 &= \\ &= -c \frac{m_{11}(X_n - X_0) + m_{12}(Y_n - Y_0) + m_{13}(Z_n - Z_0)}{m_{31}(X_n - X_0) + m_{32}(Y_n - Y_0) + m_{33}(Z_n - Z_0)}; \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} y_n - y_0 &= \\ &= -c \frac{m_{21}(X_n - X_0) + m_{22}(Y_n - Y_0) + m_{23}(Z_n - Z_0)}{m_{31}(X_n - X_0) + m_{32}(Y_n - Y_0) + m_{33}(Z_n - Z_0)}; \end{aligned} \quad (3)$$

где m_{ij} ($i, j = 1, 2, 3$) — элементы матрицы поворота M , которые являются функциями углов ориентации Эйлера (θ, φ, ψ), которые по существу являются углами наклона, поворота и поворота камеры в пространстве объекта (4).

$$\begin{aligned} m_{11} &= \cos \varphi \cos \psi; \\ m_{12} &= \sin \theta \sin \varphi \cos \psi + \cos \theta \sin \varphi; \\ m_{13} &= -\cos \theta \sin \varphi \cos \psi + \sin \theta \sin \varphi; \\ m_{21} &= -\cos \varphi \sin \psi; \\ m_{22} &= -\sin \theta \sin \varphi \sin \psi + \cos \theta \cos \varphi; \\ m_{23} &= \cos \theta \sin \varphi \sin \psi + \sin \theta \cos \varphi; \\ m_{31} &= \sin \varphi; \\ m_{32} &= -\sin \theta \cos \varphi; \\ m_{33} &= \cos \theta \cos \varphi. \end{aligned} \quad (4)$$

Плоскость изображения может быть аналитически преобразована в его координаты X, Y и Z в глобальном пространстве. Фотограмметрия эффективна и проста в вычислительном отношении.

Следует отметить, что алгоритм основан на определениях как внутренней, так и внешней ориентации. В фотографической системе, если внутренние параметры камеры известны, любая пространственная точка может быть зафиксирована пересечением двух лучей света, которые проецируются.

Существует два основных фактора, которые вызывают ошибки фотограмметрических измерений:

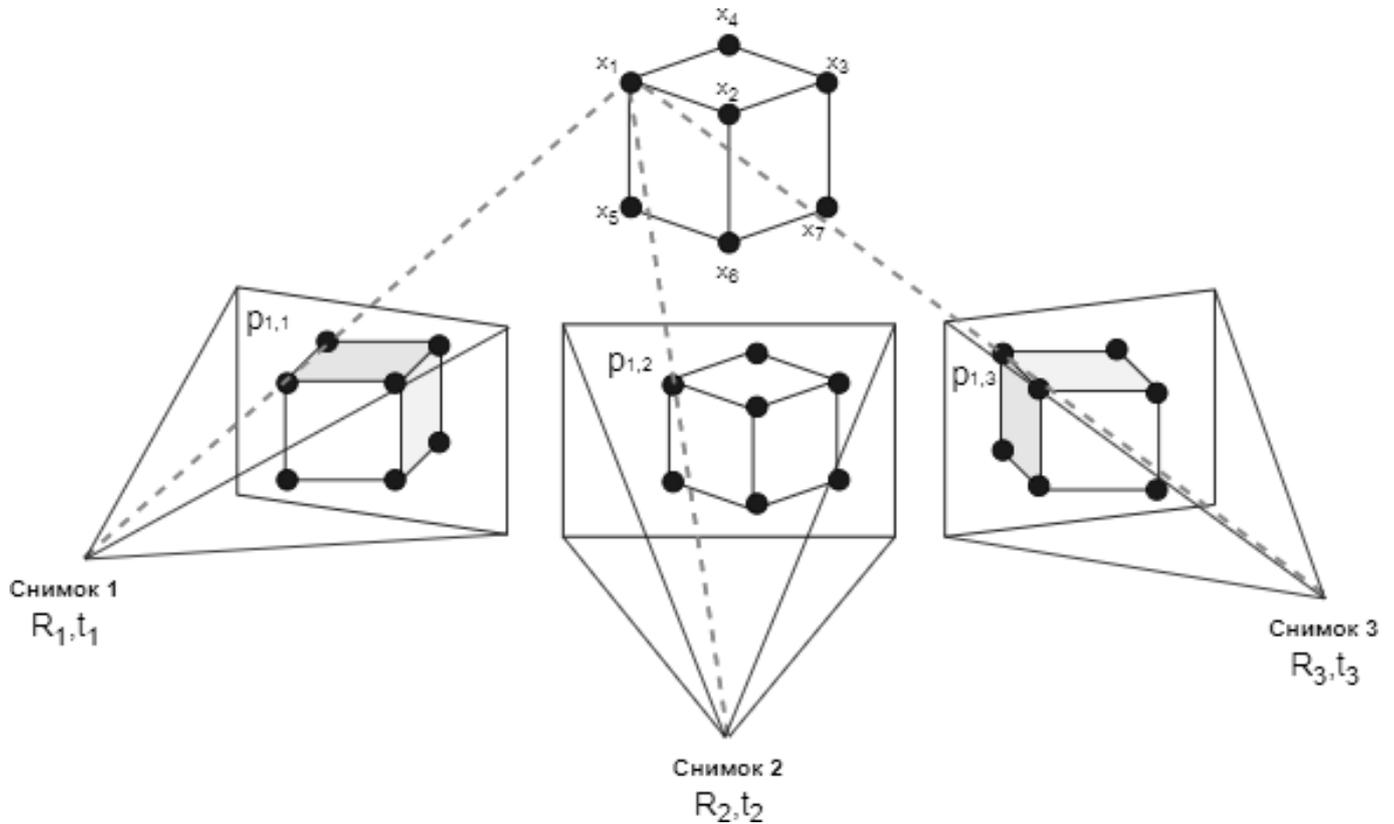


Рис. 3. Схема определения набора точек с помощью алгоритма реконструкции.

Системная ошибка из-за искажения объектива и случайная ошибка из-за человеческого фактора

Системная ошибка из-за искажения объектива

Это приводит к тому, что точка на изображении в плоскости перемещается из своего истинного положения (x, y) в нарушенное положение. Координаты любой точки на изображении могут быть скомпенсированы с помощью уравнений (5):

$$\begin{aligned} x' &= x + dx \\ y' &= y + dy \end{aligned} \quad (5)$$

В объективе наибольшая ошибка возникает в точке проецируемого изображения. Следовательно, dx, dy могут быть разбиты на уравнения (6):

$$\begin{aligned} dx &= dx_r + dx_d \\ dy &= dy_r + dy_d \end{aligned} \quad (6)$$

Случайная ошибка, вызванная человеческим фактором

Теоретически точки, запечатленной на двух разных фотографиях, достаточно, чтобы установить ее 3D-координаты. Для завершения этого шага требуется идентификация и маркировка точки на двух изображениях. У любого человека могут быть сбои в разметке точек, приводящие к случайной ошибке. В настоящее время существует несколько методов реконструкции и методов построения трехмерной сетки, с помощью алгоритма, способного связать множество репрезентативных точек объекта в виде элементов поверхности.

Система анализа стереоскопических сцен, использует методы сопоставления изображений, сегментации объектов, интерполяции и триангуляции для получения трехмерной карты плотности точек. Система построения объемной модели разделена на три модуля: сенсорная обработка, обработка изображений для создания облака точек. Точность реконструкции зависит от качества изображений и текстур [4,5].

Алгоритмы фотограмметрии обычно указывают на проблему минимизация суммы квадратов набора ошибок, известной как «подгонка пакета». Структурные

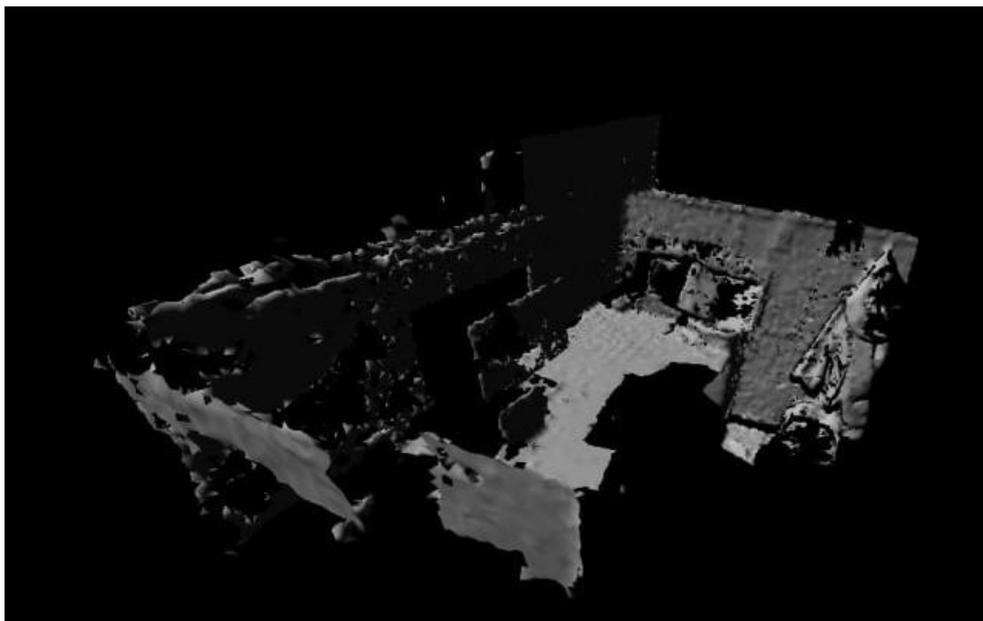


Рис. 4. Трехмерная модель здания сушильного цеха.

Поиск скрытых связей				
№	Контролируемый па...	Тип датчика	Кoeffициент корре...	Скрытая связь
1	Влажность	Датчики влажности	0.17	Слабая
2	Температура	Датчики температуры	0.28	Слабая
3	Деформация	Датчики деформации	0.79	Сильная
4	Крены, наклон	Датчики угла наклона	0.81	Сильная
5	Просадка фундамен...	Гидроуровни	0.09	Слабая
6	Раскрытие трещин, ...	Трещиномеры	0.35	Умеренная
7	Трещиноподобные ...	Акустическая эмиссия	0.29	Слабая
8	Контроль собственн...	Акселерометры	0.04	Слабая
9	Нагрузки и давлени...	Датчики месдозы	0.16	Слабая
10	Влажность воздуха	Датчики влажности	0.52	Умеренная
11	Температура воздуха	Датчики температуры	0.12	Слабая
12	Давление атмосфер...	Датчики давления	0.4	Умеренная
13	Скорость и направл...	Анемометры	0.22	Слабая
14	Количество осадков	Датчики осадков	0.67	Умеренная
15	Уровень грунтовых в...	Пьезометры	0.4	Умеренная
16	Продольные смеще...	Скважинные инкли...	0.0	Слабая
17	Горизонтальные см...	Скважинные инкли...	0.37	Умеренная

Рис. 5. Таблица абдукции поиска гипотез

алгоритмы из SFM позволяют определять наборы следующих точек: трехмерных (P), поворота (R) и положения камеры (t), учитывая набор изображений статической сцены с соответствующими двумерными точками, как приведено на рисунке 3.

Таким образом, процесс построения трехмерной модели можно разделить на два этапа:

I. Алгоритм реконструкции генерирует реконструкцию, в которой размеры определены неправильно.

Алгоритм самокалибровки выполняет реконструкцию, эквивалентную исходной, сформированной набором 3D-точек (рисунок 3).

II. Все пиксели изображения должны совпадать с пикселями соседних изображения, чтобы ПО могло восстановить эти точки, выбираются два изображения для создания начального кадра реконструкции, а затем восстанавливаются соответствующие характерные точки с помощью использования метода триангуляции.

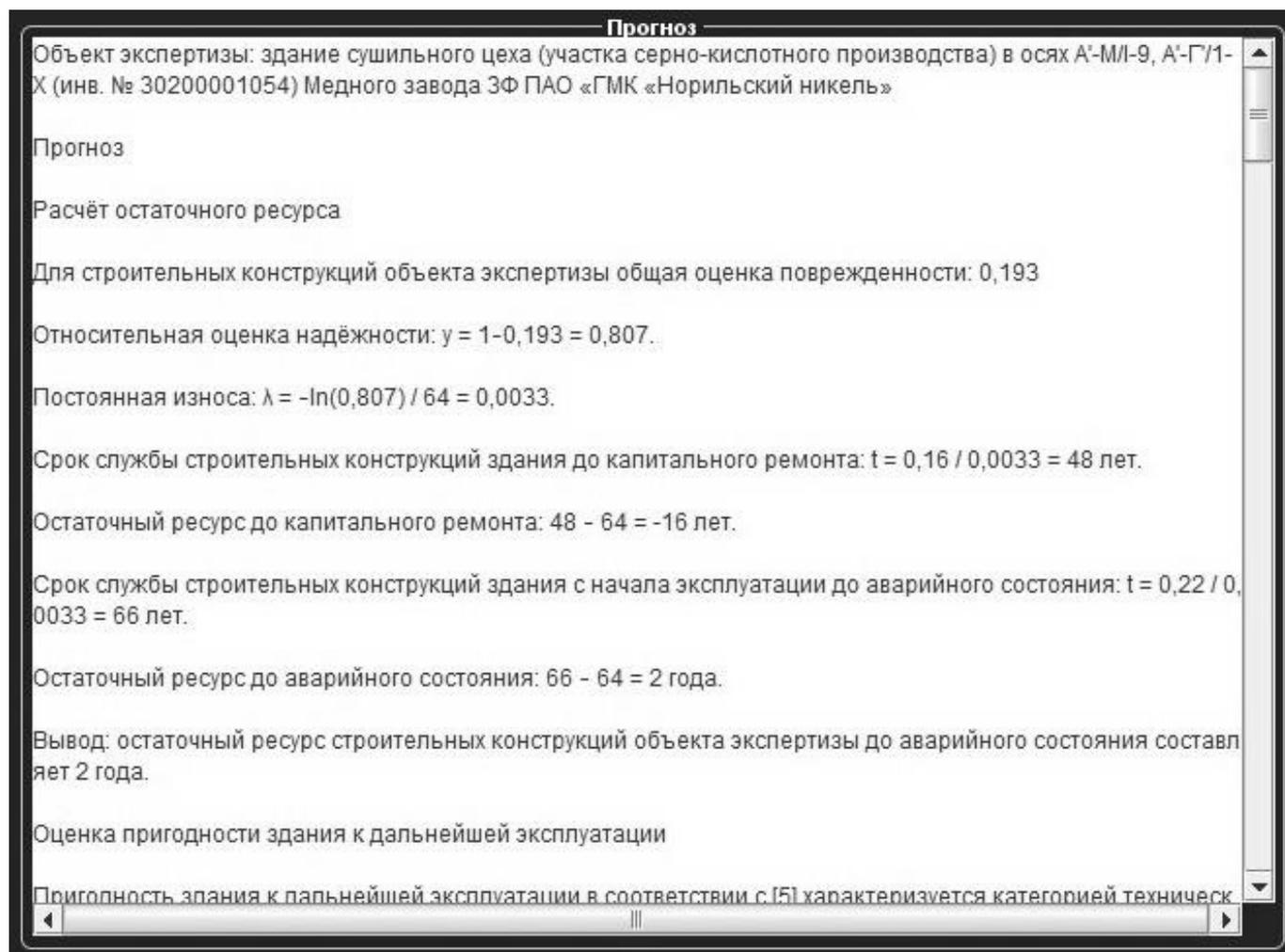


Рис. 6. Результаты количественной оценки метрик здания

После данных этапов производится оценка плотности поверхности. Для получения высоко полигональной модели наблюдаемой поверхности используется метод плотного сопоставления.

Результат использования ПО построения трехмерного объекта строящегося здания представлен на рисунке 4.

Чтобы реконструировать более сложные формы объекта, ПО должно объединить несколько карт глубины с последующим добавлением текстурной карты.

Результаты испытания программного обеспечения

Поскольку рассматриваемая система способна анализировать большое количество конструкций, объектов, относящихся к строительной специфике, рассмотрим результат прогнозирования износа на примере

здания сушильного цеха. В зависимости от величины коэффициента коррекции, данные которых получены с датчиков БПЛА и контролируемого параметра, определяются гипотезы и их связь.

На рисунке 5 приведен процесс поиска скрытых связей и определение гипотез вероятной неисправности. Возможно применять нейронные сети для выявления скрытых связей [6].

Далее для выдвинутых гипотез, ПО определяет количественные показатели контролируемых параметров повреждений исследуемого объекта, приведенных на рисунке 6.

Заключение

По рассмотренному примеру можно сделать вывод, что по трехмерной модели объекта были определены основные повреждения объекта и дана количествен-

ная оценка основных контролируемых показателей, которые были выдвинуты при абдукции, здания и аварийности его состояния.

Инновационность разработки заключается в создании трехмерной модели строящегося объекта, по сред-

ствам интеграции всесторонней съемки и визуального охвата любой точки объекта.

Дальнейшим этапом развития данной технологии является продолжение обучения нейронной сети, моделирование более сложных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шестая научно-техническая конференция студентов и аспирантов «МИРЭА- Российского технологического университета» (24–29 мая 2021 г.) [Электронный ресурс]: сборник трудов испр. и доп. — М.: РТУ МИРЭА, 2021, с. 226–229
2. Ana Pilar Valerga Puerta, Rocio Aletheia Jimenez-Rodriguez, Sergio Fernandez-Vidal and Severo Raul Fernandez-Vidal Product Design. — Department of Mechanical Engineering and Industrial Design, School of Engineering, University of Cadiz, Cadiz, Spain: April 27th, 2020. — 405 с.
3. Richard Kramer Rhodes UAS as an Inventory Tool: A Photogrammetric Approach to Volume Estimation: дис. photogrammetry наук: University of Arkansas, Fayetteville, 2017. — 115 с.
4. Jūrate Sužiedelyte-Visockiene & Domantas Bručas Digital photogrammetry for building measurements and reverse-engineering // Geodezija ir Kartografija. — 03 Aug 2012. — № 35 (2): p. 61–65
5. M. Bugler, G. Ogunmakin, P.A. Vela, A. Borrmann, J. Teizer Fusion of Photogrammetry and Video Analysis for Productivity Assessment of Earthwork Processes // 2017
6. Ямашкина Е.О., Ямашкин С.А., Платонова О.В., Коваленко С.М. Разработка нейросетевой модели для анализа пространственных данных. Russian Technological Journal. 2022;10 (5):28–37. <https://doi.org/10.32362/2500–316X-2022–10–5–28–37>

© Акимов Дмитрий Александрович (akimov_d@mirea.ru), Арбузов Владимир Николаевич,

Сардарян Георгий Сейранович, Гурьянова Екатерина Олеговна, .

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ДАННЫХ ДЛЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ В ДИСТАНЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

BIG DATA ANALYSIS METHODOLOGY FOR MANAGEMENT TASKS IN REMOTE HIGHER EDUCATION SYSTEMS

**A. Belyakova
O. Romashkova**

Summary. The article is devoted to the study of processing and analysis of big data for control tasks in remote sources of higher education. The methodology of data processing and analysis is described, which includes removing the curse of data dimensionality, setting an analysis goal, applying a machine learning algorithm and evaluating efficiency.

Keywords: educational organization, data processing, data analysis, big data.

Белякова Анна Вячеславовна

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

Ромашкова Оксана Николаевна

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

Аннотация. Статья посвящена исследованию процессов обработки и анализа больших данных для задач управления в дистанционных системах высшего образования. Описана методика обработки и анализа данных, включающая в себя снятие проклятия размерности данных, постановки цели анализа, применения алгоритма машинного обучения и оценку эффективности.

Ключевые слова: образовательная организация, обработка данных, анализ данных, большие данные.

В дистанционных системах высшего образования существует множество данных, и за счёт своих особенностей они также являются и большими данными, то есть обладают такими свойствами, как:

- ◆ многообразие (не все данные хранятся структурированно в базах данных, а какие-то данные разбиты по нескольким базам данных);
- ◆ рост объёма (количество данных увеличивается практически экспоненциально, чем более совершенна дистанционная система высшего образования, тем больше данных в неё попадает);
- ◆ количество данных (данные буквально большие: их объёмы переходят от измерений в терабайтах до измерений в петабайтах).

Поэтому большие данные и сложно обработать. Кроме того, есть и проблема с разными типами данных: что-то хранится только в таблицах Excel, а что-то в БД (базах данных), всё время появляются новые данные, а руководству для решения задач управления просмотреть за один раз такие объёмы информации не представляется возможным [1].

Описанная далее методика процесса обработки и анализа больших данных для задач управления позволяет справиться с большими данными и использовать

результаты их обработки для принятия управленческих решений вследствие того, что лица, принимающие решения, будут обладать возможностью оценить результаты деятельности за счёт всей полноты информации, извлечённой из больших данных.

И подобные данные будут необходимы на всех уровнях принятия решений в организации высшего образования.

Для начального уровня (преподаватели) для проведения занятий и воспитательной деятельности (когда педагог выступает в качестве наставника) очевидно необходимо понимать, каков контингент обучающихся, в чём заключаются их интересы, это достигается за счёт рейтинговой оценки обучающихся и выявления закономерностей в больших данных — ведь на их основании можно сделать выводы об интересах обучающихся и приготовить гибкую программу занятий, которая, оставаясь в рамках учебного плана, поможет максимальному числу обучающихся успешно завершить курс обучения по программе, либо перевестись на обучение по другой, более подходящей именно для них специальности. За счёт обнаружения аномалий в данных преподаватели могут выявить обучающихся, показывающих невероятно высокие показатели и помочь им

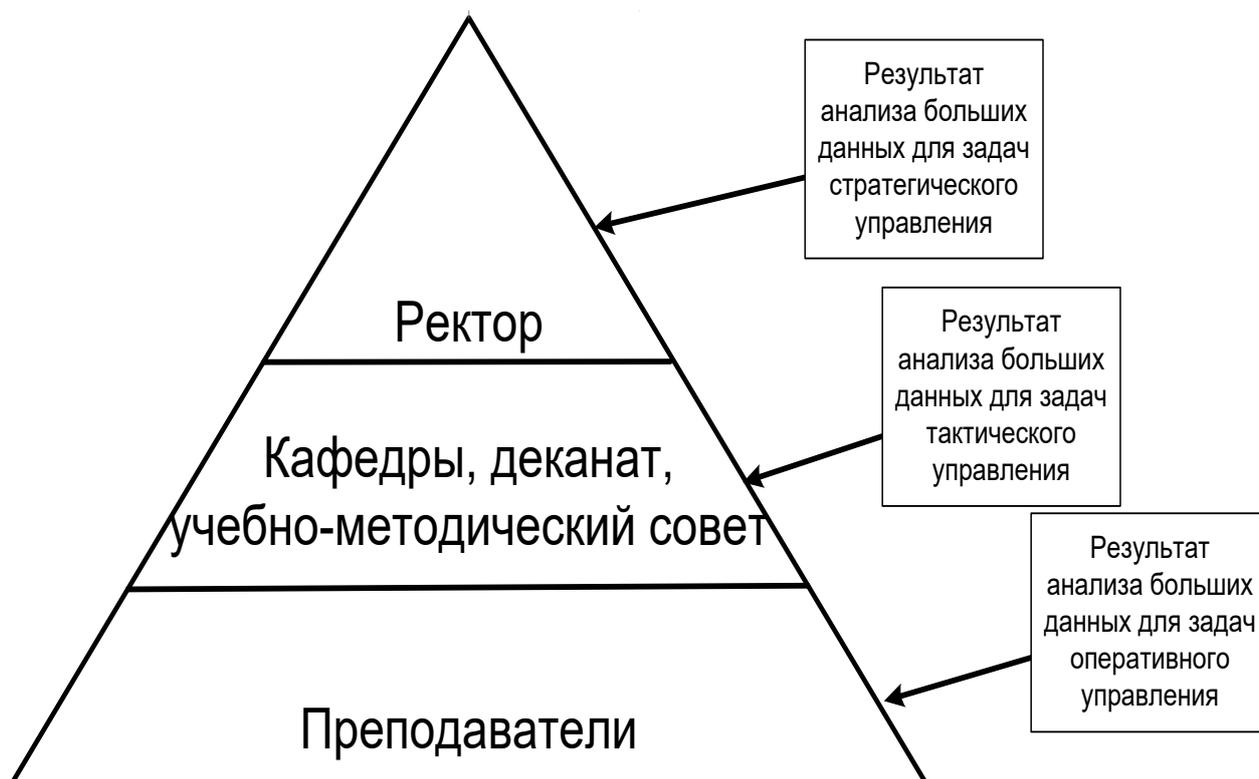


Рис. 1. Модель управления в дистанционной системе высшего образования

в самореализации, упрощая педагогам индивидуальный подход к каждому, когда созданы благоприятные условия как для быстро и очень успешно осваивающих программу обучающихся, так и для отстающих.

На среднем уровне (кафедра, деканат) управление учебным процессом опять же упрощается, за счёт возможности нанять востребованных преподавателей, именно по тем областям, которые интересны обучающимся и за счёт этого повысить востребованность программ дистанционного обучения. Для этого можно изымать из больших данных сведения о количестве просмотров онлайн-лекций, степень вовлеченности обучающихся, опросы об их интересах, учёт достижений обучающихся, сведения об успеваемости и дополнительно осваиваемых материалов при помощи дистанционной системы высшего образования [2].

На высшем уровне (ректорат) для стратегического управления высшей образовательной организацией необходимы оценка эффективности деятельности на определённый момент для планирования стратегии развития; результаты анализа данных в виде рейтинговой оценки; получение достоверной картины о возможных затратах и прибыли — а это, в свою очередь, помогает регулировать политику ценообразования; о предполагаемом количестве обучающихся, которые

не смогут получить высшее образование; предполагаемом количестве абитуриентов, поступающих в бакалавриат, магистратуру, аспирантуру и специалитет; необходим анализ смещения акцентов рынка образовательных услуг на основе уже имеющихся данных, вследствие чего ожидается снижение рисков за счёт более востребованных, возможно, междисциплинарных направлений, основанных на выявленных интересах обучающихся, как результат — повышение эффективности воспитательной работы и заинтересованности обучающихся как в образовательном процессе, так и в большей обратной связи, которая даст ещё больше данных, а они, в свою очередь, позволят принимать более эффективные решения, отвечая задачам современности [3, 4].

Востребованность результата анализа больших данных на разных уровнях управления дистанционной системой высшего образования для решения задач управления (рисунок 1).

Сбор и обработка больших данных для задач управления

Для сбора и последующей обработки больших данных обычно применяют либо озера данных, где данные обычно не структурированы, либо хранилище данных,

где данные структурированы определённым образом и вследствие этого их легче обработать. В случае с озером данных нет необходимости поддерживать определённую структуру данных, что является вроде бы преимуществом, над хранилищем данных, однако это усложняет последующую обработку данных.

Кроме того, при хранении и обработке больших данных всегда стоит проблема актуальности и достоверности этих данных, например: как долго есть необходимость хранить посещение лекцией обучающимися, отражают ли они картину действительности — достоверные ли они. А данные о том, кто и когда был онлайн: это актуальные ли данные, нужны ли они и насколько они достоверны, может быть, обучающийся просто зашел в дистанционную систему высшего образования, а затем отошел от устройства, через которое осуществлял соединение.

Какие-то данные могут являться так называемыми «скрытыми» или «темными» данными — то есть, когда мы для анализа больших данных некоторые данные не используем, не можем обработать или найти эти данные — то они становятся скрытыми. Если данные о посещении дополнительных, факультативных занятий по определенным дисциплинам не обрабатываются, не учитываются при анализе, то вследствие этого администрация, делая дополнительные занятия платными сталкивается с отсутствием спроса, так как оказывается, что даже бесплатные занятия по этим дисциплинам были не актуальны, однако если бы эти данные перестали быть скрытыми, темными, то администрация не приняла бы подобного решения. Хранение же скрытых данных без их обработки приводит лишь к издержкам.

Процесс сбора и обработки больших данных для анализа представлен в модели процессов (рисунок 2).

Таким образом процесс включает этапы сбора и извлечения данных с серверов дистанционной системы высшего образования для мгновенной обработки (обработка больших данных может производиться при помощи нейросети), при поступлении новых данных и загружаются на долгосрочное хранение (при этом есть возможность выполнить очистку или дополнение данных), затем данные загружаются в OLAP-куб для удобства аналитики, если не происходит какой-либо ошибки во время обработки данных, а в случае успешной обработки происходит получение результатов анализа данных.

Также ненужные на данный момент данные, которые не сохраняются в хранилище данных и на данный момент не будут обработаны, можно опционально за-

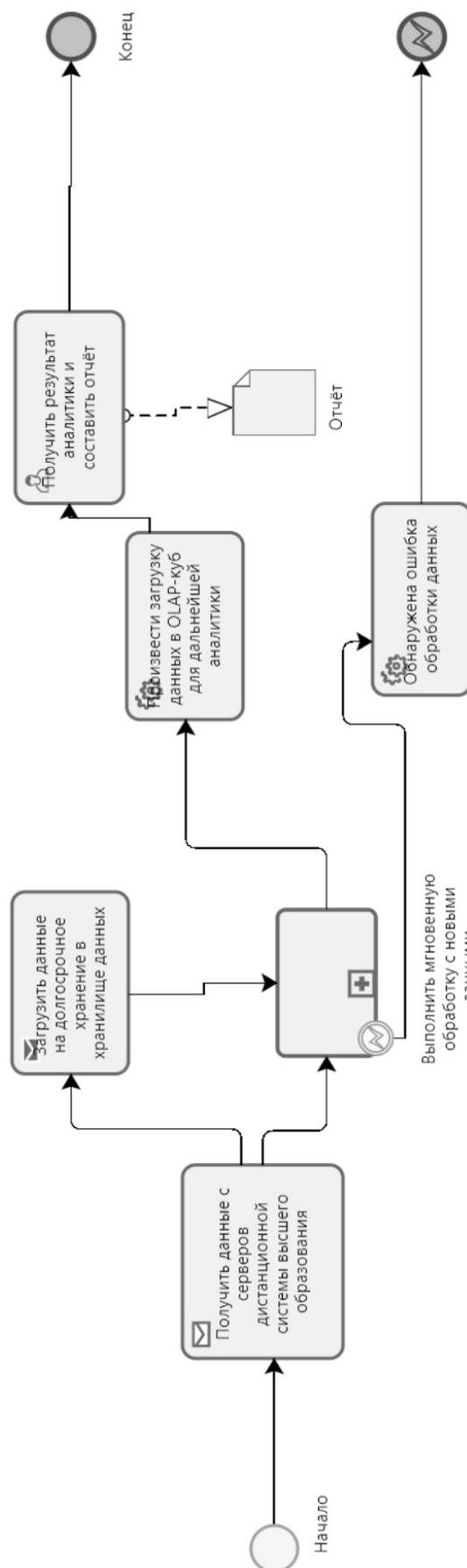


Рис. 2. Достижения в базе данных

Таблица 1. Сравнительный анализ сервисов

Название/Параметр	Snowflake	Azure	AWS
Конфиденциальность данных	Шифрует данные	Шифрование данных, цифровая подпись	Шифрование данных с собственным ключом
Ценовая политика	Тарифные планы, предзаказ, гибкая ценовая политика	Отдельно плата за пользование разными сервисами	Цена по запросу
Архитектура	Базы данных + виртуальная машина обработки запросов + набор сервисов в облаке	Масштабируемая архитектура SynapseSQL	Без общего доступа — независимые узлы в кластере
Обращение в службу поддержки	На сайте	В зависимости от оплаченного плана поддержки, в Twitter	В зависимости от оплаченного плана поддержки

гружать в озеро данных, из которого впоследствии, при извлечении этих данных, их придется структурировать, тогда как в хранилище данных хранятся уже структурированные данные, кроме того, необходимо будет рано или поздно вынимать оттуда данные для использования, и чем скорее, тем лучше, так как со временем некоторые данные теряют свою актуальность, без дополнительных усилий по обслуживанию озера данных теряют смысл, так что данную опцию можно реализовывать только при наличии возможностей по развертыванию, например, на «Snowflake» или «AWS». Данные сервисы могут предоставить также и хранилище данных (таблица 1).

На последнем этапе жизненного цикла данных их необходимо удалять из архива, если есть уверенность в том, что они никогда не пригодятся, при этом надо убедиться, что это именно невостребованные данные, а не скрытые данные, которые можно было бы обработать, но за счёт их слабой структурированности их приняли за мусор. Обычно на данном этапе удаляют ненужные копии, поврежденные или очень старые данные.

Дополнительную сложность создаёт обеспечение безопасности больших данных, которое требует в первую очередь шифровать данные для сохранения конфиденциальности.

Анализ данных при помощи нейросети

Анализ данных может производиться различными методами, такими как дерево классификаций или регрессионный анализ. Суть методики процесса обработки больших данных для задач управления в дистанционных системах высшего образования как раз и состоит в том, чтобы применить каждый из этих методов на своём этапе обработки больших данных, так как на одном этапе определенный метод может быть не лучшим решением, но на другом этапе только он может помочь качественно обработать и проанализировать данные.

Далее описана методика проведения анализа и обработки данных.

Итак, на первом этапе, который можно назвать «снятием проклятия размерности» [5], нам необходимо выделить те признаки, которые нам необходимы для анализа. Для этого нам необходимо провести понижение размерности, ведь из больших данных мы извлекаем огромное количество параметров об обучающихся, а избыточность бесполезных данных ничем нам не поможет при анализе, без них результат анализа будет получен быстрее и сам будет более точным. Таким образом, мы уже на первом этапе боремся с такой проблемой, как переобучение, когда результат излишне завязан на обучающий набор данных. Конечно, при последующем решении, к примеру, конкретно задачи кластеризации, могло бы, казалось, сработать обратное — повышение размерности выборки, однако в случае больших данных это не лучшая тактика, кроме того, тут существует опасность превышения размеров обучающей выборки, потому именно понижение размерности будет самым эффективным решением.

Понижение размерности может происходить либо за счёт объединения признаков, внутри пространства признаков O , либо за счёт сокращения количества признаков в пространстве O . Методика предполагает использование второго варианта, так как при использовании первого мы уже не будем понимать, какие конкретно признаки обучающихся мы анализируем, и при загрузке данных для дальнейшей аналитики в OLAP-куб могут возникнуть проблемы. В результате прохождения первого этапа методики мы должны получить из исходного пространства $O_1 - O_2$, где исходное пространство — O_1 , с вектором

$$o = (f_1(o), \dots, f_n(o)),$$

а полученное пространство — O_2 , с вектором [6]

$$o = (f_1(o), \dots, f_k(o)), \text{ где } n > k.$$

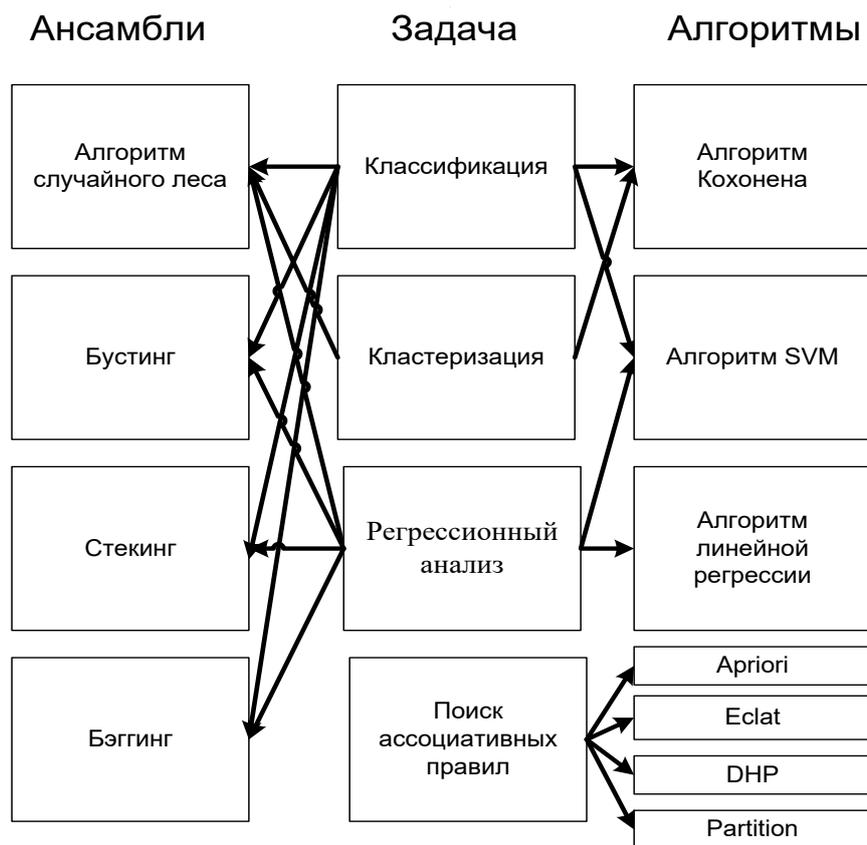


Рис. 3. Возможные алгоритмы для решения задач

Необходимо упомянуть о том, что первый этап в методике значительно упрощает оркестрацию [7] данных за счёт того, что образовательной организации не придётся хранить излишние аналитические данные и тратить вычислительные мощности на их обработку, ведь сами по себе большие данные в дистанционных системах высшего образования требуют значительных ресурсов по их хранению, приёму и передаче.

На втором этапе методики мы выбираем цель анализа данных: если необходимо выявить, есть ли тенденция увеличения с годами отчисления обучающихся платных отделений и почему — это будет одна задача анализа данных (дерево классификаций), если же нам необходимо предсказать затраты на покупку оборудования для реализации образовательного процесса в дистанционных системах высшего образования, то это будет другая задача анализа данных, а именно — регрессионный анализ, о котором упоминалось в начале данной главы: результат, выдаваемый нейросетью A при регрессионном анализе будет принадлежать множеству вещественных чисел \mathbb{R} .

Несмотря на то, что результатом регрессионного анализа будет конкретная цена, образовательной ор-

ганизации потребуется множество данных для обучающей выборки: данные о востребованности уже закупленного оборудования, данные о количестве и цене оборудования за прошлые годы, данные о цене покупки у поставщика на момент анализа и даже курс доллара к рублю.

На третьем этапе методики образовательная организация выбирает алгоритм или ансамбль алгоритмов машинного обучения для задачи в предыдущем этапе: к примеру, это может быть алгоритм случайного леса (как раз ансамбль, состоящий из деревьев решений), с которым на выходе получаем затраты на покупку оборудования образовательной организацией в будущем периоде для предотвращения издержек (рисунок 3).

В конце указанного этапа часть данных откладывается для тестирования качества модели, а остальные данные идут на обучение.

На четвёртом и последнем этапе реализации методики происходит получение результата и оценка качества полученного результата при помощи кросс-валидации, когда при помощи незадействованных при обучении данных происходит оценка эффективности.

Заключение

Таким образом, в рамках исследований проведен анализ процессов обработки и анализа больших данных для задач управления в дистанционных системах

высшего образования. Описана методика обработки и анализа данных, включающая в себя снятие проклятия размерности данных, постановки цели анализа, применения алгоритма машинного обучения и оценку эффективности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белякова А.В., Пономарева Л.А., Чискидов С.В. Прототип информационной системы оценки качества учебного процесса в образовательной организации // В книге: Новые информационные технологии в научных исследованиях. Материалы XXIV Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. — 2019. — С. 45–46.
2. Ромашкова О.Н., Пономарева Л.А., Василюк И.П. Применение инфокоммуникационных технологий для анализа показателей рейтинговой оценки вуза // В книге: Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. 2018. С. 65–68.
3. Белякова А.В., Пономарева Л.А., Чискидов С.В., Василюк И.П. Программа для автоматизированного управления рейтинговыми показателями вузов // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019611874, 05.02.2019. Заявка № 2018664941 от 24.12.2018.
4. Gaidamaka, Y.V., Romashkova, O. N., Ponomareva, L.A., Vasilyuk, I.P. Application of information technology for the analysis of the rating of university // В сборнике: CEUR Workshop Proceedings 8. Сер. "ITMM 2018 — Proceedings of the Selected Papers of the 8th International Conference "Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems"" 2018. С. 46–53.
5. Белякова А.В. Новый подход к анализу достижений обучающихся образовательных организаций // В сборнике: Математика и информатика в образовании и бизнесе. Сборник материалов международной научно-практической конференции. — 2020. — С. 68–73.
6. Белякова А.В. Моделирование схем процессов обработки данных для задач управления в системах высшего образования // В сборнике: Открытая наука 2021. Сборник материалов научной конференции с международным участием. — Москва, 2021. — С. 89–91.
7. Белякова А.В., Пономарева Л.А., Ромашкова О.Н. Математическая модель оценки качества образовательного процесса // В книге: Новые информационные технологии в научных исследованиях. Материалы XXIV Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. — 2019. — С. 43–44.

© Белякова Анна Вячеславовна (itwhitelight@mail.ru), Ромашкова Оксана Николаевна (ox-rom@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российская Академия Народного Хозяйства и Государственной Службы при Президенте Российской Федерации

ПРОБЛЕМА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА

THE PROBLEM OF CHOOSING THE OPTIMAL INVESTMENT PROJECT

**R. Botashev
H. Shungarov**

Summary. The problem of attracting investments is a key issue for all economic entities. The use of investments is carried out through the selection and implementation of investment projects. The article is devoted to the development of an economic and mathematical model and an algorithm for solving the problem of choosing the optimal investment project, which allows you to get the maximum possible profit. The article also investigates the effectiveness of the developed discrete model and algorithm for choosing the optimal investment project on a specific example.

Keywords: investments, investment financing, financial transactions, investment project, discounting, discount rate, interest rate, probability, standard deviation, variance, integer programming, Boolean variable, linear form, maximization of payments, profit.

Боташев Руслан Азаматович

Доцент, Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева, г. Карачаевск
botashevruslan@mail.ru

Шунгаров Хамид Джашаевич

К.ф.-м.н, Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева, г. Карачаевск
hamidsh@rambler.ru

Аннотация. Проблема привлечения инвестиций является ключевым вопросом для всех субъектов экономики. Использование инвестиций осуществляется через выбор и реализацию инвестиционных проектов. Статья посвящена разработке экономико-математической модели и алгоритма решения задачи по выбору оптимального проекта инвестиций, который позволяет получать максимально возможную прибыль. В статье также проводится исследование эффективности действия разработанной дискретной модели и алгоритма по выбору оптимального инвестиционного проекта на конкретном примере.

Ключевые слова: инвестиции, финансирование инвестиций, финансовые операции, инвестиционный проект, дисконтирование, ставка дисконта, ставка процента, вероятность, среднее квадратическое отклонение, дисперсия, целочисленное программирование, булева переменная, линейная форма, максимизация выплат, прибыль.

Для развития национальной экономики на современном этапе и в улучшении экономической деятельности предприятий важное значение имеют инвестиции. Благоприятный инвестиционный климат и эффективно действующая система инвестирования, как правило, позволяют решить целый комплекс экономических задач. Такая инвестиционная система создает условия для оптимизации структуры производства.

Для нормального функционирования инвестиционного процесса необходимо привлечение и эффективное распределение денежных средств. Посредником в распределении денежных средств между субъектами экономических отношений является финансовый рынок, основной функцией которого становится привлечение финансовых ресурсов в реальный сектор экономики посредством внесения инвестиций. Использование инвестиционных ресурсов осуществляется через реализацию инвестиционных проектов, которые направлены на достижение стратегических целей государства в целом и отдельного предприятия (организации). Проблема привлечения инвестиций всегда остается приоритетной для развития экономики и бизнеса

Каждое предприятие с целью получения прибыли должно постоянно вкладывать капитал на обновление или расширение производства. При этом, необходимо выбирать оптимальный проект инвестиций с целью учёта вероятности банкротства предприятия. Оптимальный проект инвестиций содержит такие параметры как: период инвестирования, объём инвестиций, а также прибыльность объекта инвестирования [3, с.42]

Для решения задачи выбора наиболее эффективного проекта инвестиций существует два основных методов проведения расчетов:

1. использование обычных показателей экономической эффективности;
2. использование экономико-математических моделей.

Первый метод не позволяет выбрать оптимальный вариант внесения инвестиций.

В данной статье исследуется возможность применения экономико-математической модели, решение которой при некоторых ограничениях на параметры задачи, позволяет выбрать оптимальный инвестиционный

проект. Выбранный проект обеспечивает получение максимально возможной прибыли от внесения этих инвестиций.

Рассмотрим экономическую постановку и модель задачи инвестиций.

Допустим, что на условном предприятии имеется ограниченная сумма денежных средств (C), которую можно распределить между n вариантами инвестиций в каждом из m периодов времени. Разница между размером выплаты и размером инвестиции в каждом периоде времени есть величина $\Delta ij = p_{ij} - q_{ij}$, где p_{ij} — средняя выплата, получаемая в период j от инвестиций i , q_{ij} — размер инвестиций i , которая вносится в период времени j .

Следует отметить, что величина (Δij) является случайной, а дисперсия этой величины σ_{ij}^2 является известной. Особенностью данной модели является то, что это дискретная модель, где в условии задачи используется булева переменная x_i :

$$x_i = \begin{cases} 1 - \text{если инвестиция } i \text{ выбрана,} \\ 0 - \text{если инвестиция } i \text{ не выбрана} \end{cases}, \text{ где } i = 1, 2, \dots, n$$

При условии, что выполняется закон нормального распределения, суммы получаемых выплат (за вычетом внесенных инвестиций), а также суммарная дисперсия для каждого варианта инвестирования по периодам $j = 1 \dots m$, вычисляются по формулам:

$$\sum_{i=1}^n x_i (p_{ij} - q_{ij}), j = 1 \dots m, \tag{1}$$

$$\sum_{i=1}^n x_i^2 \sigma_{ij}^2, j = 1 \dots m. \tag{2}$$

Условия внесения инвестиций и получения выплат задаются следующим неравенством:

$$\sum_{i=1}^n x_i (p_{ij} - q_{ij}) + C_j > \Psi(\alpha) \sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2 \sigma_{ij}^2}, \tag{3}$$

где C_j — сумма, которая имеется в распоряжении предприятия в период j , α — некоторая доверительная вероятность, $\Psi(\alpha) = (1 - \alpha)$ — коэффициент, $q = 1 - \alpha$ — вероятность обанкротиться.

Экономическое содержание условия (3) заключается в том, что сумма

$$\sum_{i=1}^n x_i (p_{ij} - q_{ij}),$$

вместе с количеством имеющихся в наличии денег C_j в период j , должна превосходить суммарную «разницу» размера получаемых выплат

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2 \sigma_{ij}^2}$$

в этот же период. Условия (3) должны выполняться с вероятностью α .

Требуется максимизировать следующую линейную форму:

$$f_0(x) = \sum_{i=1}^n x_i \sum_{j=1}^m (p_{ij} - q_{ij}) \rightarrow \max \tag{4}$$

при выполнении условий (1) — (3). Задача (1) — (4) является задачей нелинейного целочисленного программирования. Однако её можно преобразовать в линейную задачу, если дисперсии в неравенстве (3) заменить на среднеквадратичные отклонения. Тогда (3) примет вид:

$$\sum_{i=1}^n x_i (p_{ij} - q_{ij}) - \Psi(\alpha) (1/\sqrt{n}) \sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2 \xi_{ij}^2} + C_j > 0, \tag{5}$$

$$j = 1, \dots, m,$$

где σ_{ij} и ξ_{ij} являются величинами одного и того же порядка. С учётом коэффициента $(1/\sqrt{n})$ и того, что для булевой переменной верно равенство $x_{ij} = x_{ij}^2$, выражения (3) и (5) будут равносильными в пределах принятой погрешности. Введем следующие обозначения с дополнительными условиями:

$$\beta_i = \sum_{j=1}^m (p_{ij} - q_{ij}), (i = 1 \dots n).$$

Если $p_{ij} - q_{ij} < \psi(\alpha) \xi_{ij}$, то $\gamma_{ij} = |p_{ij} - q_{ij} - \psi(\alpha) \xi_{ij}|$, иначе $\gamma_{ij} = 0$. Тогда получим рассматриваемую задачу инвестиций-

максимизировать:

$$f_0(x) = \sum_{j=1}^m x_j \sum_{i=1}^n \beta_i \rightarrow \max, \tag{6}$$

при условиях:

$$\sum_{i=1}^n x_i \beta_i \leq c_j, \quad j = 1, 2, \dots, m, \tag{7}$$

$$x_i \in \{0, 1\}, x = (x_1, x_2, \dots, x_n). \tag{8}$$

Отметим, задача (6) — (8) является задачей специального линейного булевого программирования, которую можно решить посредством известных методов программирования [6, с. 143].

В Карачаево-Черкесской Республике ежегодно растут инвестиции. В республике ежегодно разрабатываются, рассматриваются и утверждаются десятки инвестиционных проектов, весьма привлекательных и рентабельных с экономической точки зрения. Однако, как показал анализ, на практике реализуются единицы, в основном это те проекты, где участвует федеральное правительство.

Таблица 1.

Инвест проект (i)	Год (j)	Инвестиции (q_{ij})	Ставка (K)	Вер-ть (P)	Сред. выплаты $M(X) = K * p * q_{ij}$	Разница $\Delta ij = p_{ij} - q_{ij} $
№ 1	2021	300	15%	0,60	27	273
(депозиты	2022	400	16%	0,55	35,2	364,8
в банке)	2023	450	17%	0,50	38,25	411,75
	2024	500	18%	0,45	40,5	459,5
	2025	550	19%	0,40	41,8	508,2
Итого C_1		2200			182,75	2017,25
№ 2	2021	1000	20%	0,70	140	860
(акции)	2022	1100	21%	0,65	150,15	949,85
	2023	1200	22%	0,60	158,4	1041,6
	2024	1300	23%	0,55	164,45	1135,55
	2025	1400	24%	0,50	168	1232
Итого C_2		6000			781	5219
№ 3	2021	700	25%	0,75	131,25	568,75
(производство)	2022	750	26%	0,80	156	594
	2023	800	27%	0,85	183,6	616,4
	2024	850	28%	0,90	214,2	635,8
	2025	900	29%	0,95	247,95	652,05
Итого C_3		4000			933	3067
Всего C		12200			1896,75	10303,25

Анализ структуры портфеля инвестиционных проектов свидетельствует о том, что в республике создаётся диверсифицированная экономика, где будут развиты как традиционные (туризм и АПК), так и новые отрасли хозяйства (добыча полезных ископаемых, производство строительных материалов, пищевая и перерабатывающая промышленность). Следует отметить, что приоритетные направления для привлечения инвестиций в Карачаево-Черкесскую Республику основаны на обилии местных ресурсов, и уже существующих конкурентных преимуществах региона и развитии новых видов экономической деятельности.

Следует заметить, что значительное снижение инвестиционных рисков, совершенствование законодательной базы и наличие подготовленных инвестиционных площадок является основой устойчивого притока инвестиций в экономику Карачаево-Черкесии. Основное место в системе показателей, характеризующих объемы и структуру инвестиций, занимают инвестиции в основной капитал. Как известно, они представляют собой совокупность затрат, направленных на создание и воспроизводство основных средств (новое строительство, расширение, а также реконструкция и модернизация объектов, которые приводят к увеличению их первоначальной стоимости, приобретение машин, оборудования, транспортных средств, затраты на формирование основного стада, выращивание многолетних насаждений и т.д.).

На территории Карачаево-Черкесской Республики для инвестиционной деятельности функционируют 10 банковских учреждений: ООО «ХКФ Банк», ПАО «СКБ — банк», ПАО «Мин Банк», ПАО «Ставрополь — промстройбанк», ПАО «Сбербанк», ПАО «Связь — БАНК», АО «Народный банк», АО «ОТПбанк», АО «Тексбанк», АО «Россельхозбанк», ООО «Сетелем банк». Наши инвестиционные проекты финансирует АО «Россельхозбанк», депозиты вкладываются в ПАО «Сбербанк», выкупаются акции ЗАО «Карачаевский пивзавод» [10, с.221].

Рассмотрим задачу выбора оптимального инвестиционного проекта для предприятий. Допустим, на предприятии имеются свободные денежные средства в размере (C), которую можно распределить между тремя инвестиционными проектами (n) в каждом из (m) лет периода времени. Разница между размером выплаты (p_{ij}) и размером инвестиции (q_{ij}) в каждом году есть величина Δij , которая равна ($p_{ij} - q_{ij}$).

Известно, что средняя выплата p_{ij} рассчитывается по формуле: $p_{ij} = K * p * q_{ij} = M(X)$, где K — критерий (ставка); P — уровень вероятности, q_{ij} — деньги для инвестирования i -го проекта в j -ом году; $M(X)$ — математическое ожидание. Следует отметить, что наиболее выгодным будет тот инвестиционный проект, где значение $M(X)$ будет наибольшим [11, с.182].

На промышленном предприятии «ФОТОН» Карачаево-Черкесской Республики имеются свободные деньги

Таблица 2.

Инвест проект (i)	Год (j)	Инвестиции (q _{ij})	Ставка (K)	Вер-ть (P)	Сред.выплата M(X) = p _{ij} *K*p*q _{ij}	Разница Δij = p _{ij} - q _{ij}	X _{ij}	X _{ij} (p _{ij} - q _{ij})
№ 1 (депозиты)	2021	300	15%	0,60	27	273	0	0
№ 2 (акции)	2021	1000	20%	0,70	140	860	1	860
№ 3 (производ)	2021	700	25%	0,75	131,25	568,75	0	0
Итого C₁		2000			298,25	1701,75		860
№ 1 (депозиты)	2022	400	16%	0,55	35,2	364,8	0	0
№ 2 (акции)	2022	1100	21%	0,65	150,15	949,85	0	0
№ 3 (производ)	2022	750	26%	0,80	156	594	1	594
Итого C₂		2250			341,35	1908,65		5940
№ 1 (депозиты)	2023	450	17%	0,50	38,25	411,75	0	0
№ 2 (акции)	2023	1200	22%	0,60	158,4	1041,6	0	0
№ 3 (производ)	2023	800	27%	0,85	183,6	616,4	1	616,4
Итого C₃		2450			380,25	2069,75		616,4
№ 1 (депозиты)	2024	500	18%	0,45	40,5	459,5	0	0
№ 2 (акции)	2024	1300	23%	0,55	164,45	1135,55	0	0
№ 3 (производ)	2024	850	28%	0,90	214,2	635,8	1	635,8
Итого C₄		2650			419,15	2230,85		635,8
№ 1 (депозиты)	2025	550	19%	0,40	41,8	508,2	0	0
№ 2 (акции)	2025	1400	24%	0,50	168	1232	0	0
№ 3 (производ)	2025	900	29%	0,95	247,95	652,05	1	652,05
Итого C₅		2850			457,75	2392,25		652,05
Всего C		12200			1896,75	10303,25		3358,25

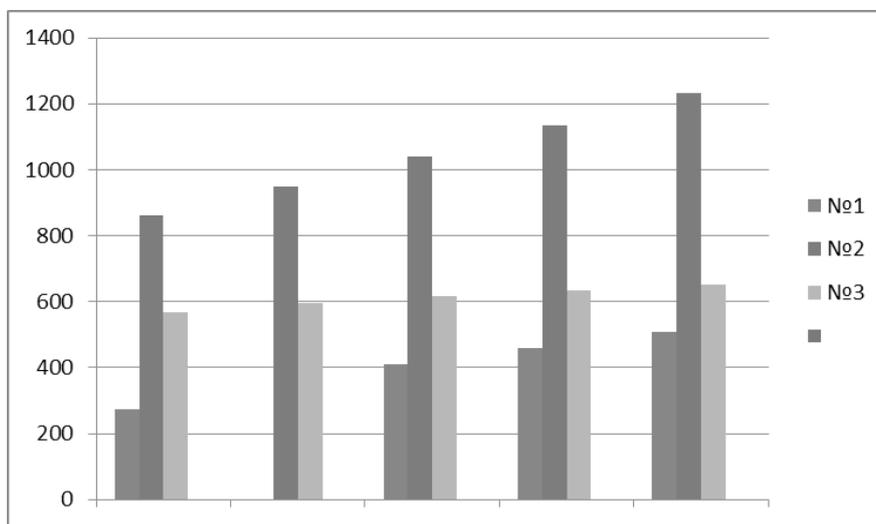


Рис. 1. Диаграмма выплат.

в сумме 12200 тыс. руб., которые можно вложить в альтернативные инвестиционные проекты: № 1 — депозиты в банке; № 2 — акции; № 3 — производство в течение пяти лет с 2021 по 2025 г.г. При этом известно, что ставка процента ежегодно меняется: в проекте № 1 — от 15 до 19%; в № 2 — от 20 до 24%; в № 3 — от 25 до 29%. Вероятность инвестирования меняется: в про-

екте № 1 — от 0,60 до 0,40%; в № 2 — от 0,70 до 0,50%; в № 3 — от 75 до 95%.

Требуется выбрать оптимальный вариант инвестирования. Оптимальность искомого варианта инвестирования заключается в том, что найденное решение должно максимизировать функцию прибыли при мини-

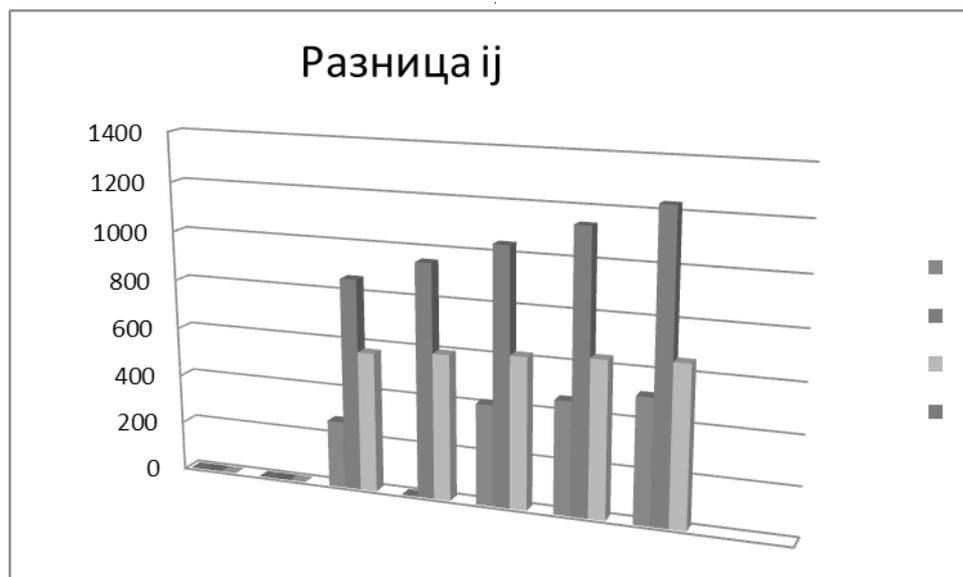


Рис. 2. Диаграмма разницы значений.

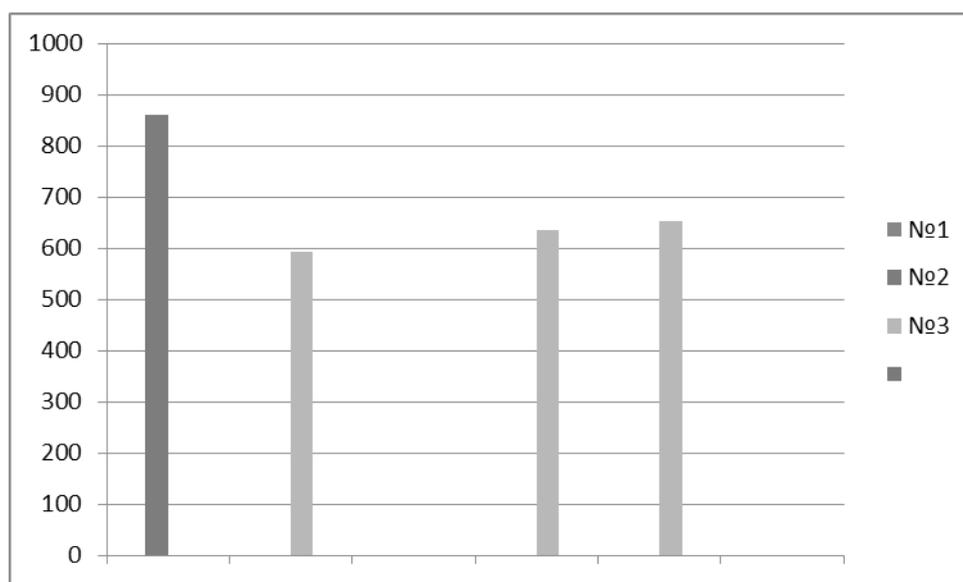


Рис. 3. Диаграмма выбора оптимального инвестиционного проекта.

мальных значениях затрат. В общем случае исследуемая задача инвестирования является сложной многокритериальной задачей. Поэтому вопросы моделирования оптимального внесения инвестиций в настоящей работе рассматриваются на конкретном примере, который сформулирован выше. Решение задачи и расчёты осуществляются в таблицах 1 и 2.

Первый этап. В таблице 1 рассматривается эффективность ежегодного инвестирования каждого инвестиционного проекта в рамках отпущенных сумм в те-

чение 5-ти лет с 2021 по 2025 г.г. с увеличением суммы инвестиций ежегодно на 100 тыс. руб. В таблице мы видим, что в инвестиционном проекте № 1 инвестиции по годам меняются от 300 тыс. руб. до 550 тыс. руб., ставка процента меняется от 15 до 19%, вероятность внесения инвестиций меняется от 0,60 до 0,40 и т.д. по всем трём инвестиционным проектам.

Из данных таблицы 1 также видно, сумма всех полученных выплат от инвестиций, которые были внесены в период с 2021 по 2025 год, составила 1896,75

тыс. руб. Вместе с количеством имеющихся в наличии денег в этот период (12200 тыс. руб.), эта сумма составляет 14096,75 тыс. рублей. Она превосходит суммарное «отклонение» размера получаемых в этот же период выплат (10303, 25 тыс. руб.) на 3793,5 тыс. руб. Это подтверждает правильность процедуры выбора проекта инвестиций. Соответствующая диаграмма выплат в течение каждого периода приведена на рис. 1.

Второй этап. В таблице 2 рассматриваем эффективность ежегодного инвестирования всех трёх инвестиционных проектов с выбором наиболее выгодного проекта в каждом году. Затем выбираем оптимальный вариант инвестиций в течение всего периода с 2021 по 2025 г.г.

Данные таблицы 2 подтверждают, что сумма ежегодных выплат, полученных от трёх инвестиций, внесенных с 2021 по 2025 год, составила 1896,75 тыс. руб. Эта сумма вместе с количеством имеющихся в наличии

денег, составляет 14096,75 тыс. руб. Она превосходит суммарное «отклонение» размера выплат, получаемых в этот же период (10303, 25 тыс. руб.). Это говорит о том, что внесение инвестиций осуществлено удачно. Соответствующая диаграмма приведена на рис. 2

Отметим, что на заключительном этапе решения задачи получено оптимальное решение, которое подтверждает, что в заданных условиях в долгосрочном периоде наиболее выгодным является инвестиционный проект № 3 — вложение денег в расширение производства (№ 1 и № 2 равны 0).

Соответствующая диаграмма приведена на рис. 3

Полученные результаты могут быть использованы при планировании инвестиций предприятий, а также в их производственной деятельности для улучшения финансово-экономического положения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лихтенштейн В.Е. Модели дискретного программирования. — Москва, «Наука», 1971. — 237 с.
2. Бирман И. Оптимальное программирование. — Москва, «Экономика», 1968. — 275 с.
3. Грузинов В.П. Экономика предприятия: учебник. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 342 с.
4. Крейкина М.Н. Финансовый менеджмент: учебное пособие. — Москва: Дело и Сервис, 2019. — 496 с.
5. Ходаков, В.Е. Дискретная математика: учебное пособие. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 542 с.
6. Шевелев, Ю.П. Дискретная математика: учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 592 с.
7. Игонина, Л.Л. Инвестиции: учебник. — Москва: Инфра-М, 2018. — 752 с. — ISBN 978-5-9776-0071-2.
8. Нешиной, А.С. Инвестиции: учебник. — Москва: Дашков и К, 2018. — 352 с. — ISBN 978-5-394-02216-6.
9. Шарп, У.Ф. Инвестиции: учебник. — Москва: ИНФРА-М, 2021. — 1028 с. — ISBN 978-5-16-016789-3.
10. Боташев Р.А. Математические методы в задачах экономики. Учебное пособие. — Карачаевск: КЧГУ, 2018. — 220 с. — ISBN 978-5-8307-0538-7.
11. Боташев Р.А. Экономика Карачаево-Черкесии. Учебное пособие. — Карачаевск: КЧГУ, 2020. — 252 с. — ISBN 978-5-8307-0615-5.

© Боташев Руслан Азаматович (botashevruslan@mail.ru), Шунгаров Хамид Джашаевич (hamidsh@rambler.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МЕТОДЫ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ КОНЕЧНООБЪЕМНЫХ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ

METHODS FOR PARALLELING COMPUTATIONS FOR FINITE-VOLUME NUMERICAL METHODS

A. Gulicheva

Summary. The task of forming an adaptable computational grid in solving problems of filtration and hydrodynamics, which could adapt to various types of surfaces, taking into account the possibility of their movement, is quite difficult, especially in the case of modeling liquids. The relevance of using finite-volume methods for mathematical models of filtration and flow of non-Newtonian incompressible fluids is determined. The main aspects of the application of finite volume methods in the implementation of this type of modeling are considered. It is noted that the procedures for the formation of surface meshes in the framework of modeling physical processes are often performed using machines with a multithreaded architecture, which indicates the possibility of organizing the calculation of flows in a parallel mode. Techniques for resolving conflicts in accessing data with their corrections as a result of the flow of substance flows are considered. It is concluded that the simplification of the computational process based on finite volume methods in solving the problem of forming an adaptable computational grid by parallelizing computations is a reasonable solution. It is noted that in this case, it is important to correctly parallelize the program and provide procedures for organizing data synchronization in order to ensure the most correct calculation results.

Keywords: finite-volume modeling methods, parallel calculations, adaptable computational grid, hydrodynamic problems, fluid modeling.

Гуличева Анастасия Алексеевна

МИРЭА (Российский технологический университет)
n-gulicheva@yandex.ru

Аннотация. Задача формирования адаптируемой расчетной сетки при решении задач фильтрации и гидродинамики, которая могла бы адаптироваться к различным видам поверхностей с учетом возможности их движения является довольно сложной, особенно в случае с моделированием жидкостей. Определена актуальность использования конечно-объемных методов для математических моделей фильтрации и течения неньютоновских несжимаемых жидкостей. Рассмотрены основных аспектов применения конечно-объемных методов при осуществлении данного вида моделирования. Отмечено, что процедуры формирования поверхностных сеток в рамках моделирования физических процессов часто выполняются с применением машин с многопоточной архитектурой, что говорит о возможности организации вычисления потоков в параллельном режиме. Рассмотрены методики разрешения конфликтов при осуществлении доступа к данным при их корректировках в результате перетекания потоков веществ. Сделан вывод о том, что упрощение процесса вычислений на основании конечно-объемных методов при решении задачи формирования адаптируемой расчетной сетки посредством распараллеливания вычислений является обоснованным решением. Отмечено, что важным при этом является грамотное распараллеливание программы и обеспечение процедур по организации синхронизации данных, с целью обеспечения максимально корректных результатов вычисления.

Ключевые слова: конечно-объемные методы моделирования, параллельные вычисления, адаптируемая расчетная сетка, задачи гидродинамики, моделирование жидкостей.

При осуществлении процессов численного моделирования, направленного на решение задач фильтрации и гидродинамики, часто возникает необходимость максимально корректно осуществлять учет границ и поверхностей тел, которые могут быть как статическими, так и динамическими. Причем часто в роли примера подобных поверхностей могут выступать крупные трещины в пористых средах, либо свободные поверхности однофазных несжимаемых жидкостей. Для того, чтобы обеспечить учет подобного рода поверхностей при решении подобного рода задач часто использует лангранжевый метод отслеживания, при котором происходит формирование адаптируемой расчетной сетки для осуществления разрешения поверхности. В том случае, когда речь идет про движущи-

еся поверхности, частым примером которых является свободная поверхность жидкости, то данный подход требует на каждом шаге осуществлять построение новое поверхностной сетки, что приводит к существенно увеличению нагрузки на вычислительную систему. Именно по этой причине было принято решение о рассмотрении основных использования конечно-объемных методов для математических моделей фильтрации и течения неньютоновских несжимаемых жидкостей со свободной поверхностью, позволяющих эффективно учитывать вложенные в сетку границы и получать физически корректные дискретные решения [3].

Практическая значимость выполняемого исследования заключается в рассмотрении методов организа-

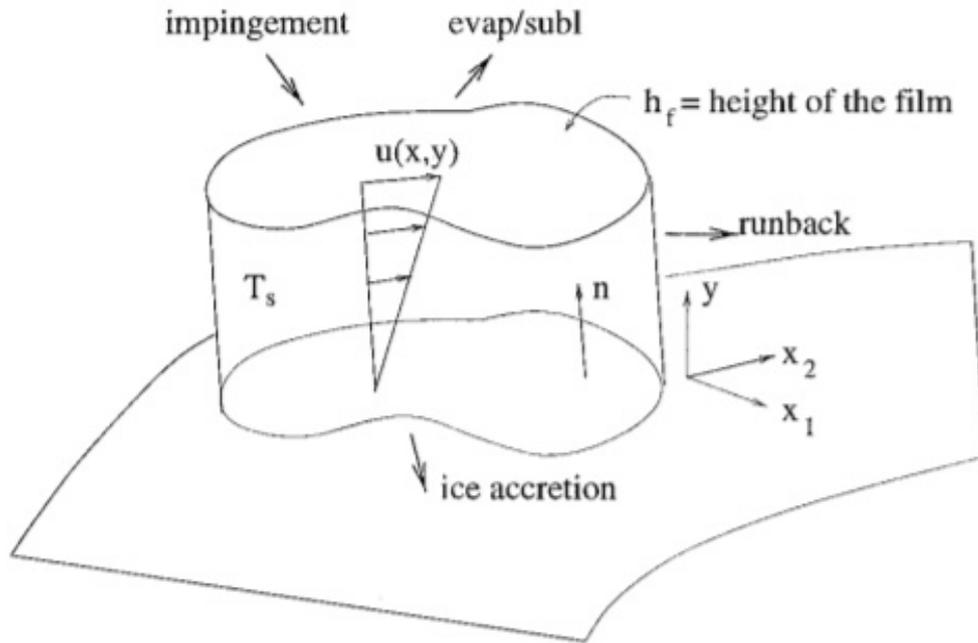


Рис. 1. Учитываемые в рамках модели явления тепло- и массообмена

ции параллельных вычислений для конечно-объемных численных методов в рамках решения практических задач по расчету процессов протекания тонкой пленки по поверхности обтекаемого тела.

Обычно для численного решения задач формулируется математическая модель решения в виде интегральных и дифференциальных уравнений на некоторой многомерной области расчетов. Переход от данной постановки задачи к дискретной математической модели осуществляется заменой функций непрерывного аргумента функциями дискретного аргумента. В результате модель превращается в систему конечноразностных уравнений. Получившаяся модель представляет собой систему алгебраических уравнений, для решения которой с определенной точностью составляется вычислительный алгоритм [6].

Чаще всего все численные методы реализуются через итерационные процедуры, которые выполняются до тех пор, пока не достигнута заданная точность решения. Такой алгоритм решения задачи подразумевает под собой разбиение всего процесса на определенное количество простых шагов (этапов), выполняемых поочередно.

Другими словами, дискретность — набор действий, имеющих строго определенную, предписанную им алгоритмом последовательность. Каждое следующее действие может быть исполнено только при полном завершении предыдущего этапа [5].

В основе решения практических задач, описанных ранее, часто лежит метод конечных элементов, который представляет собой численный метод решения дифференциальных уравнений с частными производными, а также интегральных уравнений, возникающих при решении задач прикладной физики. Метод широко используется для решения задач механики твердого деформируемого тела, теплообмена, гидродинамики, электродинамики и топологической оптимизации.

Суть работы данного метода можно наблюдать в его наименовании — для области, в рамках которой будет производиться решение дифференциальных уравнений, производится её разбиение на конечное число подобластей, которые также называют составными элементами области. В каждом элементе произвольным образом осуществляется выбор вида аппроксимирующей функции — в качестве наиболее простого варианта выступает полином первой степени. Вне данного элемента выбранная аппроксимирующая функция равняется нулю. Те значения функции, которые были получены на границах элементов будут являться решением задачи. Поиск коэффициентов аппроксимирующих функций производится на основании условий равенства значений соседних функций на границах элементов. Далее происходит выражение коэффициентов с использованием значений функций в узлах элементов. Следующим шагом происходит составление системы линейных алгебраических уравнений, число которых прямо пропорционально количеству неизвестных значений в узлах, в которых происходит поиск решения исходных

систем, в количестве, прямо пропорциональном числу элементов. Данное количество часто ограничивается только вычислительной мощностью используемой для расчетов вычислительной системы.

С точки зрения вычислительной математики, суть метода конечных элементов заключается в минимизации функционала вариационной задачи посредством совокупности функций, каждая из которых определяется только в рамках собственной подобласти [6].

Методика стала активно использоваться в различных областях — при проектировании зданий и сооружений, процессов движения поверхностей, в частности активно — в гидродинамике. На рисунке 1 представлены учитываемые в модели явления тепло- и массообмена.

При реализации вычислений важной особенностью является тот факт, что выражение пары уравнений частных производных при решении данной задачи происходит их выражение на в двумерных поверхностях, которые попросту встраивают в трехмерные. По результату получается, что первые производных для данных поверхностей вычисляются вдоль данных поверхностей. В рамках метода конечного объема происходит использование данной особенности. Основой вычисления выступает ячейка конечного объема, представляющая собой ячейку двумерно поверхностной сетки, а поверхностная сетка формируется как оболочка трехмерной сетки.

Перед началом работы по решению определяющих уравнений необходимо выполнить дискретизацию поверхности всех границ, после чего выполнить построение объемной сетки границ поверхности и области течения. Для этого могут быть использованы расчетные сетки двух видов — структурированные и неструктурированные [4].

При структурированной сетки для каждой точки сетки происходит однозначная идентификация как её индексами, так и декартовыми координатами. Ячейки данной сетки могут представлять собой четырехугольники в двумерном представлении, либо шестигранники в трехмерном представлении.

Неструктурированная сетка характеризуется тем, что ячейки сетки, так же как и точки на сетки, не имеют какого-то определенного порядка, что не позволяет однозначно идентифицировать её ячейки. По этой причине составные элементы сетки представляют собой сочетания четырехугольников и треугольников для двумерной сетки, а также сочетания тетраэдров, призм и пирамид для трехмерной сетки. Это выполнено с целью корректного разрешения пограничных слоев.

При генерации структурированной сетки первым этапом осуществляется распределение точек сетки по граничным кривым. За счет этого достигается возможность формирования сетки поверхности, на основании которых может быть выполнено построение объемной сетки.

При генерации неструктурированных сеток чаще всего использовались треугольники и тетраэдры, однако в последнее время большим уровнем популярности становится построение неструктурированных сеток на основании различных типов элементов, включая сюда шестигранники, призмы и тетраэдры.

Оба варианта построение сеток поверхности обладают своими сильными сторонами. Так, структурированные сетки позволяют легко и быстро получить доступ к любому узлу данной сетки посредством использования индексов. Однако в случае сложных геометрий генерация структурированных сеток будет довольно сложна. В то время как при использовании неструктурированных сеток появляется возможность быстрого построения сложных геометрий, не требуя при этом вмешательства пользователя. В качестве варианта устранения данных недостатков часто используются смешанные сетки, позволяющие добиться объединения данных подходов [3]. Однако использование смешанных сеток требует больших вычислительных ресурсов. А так как процесс построения сеток поверхности представляет собой сложный вычислительный процесс и требует существенных вычислительных мощностей, то с целью ускорения его выполнения требуется распараллеливание вычислений. Для этого применимо к системам с общей памятью часто используют технологию OpenMP. В качестве основы в данном случае будет выступать последовательная программа, которая преобразуется в параллельную посредством специального набора директив, процедур и переменных окружения.

Для распараллеливания программы её текст разбивается на области с параллельным и последовательным типом выполнения, как это представлено на рисунке 2. При запуске программы происходит порождение «основной нити», запускающей процесс исполнения программного кода со стартовой точки. Именно она осуществляет процесс исполнения последовательных областей программы. Параллелизм программы реализуется посредством схемы FORK/JOIN. При входе в параллельную область происходит формирование основной нитью дополнительных нитей с использованием операции FORK. При появлении каждой дополнительной нити её присваивается уникальный номер, а в рамках самой нити происходит выполнение одного и того же программного кода. После того, как параллельная нить завершить свои вычисления, основной

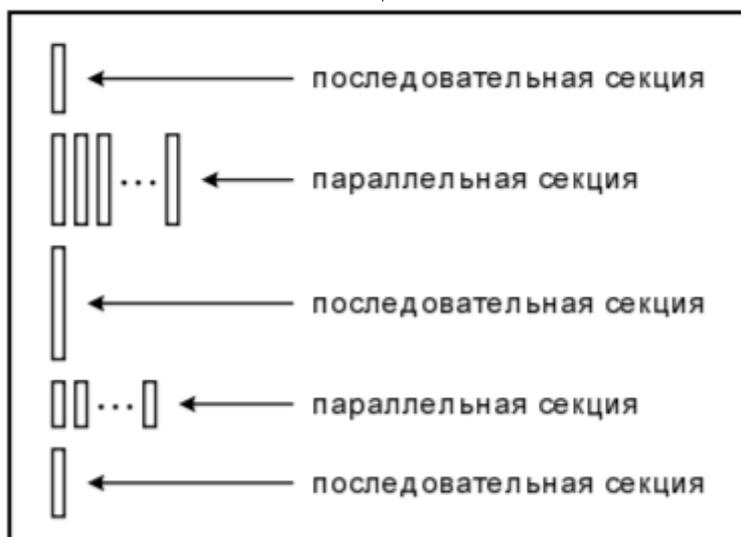


Рис. 2. OpenMP. Процесс исполнения программы

нитью осуществляется ожидание завершения вычислений всеми нитями, и далее программа выполняется уже непосредственно в рамках основной нити — происходит выполнение операции JOIN [8].

В рамках параллельной области для переменных в рамках программы производится их разделение на два класса: общие (SHARED) и локальные (PRIVATE) переменные. Для общих переменных характерно их существование только в одном экземпляре для всей программы, а также доступ к ним всегда под одним и тем же именем. Локальные переменные создаются каждая для своей нити, никаким образом, не изменяясь в рамках других нитей.

Реализация максимально эффективной параллельной программы возможна только в том случае, когда все нити будут равномерно загружены полезными вычислениями. Для этого важно осуществить балансировку нагрузки, для чего и применяются различные механизмы OpenMP.

Немаловажным моментом является обеспечение синхронизации общих данных, так как с ними будет осуществляться одновременная работа нескольких нитей. По этой причине значительная часть функционала OpenMP направлена как раз на осуществление процессов синхронизации.

Процедуры формирования поверхностных сеток в рамках моделирования физических процессов часто выполняются с применением машин с многопоточной архитектурой, что говорит о возможности организации вычисления потоков в параллельном режиме. С целью

обеспечения данного режима важно обеспечить разрешение конфликтов при осуществлении доступа к данным при их корректировках в результате перетекания потоков веществ. Это возможно реализовать несколькими методиками.

Первый метод подразумевает использованием механизма критических секций OpenMP. Является довольно простой, однако может оказаться критичной для некоторых архитектур.

Второй метод подразумевает сохранение потоков сначала на всех границах, после чего произведение единовременного перерасчета для каждой ячейки. Реализация данного механизма потребует сохранения информации обо всех границах, являющимися для конкретной ячейки входными и выходными, что является довольно весомым недостатком.

Третий метод подразумевает выполнение разбиения границ между расчетными ячейками на подмножества таким образом, чтобы в результате внутри каждого подмножества не было конфликтующих границ. Недостатками данного подхода является необходимость дополнительных действий, связанных с реализацией процедур разбиения границ на подмножества без конфликтов [1].

Каждый из представленных методов имеет как положительные, так и отрицательные стороны. В рамках исследовательской работы был использован метод OpenMP по причине простоты его реализации. Метод основан на использовании инструментария, в составе которого находится набор базовых директив. На осно-

вании данных директив происходит написание кода программы, позволяющей осуществить построение смешанной сетки с минимальными затратами на написание кода и получить оптимальный результат в плане потребления ресурсов и вычислительного времени.

В заключении необходимо отметить, что упрощение процесса вычислений на основании конечно-объ-

емных методов при решении задачи формирования адаптируемой расчетной сетки посредством распараллеливания вычислений является обоснованным решением. Важным при этом является грамотное распараллеливание программы и обеспечение процедур по организации синхронизации данных, с целью обеспечения максимально корректных результатов вычисления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабичев С.Л. Распределенные системы: учебное пособие для вузов / С.Л. Бабичев, К.А. Коньков. М.: Издательство Юрайт, 2022. 507 с.
2. Воробьев Е.С. Численные методы и математическое моделирование. Основы численных методов и приемы построения математических моделей на их основе и эти решения в различных пакетах / Е.С. Воробьев, В.Е. Воробьева. Казань, 2017.
3. Данилов А.А. Технология построения неструктурированных сеток и монотонная дискретизация уравнения диффузии. Диссертация на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук / А.А. Данилов. М.: Институт вычислительной математики РАН, 2010.
4. Корт Б. Комбинаторная оптимизация // Теория и алгоритмы. 2015.
5. Куштанова Г.Г. Математическое моделирование геофизических процессов. Казань, 2015.
6. Метод конечных элементов. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D1%87%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2 (дата обращения 27.12.2022)
7. Рыбаков А. Внутреннее представление и механизм межпроцессного обмена для блочной сетки для суперкомпьютерных вычислений // Программные продукты и системы // Алгоритмия. 2017. № 8 (1). С.121–134.
8. Рыбаков А. Распределение вычислительной нагрузки между узлами гетерогенного вычислительного кластера // Программные продукты, системы и алгоритмы. 2018. № 1. С. 1–7.

© Гуличева Анастасия Алексеевна (n-gulicheva@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МИРЭА — Российский технологический университет

РАЗРАБОТКА СИМУЛЯТОРА СБОРА ДАННЫХ С ДАТЧИКОВ ЛОКОМОТИВА

DEVELOPMENT OF A SIMULATOR FOR COLLECTING DATA

**R. Dolmatov
S. Saradgishvili**

Summary. This paper discusses the issue of creating a simulator for unmanned railway transport, comparing a comparative simulator, the proposed method for compiling a simulator that is different from a significant one, considering the issue of unstable data transfer

Keywords: unmanned vehicles, simulator, unstable data transfer, devops.

Долматов Роман Александрович

Аспирант, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
d_roman.kst@mail.ru

Сараджишвили Сергей Эрикович

К.т.н., доцент, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
ssaradg@yandex.ru

Аннотация. В данной работе рассматривается вопрос создания симулятора для беспилотного железнодорожного транспорта, сравнение существующих симуляторов, предложен метод написания симулятора, отличный от существующих, рассмотрен вопрос нестабильной передачи данных.

Ключевые слова: беспилотные транспортные средства, симулятор, нестабильная передача данных, devops.

Автопилотирование, автомашинист, беспилотное управление — это все разная терминология в определении современных систем автоматизированного управления движением поездов, предназначенного для качественного обеспечения перевозок из одного пункта в другой.

Большинство компаний сейчас разрабатывают различные системы автопилотирования и беспилотные транспортные средства: поезда, автомобили, корабли, техники для разной промышленности. Накопленный опыт автоматизации базируется на использовании различных компонентов, начиная от архитектуры процессоров и написания программного кода до современных каналов передачи информации и создания надежной аппаратуры. Эти знания и правильный подход помогает решить проблемы интеграции функций управления движением, безопасностью, совместимостью искусственного интеллекта и аппаратной части.

Если мы говорим о понятии беспилотного транспорта, то необходимо упомянуть об уровнях автоматизации транспортных средств. Эти уровни взяты и структуры, установленной профессиональной ассоциацией автомобильных инженеров (SAE). Структура описывает шесть уровней автоматизации транспортных средств, начиная от полного отсутствия автоматизации и заканчивая полностью автоматизированной системой, которая может управлять автомобилем не хуже опытного человека в любой ситуации. В нулевом уровне — водитель-человек несет ответственность за 100% того,

что SAE называет «динамической задачей вождения», что означает работу по фактическому вождению транспортного средства на постоянной основе. Уровня 1 — систему, которая обеспечивает либо рулевое управление, либо управление ускорением и торможением на постоянной основе, но только при ограниченных, конкретных обстоятельствах. Это не считается «автоматизацией» в рамках SAE, потому что динамическая часть задачи вождения не автоматизирована: человек по-прежнему должен быть готов нажать на тормоз (и деактивировать систему), если впереди более медленное движение. Уровень 2 — «частичная автоматизация». Это для систем помощи водителю, которые обеспечивают как рулевое управление, так и управление ускорением и торможением, но опять же, только при ограниченных обстоятельствах. Если водитель-человек должен регулярно вмешиваться, например, когда автомобиль съезжает с шоссе, то это, вероятно, система уровня 2. Важно отметить, что это не «беспилотное вождение», даже если вроде как кажется, что автомобиль ведет себя сам. SAE определяет уровень 3 как «условную автоматизацию». Разница между уровнем 2 и уровнем 3 заключается в степени. На практике это зависит от ответа на вопрос: насколько внимательным должен быть человек, сидящий за рулем автомобиля? С системой уровня 2 водитель должен быть очень бдительным, готовым немедленно взять на себя задачу вождения, если система обнаружит что-то, с чем она не может справиться. Ожидается, что на уровне 3 система сможет управлять вождением, пока оно находится в пределах своей «области операционного проектирования»,

Таблица 1. Сравнение трех симуляторов

Параметр сравнения	Симуляторы		
	CARLA	CA	GAzebo
1	2	3	4
Системные требования	Intel i7 gen 9th — 11th / Intel i9 gen 9th — 11th / AMD ryzen 7 / AMD ryzen 9 +16 GB RAM memory NVIDIA RTX 2070 / NVIDIA RTX 2080 / NVIDIA RTX 3070, NVIDIA RTX 3080 Ubuntu 18.04	Четырёхъядерный процессор с тактовой частотой 4ГГц, Nvidia GTX 1080 8GB	Двухъядерный процессор с тактовой частотой 4 ГГц Nvidia GTX 2080
Операционная система для исполнения	Linux, Windows (64-битная ОС)	Linux, Windows 10 (64-битная ОС) (на Windows работает стабильнее, чем на Linux)	Linux, Windows (64-битная)
Графический движок	Unreal Engine	Unity	Unity 3D
Возможность параллелизации тестов	Присутствует	Отсутствует	Отсутствует
Количество различных видов транспортных средств	14	4	6
Возможность моделирования собственных сценариев	Присутствует	Присутствует частично	Присутствует

а это означает, что роль человека состоит в том, чтобы быть «запасным вариантом». Уровень 4 — это «высокая автоматизация вождения»: система вообще не нуждается в поддержке человека, пока она работает в своей «области эксплуатационного проектирования». Эти системы обычно используют несколько лидаров для моментального «картографирования» окружения автомобиля. Затем лидарные изображения сравниваются с сохраненной 3D-картой.

Уровень 5 — безусловное (то есть безлимитное) автоматизированное вождение без ожидания вмешательства человека-водителя. Иными словами, система уровня 5 должна быть способна проехать везде, куда может доехать опытный водитель-человек, в любых условиях, с которыми может справиться опытный водитель-человек, полностью самостоятельно. случаях возникают проблемы, связанные с безопасностью жизни человека.

Исходя из вышеперечисленного можно сделать вывод, что задача разработки симулятора является актуальной задачей, решение которой упростит процесс разработки ПО. Чтобы структурировать всю информацию о трех обозреваемых симуляторах, была составлена сравнительная таблица (табл. 1).

Разработанный симулятор

Движок для симулятора был выбран, исходя из начальных условий. Использовался движок Unity 3D, было решено использовать этот же движок. Для написания клиента был выбран язык программирования Python, так как он очень удобен и легок в применении для данной задачи. Для передачи данных от сервера клиенту был выбран протокол передачи данных protobuf. В процессе создания симулятора осталось объединить наработки двух компаний, добавить необходимых актеров, управляющие воздействие, создать клиент-серверную архитектуру для приема данных и управления симуляцией.

Сервер симулирует мир с актерами, в нем также можно менять погодные условия и время суток. Он также симулирует посылку данных от сенсоров: камер, лидаров, радаров и тепловизора. Также реализована передача истинных значений семантической сегментации и карты глубины. Симулятор включает в себя 3D-модели (пешеходы, животные, велосипедисты, деревья и др.) и сценарий поведения этих объектов. Есть возможность моделировать поведение людей и животных и тестировать реагирование алгоритмов на появление препятствий в разных зонах. Клиент же посылает

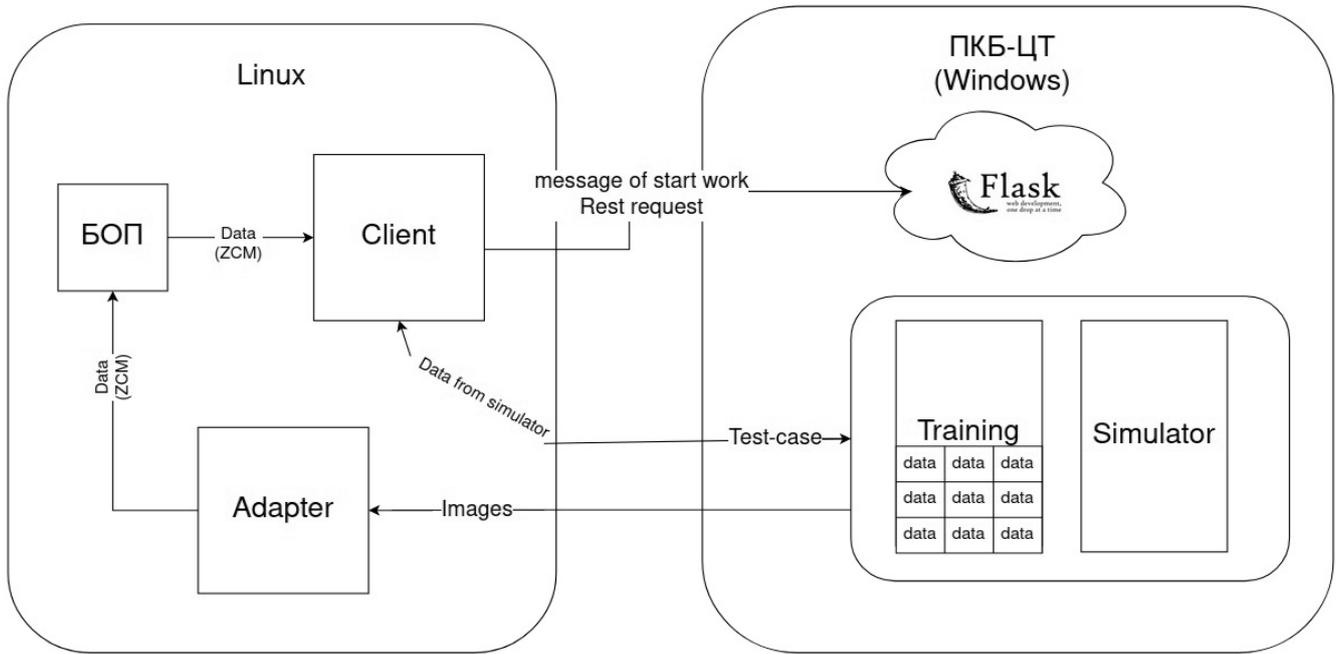


Рис. 1. Схема работы симулятора

серверу сигналы управляющего воздействия: включение/выключение фар, подача гудка, экстренное торможение. Физика разгона и торможения состава тоже вынесена в клиентскую часть, данные берутся из протоколов испытаний, а на сервере скорость задается константой. Вся схема представлена на рис. 1

Основные компоненты симулятора

- ◆ Симулятор, расположенный на операционной системе Windows.
- ◆ Программное обеспечение, развернутое на OS Linux, обеспечивающее работу тренажера и подключение к симулятору

На операционной системе Windows запускается сервер Flask, после чего запускается программное обеспечение на Linux. Так как с сервером связан клиентский компонент, то запускается именно он. Клиент отправляет сообщение в сервер о начале работе. Сервер после получения сигнала запускает одновременно симулятор и тренажер. Следующий компонент, с которым связан симулятор — адаптер. Работающий симулятор с включенной камерой отправляет кадры адаптеру, после чего идет преобразование в zcm-формат. Клиент отправляет в симулятор данные из тест-кейсов и принимает данные из симулятора и следит, прошел тест-кейс или нет. Когда все тест-кейсы пройдены, то клиент посылает сообщение на сервер, чтобы тот закончил рабо-

ту симулятора. Все будет выполняться до тех пор, пока все вариации тест-кейсов не закончатся.

Понятие нестабильной передачи данных

Для управления информационными пакетами, передаваемыми по сети, разработана технология Quality of Service — это набор технологий, которые запускают высокоприоритетные приложения и трафик при лимитированной пропускной способности. Это означает, что более важный трафик будет обработан быстрее, а задержки по сети будут минимальны. Необходимо разделить трафик с помощью инструментов классификации. Так организации смогут контролировать доступность ресурсов для приоритетных приложений. Потери говорят о том, сколько из отправленных источником пакетов дошло до адресата.

Причиной потерь может быть проблема в интерфейсе/кабеле, перегрузка сети, битовые ошибки, блокирующие правила ACL. Что делать в случае потерь решает приложение. Оно может проигнорировать их, как в случае с телефонным разговором, где запоздавший пакет уже не нужен, или перезапросить его отправку — так делает TCP, чтобы гарантировать точную доставку исходных данных.

Задержки — это время, которое необходимо данным, чтобы добраться от источника до получателя. Со-

вокупная задержка складывается из следующих компонентов.

- ◆ Задержка сериализации (Serialization Delay) — время, за которое узел разложит пакет в биты и поместит в линк к следующему узлу. Она определяется скоростью интерфейса. Так, например, передача пакета размером 1500 байтов через интерфейс 100Мб/с займёт 0,0001 с, а на 56 кб/с — 0,2 с.
- ◆ Задержка передачи сигнала в среде (Propagation Delay) — результат ограничения скорости распространения электромагнитных волн. Физика не позволяет добраться из Нью-Йорка до Томска по поверхности планеты быстрее чем за 30 мс (фактически порядка 70 мс).

- ◆ Задержки, вносимые QoS — это томление пакетов в очередях (Queuing Delay) и последствия шейпинга (Shaping Delay).
- ◆ Задержка обработки пакетов (Processing Delay) — время на принятие решения, что делать с пакетом: lookup, ACL, NAT, DPI — и доставку его от входного интерфейса до выходного.

В рамках данной работы был рассмотрен проект создания симулятора для беспилотного железнодорожного транспорта. В ходе работы были изучены и проанализированы симуляторы для автомобильного беспилотного транспорта, была подробно рассмотрена их архитектура, наполнение и способы применения, понятие нестабильной передачи данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Статья «История беспилотных автомобилей» [Электронный ресурс] URL: <https://bespilot.com/info/istoriya>;
2. John Rosevear, «Self-Driving Cars: Understanding the 6 Autonomous Levels», 2018
3. J. Banks; J. Carson; B. Nelson; D. Nicol (2001). Discrete-Event System Simulation. Prentice Hall. p. 3. ISBN 978–0–13–088702–3;
4. A. Dosovitskiy, G. Ros, F. Codevilla, A. López and V. Koltun, «CARLA: An open urban driving simulator», Conference on Robot Learning (CoRL), 2017
5. Hopsfs: Scaling hierarchical file system metadata using newsq databases / Niazi S. [и др.] // 15th USENIX Conference on File and Storage Technologies (FAST 17). 2017. С. 89–104.
6. A. Dosovitskiy «CARLA Documentation». [Электронный ресурс]: CARLA Simulator. URL: https://carla.readthedocs.io/en/latest/start_introduction/;
7. Rong, Guodong and Shin, Byung Hyun and Tabatabaee, Hadi and Lu, Qiang and Lemke, «LGSVL Simulator: A High Fidelity Simulator for Autonomous Driving», arXiv preprint, 2020; Ermakov N.V., Molodyakov S.A. A caching model for a quick file access system // Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2021. Т. 1864. №. 1.

© Долматов Роман Александрович (d_roman.kst@mail.ru), Сараджишвили Сергей Эрикович (ssaradg@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОДЕЛЬ ГИБКОЙ ПРОГРАММНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

A FLEXIBLE SOFTWARE ARCHITECTURE MODEL FOR MANAGING A REGIONAL HEALTHCARE SYSTEM

**A. Konovalov
O. Romashkova**

Summary. The article is devoted to the development of a client-server architecture, which is a platform for managing and servicing container workloads and services that form the basis for automating management processes in healthcare systems. The Kubernetes cluster is created using the calico pod network together with the main Kubelet, Kubeadm and Kubectl drivers. Secure Shell (SSH) protocol is used for secure shell, data management and authentication between client and server.

Keywords: data processing models, service orchestration software, healthcare system, automation of management processes, flexible client-server architecture.

Коновалов Артем Алексеевич

Аспирант, ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет (МГПУ)», г. Москва
bernadott94@yandex.ru

Ромашкова Оксана Николаевна

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

Аннотация. Статья посвящена разработке клиент-серверной архитектуры, которая представляет собой платформу для управления и обслуживания контейнерных рабочих нагрузок и сервисов, образующих основу для автоматизации управленческих процессов в системах сферы здравоохранения. Кластер Kubernetes создается с помощью сети calico pod вместе с основными драйверами Kubelet, Kubeadm и Kubectl. Протокол Secure Shell (SSH) используется для защищенной оболочки, управления данными и аутентификации между клиентом и сервером.

Ключевые слова: модели обработки данных, программное обеспечение оркестровки сервисов, система здравоохранения, автоматизация процессов управления, гибкая клиент-серверная архитектура.

Распределенные вычисления — это область информационных технологий, которая занимается изучением распределенных информационных систем и баз данных. Такие системы имеют связь и координацию с каждым из своих узлов, которые взаимодействуют друг с другом для достижения общей цели: наиболее эффективной обработки данных для решения поставленной задачи. Возможности указанных систем способствуют внедрению гибких и эффективных приложений для управления деловыми процессами, в том числе в сфере здравоохранения [1, 2].

Целью настоящего исследования является разработка клиент-серверной архитектуры, которая представляет собой платформу для управления и обслуживания контейнерных рабочих нагрузок и сервисов, образующих основу для автоматизации процессов управления [3]. Кластер Kubernetes создается с помощью сети calico pod вместе с основными драйверами Kubelet, Kubeadm и Kubectl. Протокол Secure Shell (SSH) используется для защищенной оболочки, управления данными и аутентификации между клиентом и сервером.

Особенности гибких программных архитектур

Kubernetes (иначе называемый k8s или “Kube”) — это программное обеспечение оркестровки сервисов с открытым исходным кодом, которое автоматизирует значительную часть ручных процедур, связанных с транспортировкой, контролем и масштабированием контейнерных приложений. Таким образом появляется возможность объединять группы хостов, работающих под управлением операционной системы Linux, а также — продуктивно управлять ими. Kubernetes одинаково легко разворачивается как на локальных мощностях, так и в облаке. Также Kubernetes является идеальным средством для облегчения работы облачных приложений, требующих быстрого масштабирования, аналогичным постоянному потоку информации через Apache Kafka (брокер очередей). Контейнеры и этапы конфигурирования контейнеров, несомненно, представляют больше интереса по сравнению с обычной виртуализацией. Разделение завершается на уровне ядра без необходимости использования какого-либо стороннего программ-

ного обеспечения, поэтому контейнеры, несомненно, становятся все более эффективными, быстрыми и легкими. Docker в настоящее время является самой известной контейнерной средой. Docker предоставляет платформу для распараллеливаемых и распределенных вычислений контейнерных приложений. Но, тем не менее, возникла проблема координации и расписания запуска этих контейнеров. Kubernetes — это система для управления различными контейнерными приложениями (оркестрации) на нескольких хостах, предоставляющая базовые механизмы и функциональные возможности для развертывания, обслуживания и масштабирования различных и разных типов приложений [4].

Виртуализация позволяет лучше использовать ресурсы как на физическом сервере, так и на облаке, обеспечивает лучшую адаптивность, поскольку приложение может быть эффективно развернуто или обновлено, что снижает затраты на аренду/закупку оборудования. Каждая виртуальная машина представляет собой пространство со своей операционной системой на которой можно запускать и выполнять программные приложения, аналогично обычным компьютерам. Механизм контейнерной среды действует частично как виртуальная машина (VM), но при этом исключаются все ненужные компоненты, которые не требуются для реализации сервиса, развернутого внутри контейнера. Соответственно, контейнеры намного легче стандартных приложений в рамках VM. Подобно виртуальной машине контейнер обладает своей файловой системой, процессором, памятью и процессорным пространством. Поскольку код сервисов, используемых контейнерами, используется только внутри контейнера, то это порождает феноменальную гибкость при разработке систем. Различные сервисы могут быть написаны на различных языках программирования, подходящих именно для конкретных поставленных задач.

Контейнеры стали необходимостью в современном мире из-за:

1. Корректировки трафика

Kubernetes может обнаружить контейнер, используя имя системы доменных имен (DNS) или используя их адрес. В случае, если объем трафика в контейнере слишком велик, Kubernetes может корректировать и адаптировать системный трафик до тех пор, пока он не станет устойчивым.

2. Распределения мощности

Kubernetes позволяет автоматически настроить распределение мощностей в зависимости от нагрузки, развернуть копии сервисов в случае критической нагрузки/падения контейнера и др.

3. Управления контейнеризацией

Полный контроль выполнения сервисов: возможность изменить состояние выполнения на идеальное состояние или общее состояние сервиса в зависимости от необходимости и требований.

В последние несколько лет наблюдается рост популярности облачных сервисов из-за их масштабируемости, гибкости. В то же время современные устройства теперь могут запускать контейнерные микросервисы, не требуя высокой мощности. Было проведено множество исследований по размещению сервисов в контейнерах и их развертыванию в кластерах. Кластерный контейнер, совместимый с Kubernetes, может улучшить распределение рабочей нагрузки по облаку и по обычным физическим кластерам [5, 6].

Моделирование гибкой программной архитектуры для управления организациями в сфере здравоохранения

Целью разработки архитектуры является проектирование микросервисов, которые разворачиваются и масштабируются независимо друг от друга для создания единой системы управления региональным здравоохранением. Kubernetes предоставляет набор инструментов, на основе которого можно получить доступ к методам развертывания, обслуживания, масштабирования и перезагрузки контейнеров, в которых размещается микросервис. Kubernetes выполняет абстракцию системы микросервисов и их обслуживание.

Для разработки данной архитектуры был выделен кластер, размещенный на локальной машине. Целью создания этого кластера было обеспечить простое развертывание и масштабируемость рабочих процессов управления организацией сферы здравоохранения. Пользователь, обладающий правами администратора, может беспрепятственно распределять ресурсы и предоставлять определенные интерфейсные функции (например, ведение журнала). Кластер нацелен на горизонтальное расширение, и в случае перегрузки какого-либо сервиса, Kubernetes создаст его копию. Также был использован Kubernetes networking — для придания контейнерам свойства «виртуальных хостов», которые могут взаимодействовать друг с другом через узлы, сочетая преимущества виртуальных машин с архитектурой микросервисов и контейнеризацией.

Для обоснования использования данного подхода в таблице 1 представлены результаты сравнения традиционных распределенных систем и Kubernetes с точки зрения ключевых факторов, таких как распределение

Таблица 1. Различия между традиционными распределенными системами и Kubernetes по ключевым факторам

Параметр	Традиционный подход	Подход Kubernetes
Распределение рабочей нагрузки	Ручное планирование, распределение и управление ресурсами	Основные, и рабочие узлы автоматически отслеживаются
Управление хранилищем	Для хранения данных используются центры обработки данных, что ставит под сомнение безопасность данных, а также ведет к росту финансовых затрат	Kubernetes позволяет монтировать хранилище в соответствии с выбором и потребностями пользователей. Пользователь может хранить данные в общедоступном, частном или гибридном режиме в зависимости от ценности данных
Масштабируемость	Проблема с масштабированием ресурсов в соответствии с потребностями и требованиями пользователя. Масштабирование ресурсов требует больших затрат труда и денежных вложений. Если один узел выйдет из строя, все развертывание кластера не сможет работать.	Kubernetes предлагает контейнеры для распределения работы, возможно масштабировать ресурсы в зависимости от задач. Масштабирование ресурсов позволит правильно распределить и распределить ресурсы работы. Если один контейнер выходит из строя, Kubernetes автоматически перезапускает контейнер, чтобы кластер не был поврежден
Системные требования	Повышенные требования к ОЗУ и частоте процессора в зависимости от ОС VM	Только ресурсы необходимые для выполнения сервиса

рабочей нагрузки, управление хранилищем, масштабируемость, системные требования.

В данной архитектуре используется несколько основных компонентов Kubernetes: Kube adm используется для обслуживания и питания всего кластера, Kubectl для управления кластерами. Kubelet — механизмы, которые выполняются на каждом узле и позволяет передавать информацию между каждым из узлов и в зависимости от запросов. Secure Socket Shell — протокол безопасности на базе UNIX, используемый для доступа к любой из ближайших или удаленных машин. Чтобы сделать возможным обмен данными между различными модулями через защищенную оболочку, используется протокол SSH. Таким образом, чтобы получить доступ к модулям, это можно сделать через сервис, который является доверенной точкой входа. Было проведено исследование возможностей Pod (базовая единица для запуска и управления приложениями: один или несколько контейнеров), было подтверждено, что pod можно масштабировать вверх и вниз в зависимости от использования и требований пользователя.

Если пользователь хочет большей масштабируемости, Kubernetes предоставляет возможность масштабирования до необходимого количества ресурсов узла.

Как правило, для облачных сред используется модель виртуализации с поддержкой контейнеров. Эта модель использует Docker вместе с Kubernetes для контейнерной системы Docker с несколькими хостами. Важным аспектом такой среды является то, что Kubernetes должен отслежи-

вать требования к ресурсам и/или уровень потребления запущенных приложений. Он должен динамически корректировать ресурсы, выделяемые контейнерам, для обеспечения оптимальной производительности. На данный момент Kubernetes предоставляет доступный процесс динамического распределения ресурсов, который ограничен только потреблением процессора.

Планирование выполнения задач — важный аспект, который необходимо решить, чтобы сбалансировать рабочую нагрузку в кластере.

Был выбран круглый алгоритм планирования Робина для решения данной проблемы. Этот метод использует пакетный детектор для оценки рабочей нагрузки и выполнения любых необходимых мер. В данном алгоритме каждая готовая задача выполняется по очереди только в циклической очереди в течение ограниченного промежутка времени. Этот алгоритм также предлагает выполнение процессов без простоя. Предлагаемая система будет содержать главный узел, который будет подключен к нескольким клиентским узлам, которые обеспечивают уникальные функциональные возможности. Пользователи смогут воспользоваться этими функциями через главный узел. Система будет поддерживать четыре приложения (Node JS, Angular JS, Mongo DB), которые будут распределены по двум клиентским системам, развернутым на разных портах клиентов

На рисунке 1 показана схема архитектуры Kubernetes, использующая архитектуру «клиент-сервер».

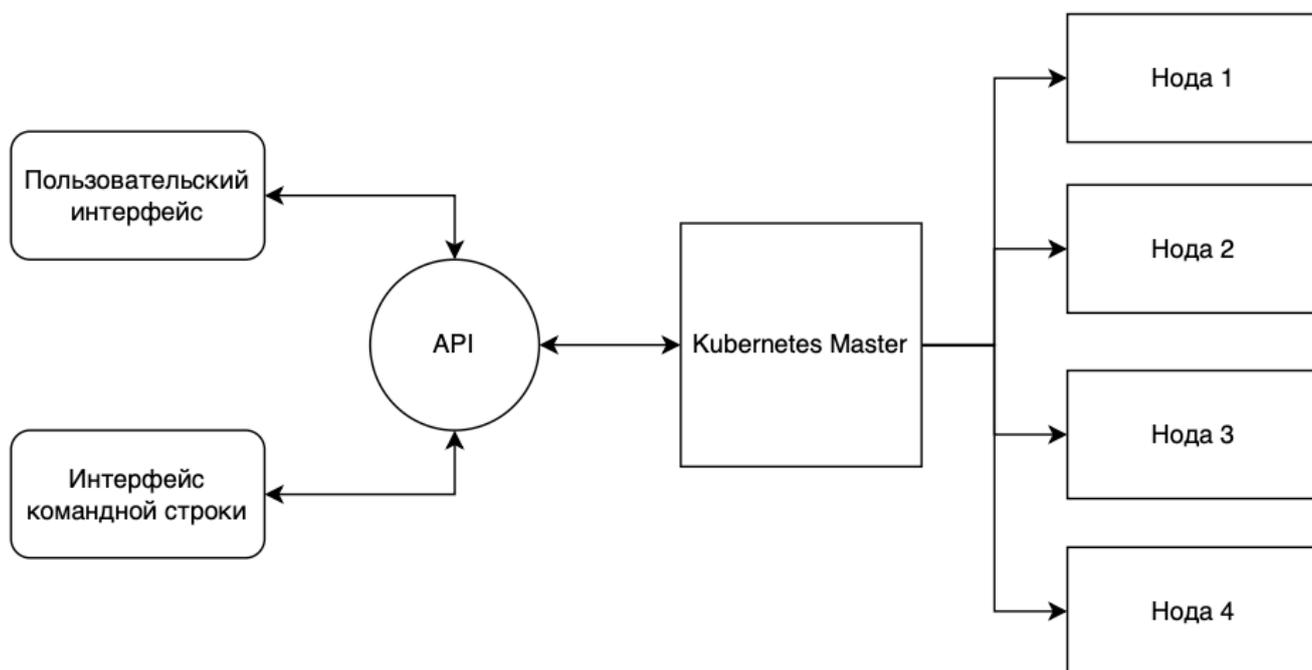


Рис. 1. Схема архитектуры Kubernetes

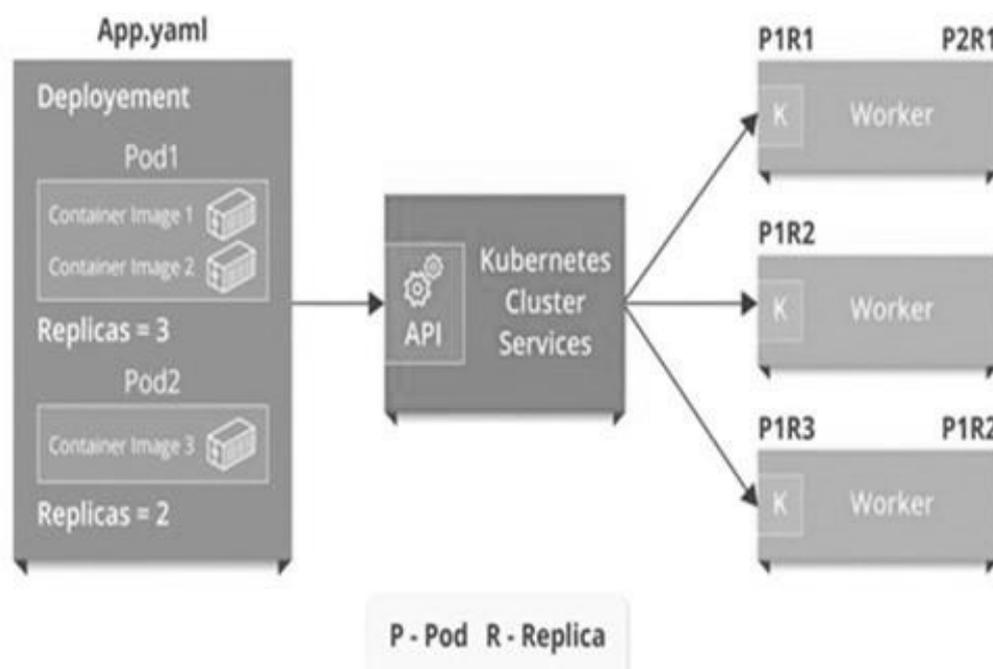


Рис. 2. Диаграмма модуля Kubernetes

Существует мастер, установленный на одной машине, и узел — на отдельных виртуальных машинах.

На рисунке 2 представлена диаграмма модуля, показывающая, что рабочая нагрузка главного модуля была разделена на рабочие узлы, и в зависимости от требо-

ваний модуля для каждого из рабочих узлов разделена работа между контейнерами.

На рисунке 3 представлен пример web-приложения управления региональной системой здравоохранения, развернутого в рамках микросервисной архитектуры.

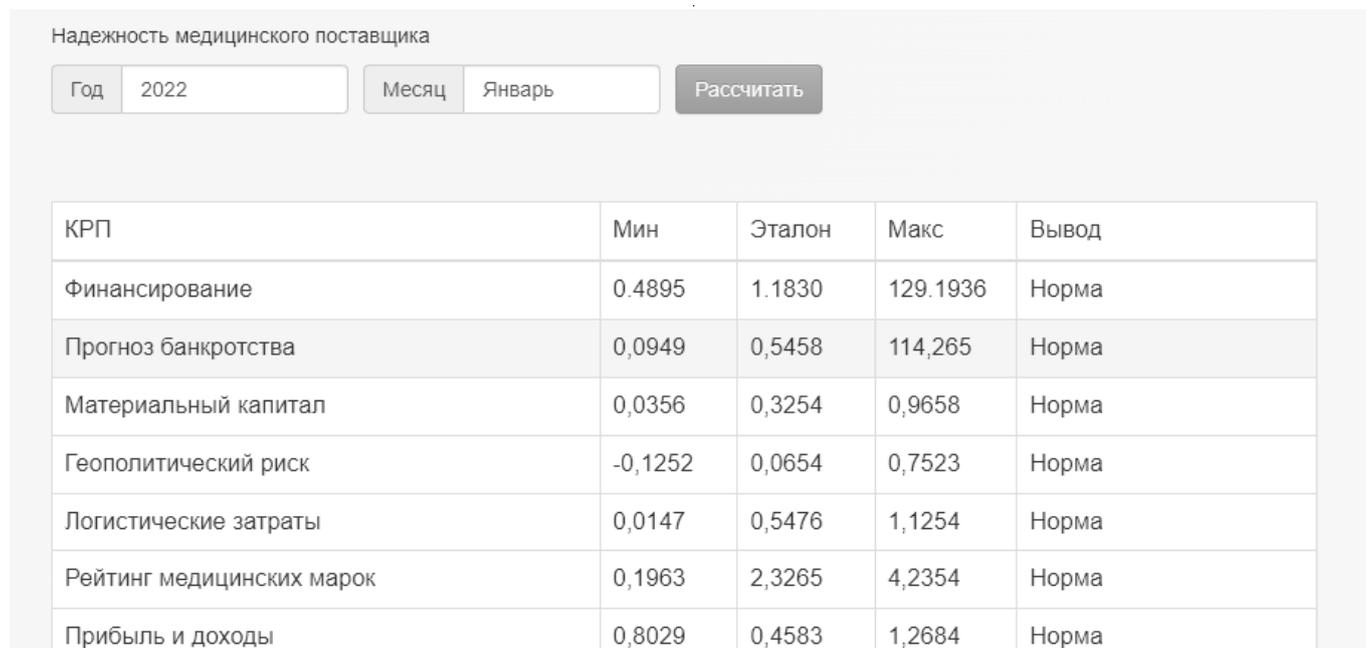


Рис. 3. Пример web-приложения управления региональной системой здравоохранения

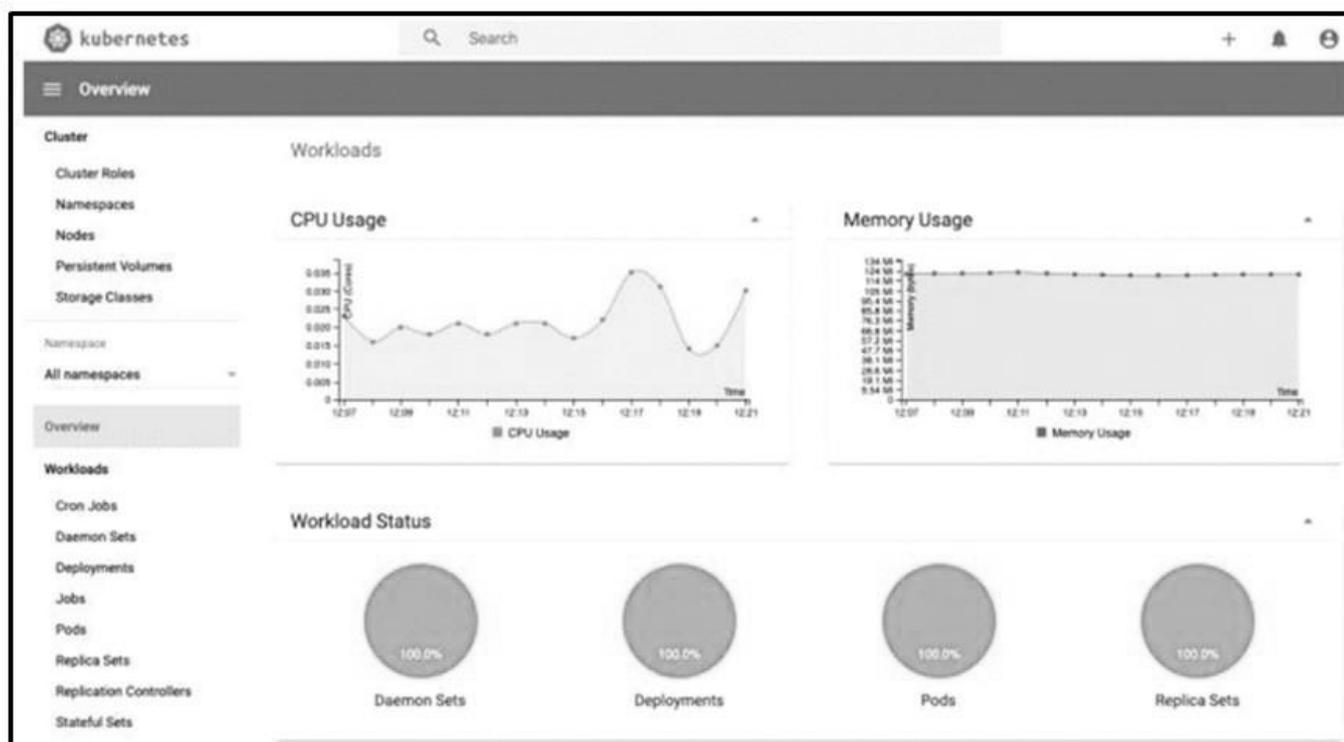


Рис. 4. Панель управления кластером Kubernetes

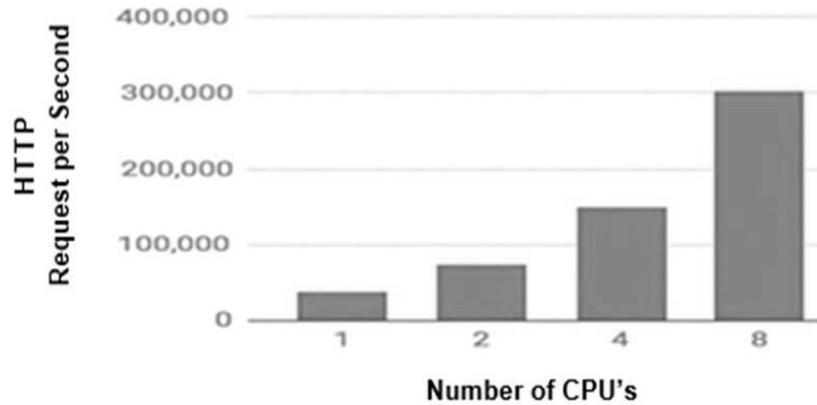


Рис. 5. Сводка Kubernetes о числе запросов в секунду в зависимости от числа ядер процессора

На рисунке 4 показана панель управления кластером Kubernetes. Отображена структура организации контейнеров, потребляемые мощности, состояние узлов.

На рисунке 5 показана сводка Kubernetes о числе запросов в секунду в зависимости от числа ядер процессора, что позволяет динамически подбирать оптимальные параметры контейнера в зависимости от планируемой нагрузки.

Асинхронное вычисление множества функциональных блоков с использованием платформы оркестровки Kubernetes повышает эффективность решения любых

задач (в том числе управления организационными процессами), повышает производительность системы и дает возможность ее горизонтального расширения.

Благодаря использованию Kubernetes получена гибкая архитектура, апробированная в рамках приложения для управления региональной системой здравоохранения [7, 8]. Полученное решение позволяет отслеживать изменения в реальном масштабе времени, прогнозировать потребности в выделяемых вычислительных мощностях, а также перераспределять нагрузку на наименее загруженные модули с высоконагруженных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коновалов А.А., Ромашкова О.Н. Модели бизнес-процессов по осуществлению рейтингового оценивания деятельности организаций медико-социального профиля // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2021. № 1. С. 83–96.
2. Заболотникова В.С., Ромашкова О.Н. Информационная управленческая система для налоговой службы // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2017. № 6. С. 27–32.
3. Ромашкова О.Н., Самойлов В.Е. К определению качества пакетной передачи речи в сетях подвижной связи // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2017. Т. 9. № 3. С. 39–44.
4. Ромашкова О.Н., Пономарева Л.А., Василюк И.П. Применение инфокоммуникационных технологий для анализа показателей рейтинговой оценки вуза // В книге: Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. 2018. С. 65–68.
5. Ромашкова О.А., Моргунов А.И. Информационная система для оценки результатов деятельности общеобразовательных организаций г. Москвы // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Информатизация образования. 2015. № 3. С. 88–95.
6. Пономарева Л.А., Ромашкова О.Н., Василюк И.П. Алгоритм оценки эффективности работы кафедр университета для управления его рейтинговыми показателями // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2018. № 64. С. 102–108.
7. Ромашкова О.Н., Федин Ф.О., Фролов П.А. Применение нейросетевых технологий для проверки благонадежности контрагентов сетевой торговой компании // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2018. № 7. С. 126.
8. Ромашкова О.Н., Чискидов С.В. Методологии и технологии проектирования информационных систем // Учебно-методическое пособие / Москва, 2020. Часть 1.

ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ЯЗЫК ДЛЯ РАБОТЫ С ГРАФАМИ

PROBLEM-ORIENTED LANGUAGE
FOR WORKING WITH GRAPHSS. Koryagin
D. Popova

Summary. An overview of existing tools for working with graphs. The implementation of a problem-oriented programming language is proposed, which in the future may become a Python library. The possibility of flexible expansion of functionality is provided.

Keywords: Problem-oriented language, formal description, graphs, graph algorithms, Python library.

Корягин Сергей Викторович

К.т.н., Российский Технологический Университет
МИРЭА

dongenealog2003@mail.ru

Попова Дарья Леонидовна

Российский Технологический Университет МИРЭА
pdl13@yandex.ru

Аннотация. Обзор существующих инструментов для работы с графами. Предложена реализация проблемно-ориентированного языка программирования, который в перспективе может стать библиотекой Python. Предусмотрена возможность гибкого расширения функционала.

Ключевые слова: Проблемно-ориентированный язык, формальное описание, графы, алгоритмы на графах, библиотека Python.

Часто в работе для решения задачи необходимо использование базовых алгоритмов на графах. Чтобы быстрее и проще было разобраться в том или ином алгоритме лучше всего его визуализировать. Посмотреть, как он работает для различных наборов данных, при небольших изменениях структуры. Для визуализации графов существует достаточно большое количество инструментов.

Наиболее известными являются Graph Online, Graph Editor, Progr@m4you. На рисунке 1 представлены интерфейсы вышеназванных инструментов.

Благодаря таким инструментам становится проще понять, как работал алгоритм. Чаще всего встречаются базовые алгоритмы для работы с графами, такие как: поиск в глубину (DFS), поиск в ширину (BFS), поиск кратчайшего пути, обнаружение циклов, минимальное остовное дерево, раскраска графов, максимальный поток, топологическая сортировка.

В процессе решения задачи граф может видоизменяться — удаление/добавление вершин/рёбер. Такие изменения затруднительно вносить в графических редакторах, особенно при работе с большим набором элементов графа.

Для понимания как будет работать алгоритм при небольшом изменении графа требуется автоматизация изменения его структуры, вместе с возможностью ещё раз запустить необходимый алгоритм. Для решения этой задачи можно разработать проблемно-ориентированный язык.

Проблемно-ориентированный язык

Проблемно-ориентированные (или предметно-ориентированные) языки программирования (англ. DSL — Domain Specific Language) подразумевают, что в языке наряду с универсальными управляющими конструкциями и типами данных присутствуют встроенные средства для описания понятий, характерных для конкретной предметной области, для решения задач которой предназначается данный язык. Предметно-ориентированные языки программирования используются в различных сферах — атомной энергетике, космических исследованиях, радиотехнике и пр. [1, 2, 3]. В данном случае рассмотрим проблемно-ориентированный язык, разработанный для работы в области теории графов [4].

Первым этапом является описание синтаксиса будущего языка, для этого воспользуемся формой Бэкуса-Наура (далее БНФ).

Формальное описание проблемно-ориентированного языка будет иметь вид:

1. Язык = «begin» *исх.граф* </действие.действие/> *вычисление* вывод «end»
2. *Исх.граф* = «{[« вершина.вершина «] » </ребро.ребро/> «}»
3. *Действие* = [addV! delV] « («вершина»)»! [addE! delE] *ребро*
4. *Вычисление* = «path» *ребро*
5. *Вывод* = «print (« [«adjacency»! «list»] «)»
6. *Ребро* = « («вершина «,» вершина «)»
7. *Вершина* = *целое*

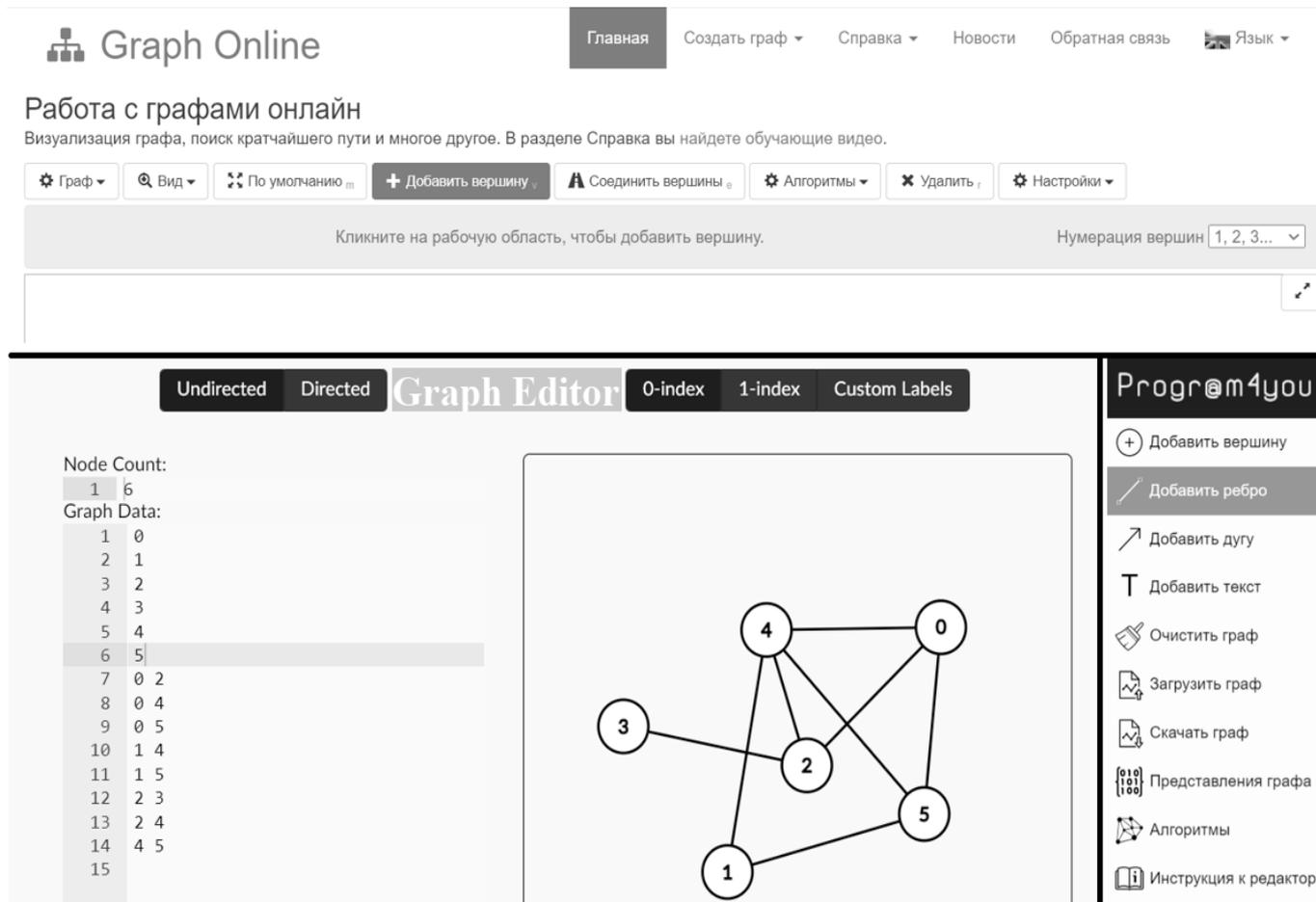


Рис. 1. Интерфейсы инструментов для работы с графами

8. Целое = циф.циф

9. Цифра = "0"! "1"! "2"!...! "9"

Для корректной работы проблемно-ориентированного языка было разработано транслирующее средство [5–7], которое использует диагностический аппарат для поиска синтаксических (неправильно написанные терминалы языка) и логических (удаление несуществующего элемента, добавление уже существующего элемента) ошибок.

Описание разработанного программного обеспечения

Для программной реализации проблемно-ориентированного языка [8] использовался высокоуровневый язык программирования Python.

Рассмотрим, как выглядит интерфейс, он представлен на рисунке 2.

Интерфейс содержит 5 основных полей:

1. Поле «БНФ» недоступно для редактирования пользователю, в нём описана структура БНФ, которая была рассмотрена выше, в соответствии с этой структурой пишется программа на проблемно-ориентированном языке.
2. Поле «Ваш код» доступно для редактирования пользователю, в нём пишется код.
3. Поле «Представление графа» недоступно для редактирования пользователю, необходимо для визуального отображения графа
4. Поле «Вывод программы» недоступно для редактирования пользователю, необходимо для вывода результата работы программы
5. Поле «Текущее состояние графа» недоступно для редактирования пользователю, необходимо для контроля состояния графа, особенно полезно при возникновении логических ошибок

Так же есть две кнопки:

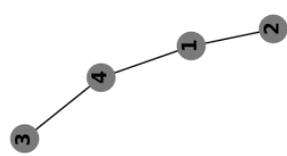
1. Кнопка «Удалить лишние пробелы» очищает поле от лишних пробелов, заменяя два и более пробела одним

Ваш код

```

begin
  ([ 1 3 4 2 5 ] ( 1 , 2 ) ( 3 , 4 ) ( 5 , 3 ))
  addV(6) delV ( 5 ) addE ( 1 , 4 )
  Path ( 3 , 2 )
  Print (list) end
        
```

Представление графа



Текущее состояние графа

```

Текущее состояние графа:
Graph with 5 nodes and 3 edges
Вершины: [1, 3, 4, 2, 6]
Ребра: [(1, 2), (1, 4), (3, 4)]
        
```

Вывод программы

```

Путь: 3 4 1 2
Graph with 5 nodes and 3 edges
Вершины: [1, 3, 4, 2, 6]
Ребра: [(1, 2), (1, 4), (3, 4)]
finish
        
```

Вывод программы

```

Путь: 3 4 1 2
Graph with 5 nodes and 3 edges
Вершины: [1, 3, 4, 2, 6]
Ребра: [(1, 2), (1, 4), (3, 4)]
finish
        
```

Удалить лишние пробелы

Выполнить

Рис. 2. Вывод программы после выполнения кода

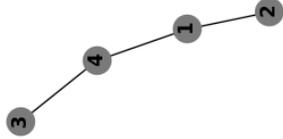
БНФ	Ваш код	Представление графа
<pre> Язык = "begin" иск.граф </действию...действию/> вычисление вы вод "end" Иск.граф = {"{"вершина..вершина "}" </ребро..ребро/> "}" " Действие = [addV : delV] ("вершина") : [addE : delE] ребро Вычисление = "path"(вершина "," вершина) Вывод = "print(" [adjacency" : "list"]" Ребро = "("вершина "," вершина ")" Вершина = целое Целое = шиф..шиф Циф = 0! 1! 2!...! 9 </pre>	<pre> begin {[1 3 4 2 5] (1 , 2) (3 , 4) (5 , 3)} addV(6) delV (5) addE (1 , 4) path (3, 2) print (list) end </pre>	
<pre> Путь: 3 4 1 2 Graph with 5 nodes and 3 edges Вершины: [1, 3, 4, 2, 6] Ребра: [(1, 2), (1, 4), (3, 4)] finish </pre>	<p>Удалить лишние пробелы</p> <p>Выполнить</p>	<p>Текущее состояние графа</p> <pre> Текущее состояние графа: Graph with 5 nodes and 3 edges Вершины: [1, 3, 4, 2, 6] Ребра: [(1, 2), (1, 4), (3, 4)] </pre>

Рис. 3. Вывод программы после выполнения кода

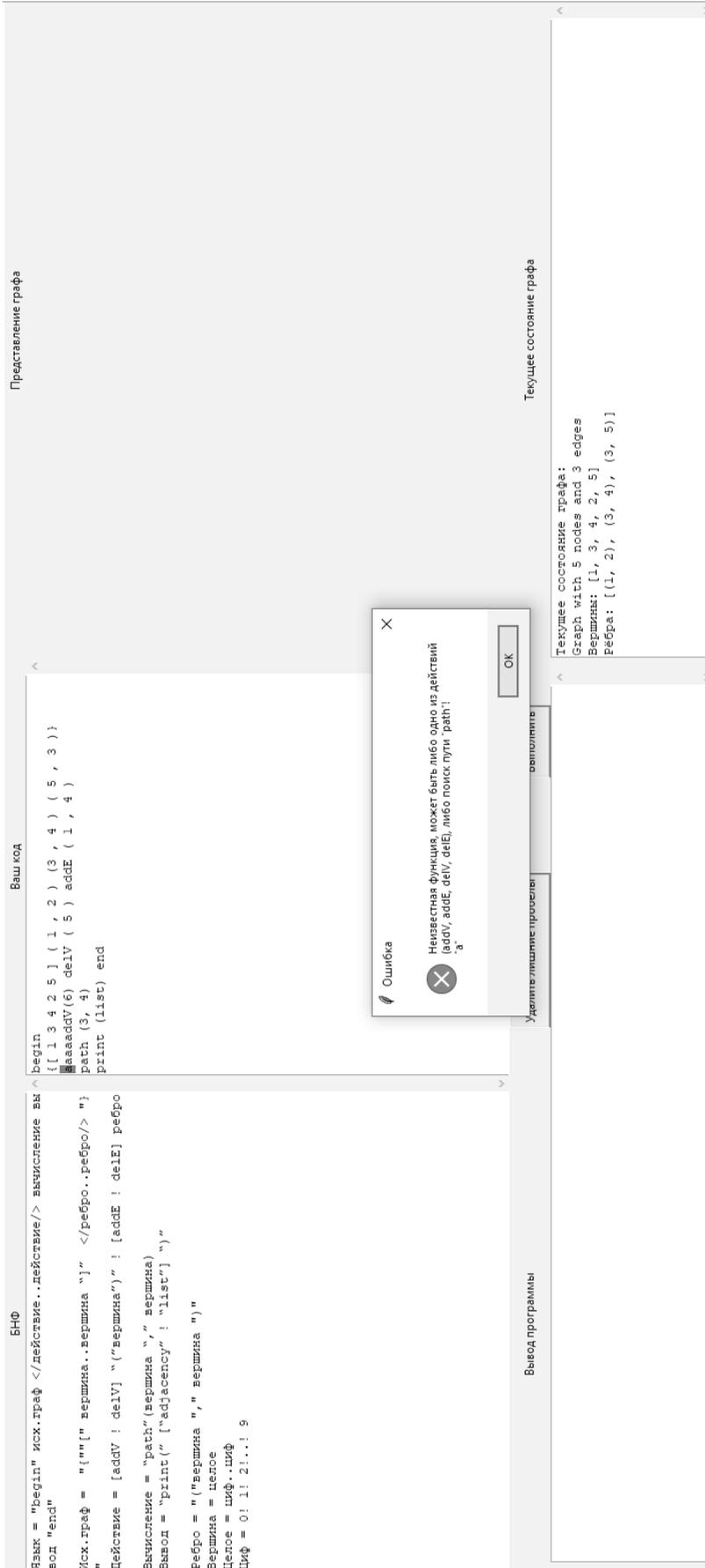


Рис. 4. Вывод программы при синтаксической ошибке

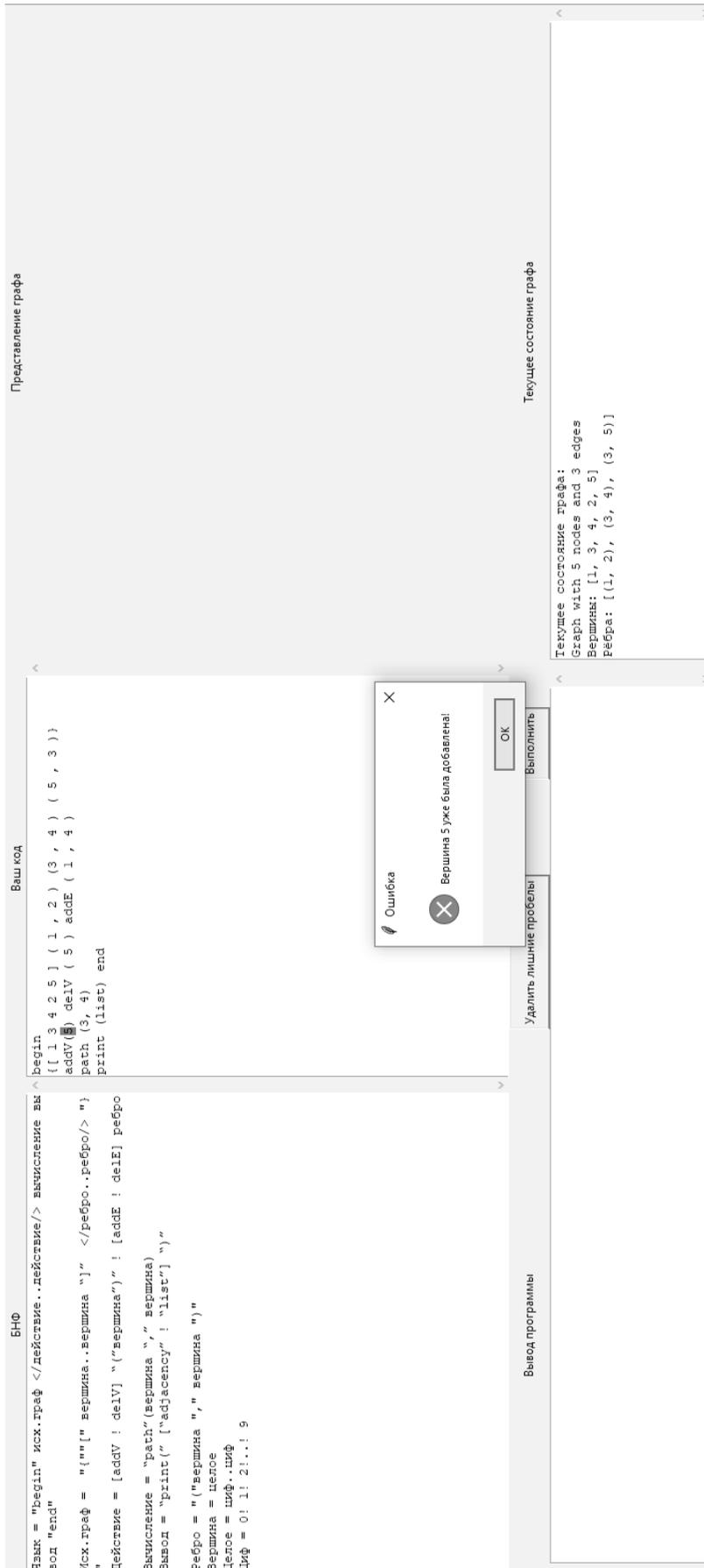


Рис. 5. Вывод программы при логической ошибке

2. Кнопка «Выполнить» начинает процесс выполнения кода

В первой версии поддерживаются следующие действия:

1. задание параметров исходного состояния графа: список вершин и список рёбер;
2. изменение структуры графа: добавление вершин, удаление вершин, добавление рёбер, удаление рёбер;
3. вычисление кратчайшего пути для пары вершин;
4. вывод графа: виде матрицы смежности, списка рёбер.

Пример работы программы

Рассмотрим три основных случая:

1. Для вернонаписанного кода программа выведет результат работы.
2. При неверном написании ключевых слов (синтаксическая ошибка) будет выведено сообщение об ошибке, так же подсветится место, на которое необходимо обратить внимание.
3. При синтаксически вернонаписанной программе могут возникать логические ошибки, информация о них так же выводится в всплывающем окне. В случае логической ошибки полезным будет использование информации из поля «Текущее состояние графа», оно поможет быстрее исправить ошибку.

Пример работы вернонаписанной программы представлен на рисунке 3.

Примеры срабатывания диагностического аппарата представлен на рисунках 4–5.

Возможности расширения функционала

В данной реализации граф неориентированный и невзвешенный, для добавления ориентации и веса графа необходимо поменять описание ребра, а также добавить определение новых нетерминалов — «вес» и «ориентация»:

Ребро = «(«вершина ориентация вершина </»» вес/>»»

Ориентация = «,»! «<-»! «->»! «<->»

Вес = «/»-»/> целое

Теперь к разделителю «,», который означает что ребро неориентированно, в описании ребра добавились новые значения:

«<-» — однонаправленное ребро от правой вершины к левой вершине

«->» — однонаправленное ребро от левой вершины к правой вершине

«<->» — двунаправленные ребра

В описании веса перед целым значением может быть «-», так как вес бывает отрицательным.

Так как теперь есть веса и ориентация может понадобиться редактирование этих значений, введём новые действия:

Действие = [addV! delV] « («вершина»)»! [addE! delE] ребро! editV “(“вершина”)”! editE ребро

Что бы можно было в любом порядке совершать действия над структурой графа, делать вычисления и выводить результат необходимо ввести новый нетерминал и изменить описание нетерминала “Язык”:

Язык = “begin” исх.граф операция.операция “end”

Операция = действие! вычисление! вывод

Ввести дополнительные алгоритмы:

Вычисление = “path” ребро! “pathBFS” ребро! “pathDFS” ребро! “dijkstra” вершина! ...

Вершины могут быть не только целочисленными, поэтому заменим определение нетерминала:

Вершина = буква </символ.символ/>! целое

Символ = буква! цифра

Буква = “A”! “B”! ...! “Z”! “a”! “b”! ...! “z”

После всех изменений структура языка будет выглядеть следующим образом:

1. Язык = «begin» исх.граф операция.операция «end»
2. Операция = действие! вычисление! вывод
3. Исх.граф = «{[« вершина.вершина «] » </ребро.ребро/> «}»
4. Действие = [addV! delV] « («вершина»)»! [addE! delE] ребро! editV «(«вершина»)»! editE ребро
5. Вычисление = “path” ребро! «pathBFS» ребро! «pathDFS» ребро! «dijkstra» вершина! ...
6. Вывод = «print (« [«adjacency»! «list»] «)»

7. Ребро = «(«вершина ориентация вершина </»» вес/>»»»
8. Ориентация = «,»! «<-»! «->»! «<->»»
9. Вес = </»-»/> целое
10. Вершина = буква </символ.символ/>! целое
11. Символ = буква! цифра
12. Буква = “А”! “В”! ...! “Z”! “a”! “b”! ...! «z»
13. Целое = циф.циф
14. Цифра = 0! 1! 2!..! 9

Добавление новых возможностей языка выполняется достаточно просто, что позволяет быстро менять его под нужды пользователей. Разработанная структура

БНФ универсальна и может быть реализована на любом языке программирования. Синтаксис разработанного языка схож с Python, что позволяет в перспективе создать библиотеку для языка Python.

Разработанное программное средство может использоваться индивидуально для того, чтобы было проще разобраться с алгоритмами. Подходит для использования в качестве методического материала для освоения дисциплин, в которых изучаются алгоритмы на графах, как наглядное пособие. В данное средство заложены необходимый функционал и возможности его дальнейшего расширения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильин Д.Ю., Корягин С.В. Проблемно-ориентированный язык для описания модели поведения компьютерного оппонента (бота). Прикаспийский журнал: Управление и высокие технологии. 2015, № 1 (29), с. 193–207.
2. Князев К.А., Корягин С.В., Проблемно-ориентированный язык для описания параметров операционной системы компьютера. Cloud of Science, 2020, т. 6, № 4, с. 683–692.
3. Водчиц А.О., Корягин С.В. Проблемно-ориентированный язык описания музыкальных документов. Межвузовский сборник научных трудов “Задачи системного анализа, управления и обработки информации” Выпуск 6, 2020, с. 5–11.
4. Корягин С.В., Соловьев Р.В. Автоматизация перевода графического описания конечных автоматов в таблицу переходов. Межвузовский сборник научных трудов “Задачи системного анализа, управления и обработки информации” Выпуск 6, 2020, с. 98–102.
5. Ахо А., Сети Р., Ульман Д. Компиляторы: принципы, технология и инструменты. пер. с англ. — М., 2011.
6. Свердлов С.З. Языки программирования и методы трансляции: учеб. пособие. — СПб.: Питер, 2007.
7. Корягин С.В. Перекодировщик языков непрерывного моделирования // Промышленные АСУ и контроллеры. 2013. № 10. С. 52–56.
8. Гойвертс Я., Левитан С. Регулярные выражения. Сборник рецептов. — Пер. с англ. — СПб.: Символ-Плюс, 2010.

© Корягин Сергей Викторович (dongenealog2003@mail.ru), Попова Дарья Леонидовна (pd113@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МЕТОДИКА МНОГОМОДЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

METHODOLOGY OF MULTI-MODEL ASSESSMENT OF THE ACTIVITIES OF EDUCATIONAL ORGANIZATIONS AT THE REGIONAL LEVEL

**R. Lomovtsev
O. Romashkova**

Summary. The article is devoted to the development of a methodology for processing data on the activities of general education organizations in the education management bodies of the regional level. The approaches and algorithms of multi-model evaluation of the effectiveness of the management of the processes of the activities of educational organizations are proposed.

Keywords: data processing models, methods of multi-model assessment, educational organization, processes of organization activity.

Управление образованием — это деятельность, направленная на формирование политики в сфере образования, управления кадровым, инфраструктурным, финансовым, социальным обеспечением, управления содержанием образования, контролю за исполнением государственного заказа в сфере образования, контролю качества образования.

В Российской Федерации существуют три официальных уровня управления образованием: федеральный уровень, региональный уровень, муниципальный уровень.

На федеральном уровне формируется генеральная политика в сфере образования, реализуемая федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации», подзаконными актами, постановлениями Правительства Российской Федерации и стандартами в сфере образования.

На региональном уровне осуществляется управление политикой в сфере образования на уровне субъекта Российской Федерации, осуществляется контроль за исполнением государственного заказа в сфере образования, а также осуществляется мониторинг и финансовое обеспечение образовательных организаций региона.

Ломовцев Роман Сергеевич

Аспирант, ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет (МГПУ)» г. Москва
feedback.roman@gmail.com

Ромашкова Оксана Николаевна

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

Аннотация. Статья посвящена разработке методики обработки данных о деятельности общеобразовательных организаций в органах управления образованием регионального уровня. Предлагаются подходы и алгоритмы многомодельного оценивания эффективности управления процессами деятельности общеобразовательных организаций.

Ключевые слова: модели обработки данных, методика многомодельного оценивания, образовательная организация, процессы деятельности организации.

На муниципальном уровне управления производится обеспечение образовательных организаций соответствующей ресурсной базой. Муниципальный уровень управления образованием не является структурной единицей государственного управления образованием и создается органами власти муниципалитета.

Управление образованием на региональном уровне является основным уровнем управления образованием, сочетающем как полномочия по непосредственному управлению образовательными организациями среднего образования, мониторингу их деятельности, так и полномочия по ресурсному и финансовому обеспечению образовательных организаций. Кроме того, в последние годы имеется тенденция по передаче всех полномочий по управлению образовательными организациями, ранее принадлежащих органам местного самоуправления, региональным органам управления образованием.

Таким образом, региональный уровень характеризуется:

1. Широкими полномочиями по управлению образовательной средой субъекта Российской Федерации;
2. Большим количеством образовательных организаций;

3. Большим количеством анализируемой информации и деятельности образовательных организаций.

При этом анализ данных о деятельности образовательных организаций требует как временных ресурсов, так и специализированного программного обеспечения, реализующего алгоритмы предварительной обработки данных, рейтингового оценивания и применения моделей интеллектуального анализа данных. Предлагаемая методика многомодельного оценивания деятельности образовательных организаций позволяет решить проблему комплексного анализа, выделив в качестве этапов предварительную обработку агрегированных данных о деятельности образовательных организаций, вычисление общей рейтинговой оценки и специальных рейтинговых составляющих, а также применение моделей интеллектуального анализа данных для сегментации образовательных организаций.

1. Агрегация данных о деятельности общеобразовательных организаций

В процессе осуществления деятельности образовательные организации осуществляют накопление большого количества данных о своей деятельности:

1. Факты проведения уроков, внутренних проверочных работ;
2. Факты получения обучающимися оценок во время учебных уроков и проверочных работ;
3. Факты проведения диагностических мероприятий — всероссийских проверочных работ;
4. Факты проведения школьных этапов олимпиад;
5. Данные о достижениях, обучающихся на олимпиадах, конкурсах, смотрах школьного, муниципального, регионального, федерального и международного уровней;
6. Факты прохождения обучающимися итоговой аттестации в 9-х классах (ГИА-9);
7. Факты прохождения обучающимися итоговой аттестации в 11-х классах (ГИА-11);
8. Данные о педагогическом персонале, его квалификации, достижениях;
9. Данные о профилактике правонарушений.

Процесс накопления фактов деятельности образовательных организаций неразрывно связан с такими задачами, как:

1. Выбора места накопления данных;
2. Выбора метода передачи накопленных данных;
3. Формализация задачи и выбора метода агрегации накопленных данных.

Некоторые данные накапливаются, как правило, во внутренних документах, например, расписание

учебных уроков, оценки за ответы на уроках и в результате проведения внутренних проверочных мероприятий, данные о внутренних конкурсах и смотрах [1, 2].

Данные о фактах прохождения итоговой аттестации, результатах региональных и федеральных диагностических работ накапливаются как во внутренних документах, так и в документах и базах данных органов управления образованием.

Значительная часть данных о деятельности образовательных организаций поступает в агрегированном виде в рамках отчетов образовательных организаций о самообследовании, аналитических записок по результатам проведения диагностических мероприятий.

Агрегация данных, содержащих результаты учебной деятельности (оценки, баллы), в зависимости от целей агрегации, может сводиться до следующих величин:

1. Средний балл/средняя оценка;
2. Минимальный балл/минимальная оценка;
3. Максимальный балл/максимальная оценка;
4. Доля учеников, получивших определенную оценку;
5. Успеваемость (доля учеников, получивших оценку «3», «4», «5»);
6. Качество (доля учеников, получивших оценку «4», «5»).

Стоит заметить, что общепринятой мерой агрегации данных об учебных результатах является средний балл (средняя оценка). Однако, в отчетной документации образовательных организаций, в части результатов по учебным дисциплинам и результатам всероссийских проверочных работ, часто используются показатели качества и успеваемости. Показатели качества, успеваемости и среднего балла являются взаимно коррелирующими, что позволяет объединить их в одну группу. Показатели, отражающие максимальный или минимальный балл, могут являться выбросами — нерепрезентативными значениями, не коррелирующими с показателями общего уровня подготовки обучающихся в образовательной организации. Соответственно, такие показатели не могут использоваться в качестве агрегированных при рассмотрении данных о деятельности образовательных организаций.

2. Предварительная обработка данных о деятельности общеобразовательных организаций

Предварительная обработка данных о деятельности образовательных организаций, главным образом, включает в себя удаление пропусков и некорректных значений.

Пропуски — это аномалии в данных, при которых соответствующие значения в ячейках базы (источника) данных отсутствуют.

Некорректные значения — это аномалии в данных, при которых значения в ячейках данных отличаются по формату от большинства аналогичных показателей других образовательных организаций.

Некорректные значения могут включать в себя:

1. Данные, представленные в другой системе измерения, где, например, вместо итогового балла за проверочную работу указан первичный балл — тестовый балл, который подлежит переводу в 100-балльную шкалу;
2. В дробных числах может быть представлен иной разделитель, вместо «,»;
3. Некорректными значениями могут оказаться смысловые пропуски — знаки «-», слова «нет», «отсутствует»;
4. Вместо числовых могут быть указаны вербальные значения, например, «неуд.» вместо «2».

Задача восполнения пропусков в данных может включать в себя такие этапы, как:

1. Заполнение отсутствующих значений аналогичными значениями за прошедший отчетный период;
2. Заполнение отсутствующих значений с использованием аппарата математической статистики.

Для заполнения отсутствующих значений об образовательных результатах с использованием аппарата математической статистики необходимо построить ряд значений, состоящий из присутствующих данных об образовательных результатах и произвести корреляционный анализ с аналогичными показателями других образовательных организаций. Например, если для рассматриваемой образовательной организации отсутствуют данные о среднем балле сдачи выпускниками единого государственного экзамена по биологии и литературе, то создается ряд, состоящий из значений среднего балла по другим предметам, сдаваемым в рамках единого государственного экзамена

$$r_{xy} = \frac{n(\sum xy) - (\sum x \times \sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2] \times [n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (1)$$

Необходимо выбрать такую образовательную организацию, для которой по рассматриваемым показателям коэффициент корреляции для рассматриваемой образовательной организации будет максимальным, после чего вычислить коэффициент отклонения по

казателей такой общеобразовательной организации от рассматриваемой

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}} \quad (2)$$

Полученный коэффициент прибавляется к показателю образовательной организации, а получившаяся величина записывается на место пропущенного значения.

Данные, представленные в другой системе измерения, требуют переводу в соответствии со шкалой перевода оценок, приведенной для конкретного экзамена. Данные, в дробных числах которых представлен иной разделитель, отличный от представленного в большинстве аналогичных данных, подлежат приведению к принятому формату. Данные, где смысловой пропуск заменен вербальным значением, подлежат замене в соответствии с описанной методикой корреляционного анализа. Данные, вместо числовых значений в которых указаны вербальные значения, несущие смысловую нагрузку, подлежат замене согласно словарю.

Перечисленные операции носят итеративный характер. Для их выполнения является целесообразным разработка алгоритма подготовки данных о деятельности образовательных организаций.

Стоит обратить внимание на то, что в целях подготовки к рейтинговому оцениванию образовательных организаций показатели должны пройти процедуру нормализации, иными словами, приведения к единой шкале.

3. Применение моделей рейтингового оценивания и интеллектуального анализа данных

Автономная рейтинговая оценка может рассматриваться как сумма показателей с применением специальных коэффициентов, основанных на оценках экспертов.

Рейтинговую оценку общеобразовательной организации можно получить как на основании всех агрегированных данных об образовательных организациях, так и на основании отдельных сегментов данных:

1. Сегмент «Образовательная деятельность», содержащий данные о результативности обучения;
2. Сегмент «Профилактика правонарушений»;
3. Сегмент «Квалификация персонала».

Кроме перечисленного, в данных могут быть выделены подсегменты. Например, в рамках сегмента «Об-

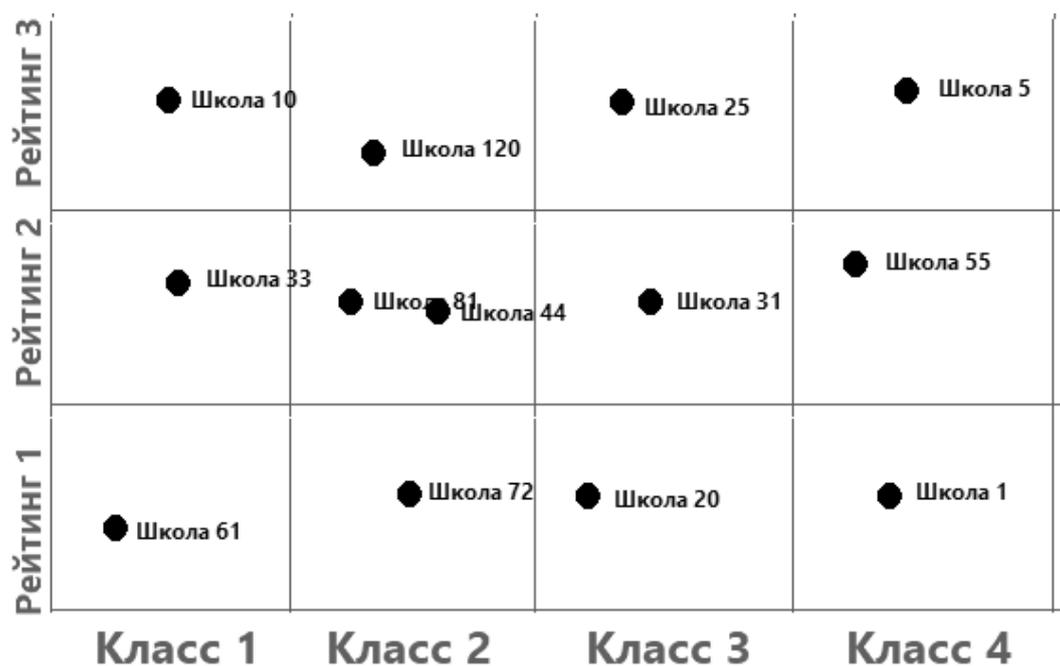


Рис. 1. Наложение моделей интеллектуального анализа данных



Рис. 2. Многомодельное рейтинговое оценивание образовательных организаций

разовательная деятельность» могут быть выделены данные о результативности лишь по определенным учебным предметам, являющихся предметами одного цикла (профиля).

Полученная рейтинговая оценка в целях сегментации оценок может пройти процедуру установки шкалы. Такая процедура позволяет выделить в структуре рейтинга образовательные организации с разными образовательными результатами:

1. Низкий рейтинг — низкие результаты;
2. Средне-низкий рейтинг — результаты ниже среднего уровня;

3. Средний рейтинг — результаты около среднего уровня;
4. Средневысокий рейтинг — результаты выше среднего уровня;
5. Высокий рейтинг — высокие результаты.

Рейтинговая оценка, прошедшая такую процедуру, может быть совмещена с такими моделями интеллектуального анализа данных, как:

1. Классификационный анализ — задача обучения с учителем. Для обучения модели необходимо, чтобы выборка с данными об образовательных организациях предварительно получила экс-

пертные оценки (каждая образовательная организация принадлежала одному из классов, согласно экспертному мнению). На основании обученной модели возможно проведение классификации образовательных организаций в будущем без привлечения экспертов [3];

2. Кластеризация — задача обучения без учителя. В процессе выполнения решается задача группировки образовательных организаций по кластерам в соответствии с некоторой степенью схожести. Выполнение такой задачи позволяет выделить новые знания из данных, сгруппировав их в сегменты на основании неочевидных критериев [4, 5].

Наложение (совмещение) моделей включает:

1. Выделение рейтинговой шкалы;
2. Выделение классов/кластеров моделей интеллектуального анализа данных
3. Совмещение данных образовательных организаций путем их размещения на поле распределения, где на одной оси расположены классы/кластеры используемой модели интеллектуального анализа данных, а на другой — рейтинговые шкалы, как показано на рисунке 1.

В результате наложения моделей становится возможным сравнение полученных шкал модели рейтингового оценивания с классами/кластерами интеллектуального анализа данных. Полученные результаты могут быть оформлены в виде единого аналитического отчета, а на основании их может быть построена рекомендательная система.

Общая схема процесса многомодельного рейтингового оценивания общеобразовательных организаций представлена на рисунке 2.

Заключение

В статье описаны общие этапы многомодельного подхода к рейтинговому оцениванию общеобразовательных организаций, включающего этапы формирования рейтинговой оценки, введения шкалы результатов, интеллектуального анализа данных, комбинирования полученных моделей и формирования общего аналитического отчета.

Методика позволяет нормализовать агрегированную выборку данных об общеобразовательных организациях и сформировать расширенную оценку их деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ломовцев Р.С. Модель бизнес-процесса сбора данных о деятельности региональных образовательных организаций // #ScienceJuice2020: сборник статей и тезисов. Том 5. — М.: ПАРАДИГМА, 2021. — 328 с. — С. 71–77.
2. Ломовцев Р.С. Особенности организации хранения данных о состоянии образовательной среды / В сборнике: Открытая наука 2021. Сборник материалов научной конференции с международным участием. Москва, 2021. С. 343–348
3. Gaidamaka, Y.V., Romashkova, O. N., Ponomareva, L.A., Vasilyuk, I.P. Application of information technology for the analysis of the rating of university // В сборнике: CEUR Workshop Proceedings 8. Сер. "ITMM 2018 — Proceedings of the Selected Papers of the 8th International Conference "Information and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems"" 2018. С. 46–53.
4. Ломовцев Р.С., Ромашкова О.Н., Пономарева Л.А. Алгоритм интеллектуальной поддержки управленческих решений для региональной образовательной системы // Вестник Брянского государственного технического университета. 2018. № 10 (71). С. 35–43.
5. Ромашкова О.Н., Ломовцев Р.С., Пономарева Л.А. Компьютерная поддержка принятия управленческих решений для образовательной системы регионального уровня // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2019. № 67. С. 50–58.

© Ломовцев Роман Сергеевич (feedback.roman@gmail.com), Ромашкова Оксана Николаевна (ox-rom@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

Ma Линь

Магистрант, Московский государственный
технический университет им. Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)
malin5050@outlook.com

Афанасьев Арсений Геннадьевич

Ассистент, Московский государственный
технический университет им. Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)
wolfram_zn@mail.ru

Афанасьев Геннадий Иванович

К.т.н., доцент, Московский государственный
технический университет им. Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)
gaipcs@bmstu.ru

COMPUTER VISION IN INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

Ma L.

A. Afanasyev

G. Afanasyev

Summary. With the advent of new scientific and technological achievements, the technical level of vehicle equipment is rapidly increasing. The intelligent transformation of transport systems is a new direction in the use of information technology, which will greatly contribute to improving management efficiency. The inclusion of computer vision technology in intelligent transport systems makes them more automated and of higher quality. This article analyzes the key components of intelligent transport systems in relation to computer vision technology.

Keywords: artificial intelligence, computer vision, intelligent transport system, car navigation, GLONASS, GPSS.

Аннотация. С появлением новых научно-технических достижений быстро повышается технический уровень оснащения транспортных средств. Интеллектуальная поддержка транспортных систем — это новое направление по использованию информационных технологий, которое в сильной степени будет способствовать повышению эффективности управления. Включение в интеллектуальные транспортные системы технологии компьютерного зрения делает их более автоматизированными и качественными. В этой статье проводится анализ ключевых составляющих интеллектуальных транспортных систем в их взаимосвязи с технологией компьютерного зрения.

Ключевые слова: искусственный интеллект, компьютерное зрение, интеллектуальная транспортная система, автомобильная навигация.

Интеллектуальные транспортные системы (ITS)

В настоящее время количество автомобилей в мире значительно увеличилось, что делает проблему наличия пробок еще более серьезной. В целях предотвращения заторов на дорогах и снижения вероятности аварий начаты соответствующие исследования в области создания интеллектуальных систем для управления вождения автомобилей. В процессе исследования и разработки транспортных систем управления используются результаты анализа соответствующих текущих проблем, а затем делают интеллектуальную технологию их основной частью.

Появление интеллектуальных транспортных систем создало хорошую транспортную среду для развития современной социальной среды и повысило качество управления. По сравнению с прошлым транспортным движением, интеллектуальный транспорт представляет собой систему нового типа, которая в основном включает в себя: информационную подсистему, подсистему взимания платы, подсистему управления, подсистему аварийно-диспетчерской службы и т.д. В системе интеллектуального транспорта наиболее важными являются информационные данные, на основе анализа которых появляется возможность улучшения оперативности и качества управления транспортными средствами и дорожным движением [5].

Ключевые технологии
интеллектуальной
транспортной системы

ГЛОНАСС/GPS

Компьютерные технологии в интеллектуальных транспортных системах используют технологии ГЛОНАСС/GPS в качестве основного компонента. Эти технологии используются для навигации транспортных средств. Компьютер может анализировать данные, сгенерированные ГЛОНАСС/GPS, а затем использовать вспомогательные модули для улучшения работы автоматизированной информационной системы, позволяя управлению дорожным движением контролировать дорогу в режиме реального времени на основе этого и отслеживать подозрительные транспортные средства на дорогах.

Основным элементом технологии ГЛОНАСС/GPS являются облачные вычисления, которые могут быть связаны с серверами, системами позиционирования транспортных средств, компьютерами и виртуальными машинами. Использование технологии облачных вычислений позволяет значительно увеличить объем области сбора данных о дорожном движении, что приводит к большему диапазону и точности информации о дорожной сети города. Кроме того, использование облачных вычислений позволяет увеличить объем и скорость обработки информации на основе модуля ГЛОНАСС/GPS для обеспечения точности. Модуль ГЛОНАСС/GPS можно использовать для определения местоположения транспортных средств с высокой эффективностью и информативностью, так что система может обеспечивать динамическую навигацию в зависимости от дорожной ситуации.

Компьютерное зрение

Усовершенствования и оптимизация компьютерных технологий позволяют осуществлять мониторинг транспорта, тем самым значительно расширяя возможности управления транспортным сектором. При использовании интеллектуальных транспортных систем функция мониторинга сосредоточена на технологии компьютерного зрения, которая используется для автоматической идентификации динамичных транспортных средств, аварийных ситуаций и определения наличия заторов на дорогах. Персонал управления дорожным движением в результате этого может наглядно судить о конкретных ситуациях на дорогах и принимать соответствующие оперативные управляющие решения. Например, чтобы быстро определить, что произошло в результате аварии и каким образом можно быстро добраться до ее места.

Применение технологии компьютерного зрения в интеллектуальных транспортных системах

В настоящее время транспортная среда в городе относительно сложная и заторы между различными участками дорог могут быть серьезными. Использование интеллектуальной транспортной системы в основном направлено на обеспечение «плавности/гибкости» вождения. Впоследствии ее работа совместно с навигационной информацией о транспортном средстве позволяет обеспечить наиболее удобный гибкий маршрут для движения транспортных средств с улучшенными различными аспектами управления транспортными средствами. Так же можно использовать технологию компьютерного зрения для подробного анализа соответствующего контента, чтобы сформировать данные для интеллектуальной системы управления автомобилем.

При создании системы управления городским автотранспортным движением необходимо контролировать динамическую ситуацию об окружающей среде, чтобы конкретная информация о транспортных средствах соответствовала содержанию соответствующей информации о них в центре управления движением. При этом технология компьютерного зрения хорошо подходит для идентификации и отслеживания транспортных средств, движущихся по дорогам. Эта технология позволяет дать обратную связь общей системе управления, чтобы эффективно координировать работу составляющих подсистем управления [7].

Мониторинг окружающей среды

Мониторинг дорожной ситуации в режиме реального времени позволяет конкретному состоянию района отражать конкретную ситуацию в этом районе, уменьшая задержки в процессе управления и повышая общую эффективность управления. Прежде системы мониторинга трафика имели плохое качество передачи и обработки данных. Использование интеллектуальных систем и технологии компьютерного зрения позволяет решить эту проблему не только за счет сокращения временного цикла анализа трафика в процессе использования, но и за счет эффективной интеллектуальной обработки информации об окружающей среде с использованием локальных компьютерных и облачных вычислений.

Автомобильная навигация

Основное преимущество управления данными навигационной информации транспортного средства заключается в отличной своевременности, полноте информации и т.д., а также в соответствии данных раз-

личным участкам дорог в режиме реального времени, в алгоритмическом выборе путей движения или для остановки движения.

Технология компьютерного зрения может работать в трехмерной перспективе. В этом случае она создает удобство для водителей транспортных средств и персонала, контролирующего движение с использованием трехмерных изображений.

Управление данными навигационной информации транспортного средства представляет собой двустороннюю модель управления, которая включает в себя не только динамическую информацию, генерируемую транспортным средством в процессе движения, но также и систему управления трафиками города. Фактическая ситуация на каждом участке дорог обновляется в разные периоды времени, что позволяет в определенной степени снизить плотность транспортных в зафиксированных участках дорог и обеспечить хорошую основу для развития интеллектуального управления дорожным движением городов.

Оплата за проезд

Интеллектуальная обработка процедуры взимания платы за проезд транспортных средств в основном предназначена для оптимизации и улучшения работы системы взимания платы за проезд на скоростной автомагистрали, что позволяет перейти от ручной идентификации и извлечения информации при считывании с карт к извлечению информации из изображений.

На основе проверки моделей транспортных средств, записей о вождении транспортных средств и т.д. интеллектуальная обработка используется в качестве основы для проведения обработки и идентификации информации из изображений. Эта работа по проверке полученных данных делается с использованием стандартов управления начисления платы за проезд и содержания платежной информации, а также с использованием бинокулярного компьютерного зрения.

Для эффективной проверки транспортного средства в соответствии с вышеуказанным необходимо теоретически решить проблему недостаточной эффективности в прошлом. В то же время интеллектуальное управление элементами транспортных средств может значительно повысить уровень управления работой платных систем.

Используя технологию компьютерного зрения в качестве ключевой платформы для извлечения и идентификации информации могут быть созданы или улучшены базы данных по визуальной идентификации

транспортных средствах, чтобы заложить прочную техническую основу для продвижения и применения интеллектуального управления транспортными средствами в будущем.

Интеллектуальное вождение

Операционная среда работы искусственного интеллекта в процессе управления транспортным средством обуславливает определенные скрытые проблемы, связанные с человеком, оборудованием и другими моментами. Все это оказывает серьезное влияние на безопасность вождения.

В настоящее время в рекламируемых системах вспомогательного вождения человек используется в качестве основного компонента в системе. Среди остальных компонентов есть компьютерное зрение, инфракрасное зондирование, радар для радиолокационных волн. В результате этого способность обмена информацией в процессе вождения автомобиля слабая.

Операционные среды отдельных типов транспортных средств имеют отличия, которые не позволяют достичь глубокий уровень интеграции их в рамках общей системы автоматизированного вождения транспортными средствами, что приводит к достаточно значительному снижению значимости вспомогательных систем вождения.

Системы вспомогательного вождения в рамках системы управления только объединяют информацию в разных формах представления вместе и являются информационным интероперабельным целым.

Использование интеллектуальных транспортных систем с применением компьютерного зрения с использованием унификации контроля и управления различными типами транспортных средств помогает решить вышеуказанные проблемы. Интеллектуальная транспортная система при этом используется при этом в качестве платформы для информационного обмена для интеллектуальной системы более высокого уровня — интеллектуальной системы управления дорожного движения, предоставляя эффективные услуги управления для интеллектуального управления транспортными средствами и повышая безопасность вождения [9].

Статистика трафика

Статистика и обнаружение конкретных транспортных потоков на видеомониторинге для каждого перекрестка является важной предпосылкой для проведения соответствующего анализа трафиков и динамики их прогно-

зирования. Поэтому обнаружение транспортных средств на дороге является ключевым содержанием исследований в системах помощи при вождении и в интеллектуальных системах управления дорожным движением.

Работы по мониторингу, проводившиеся ранее на основе технологии компьютерного зрения, в основном включали два этапа: создание гипотезы и проверка.

В процессе генерации гипотезы необходимо выделить интересующую область на изображении. В процессе проверки содержания гипотезы можно использовать подходящие методы расчета для проверки транспортных средств в области интереса (ROI).

В целом методы генерации гипотез можно разделить на несколько категорий: основанные на знаниях, основанные на стереозрении и основанные на информации о движении.

Подходы с точки зрения знаний в основном используют симметрию, цвет, фокус, край, текстуру и т.д. Преимущество этих подходов состоит в простоте алгоритмов, интуитивно понятных результатах и простоте реализации на практике. В тоже время есть и недостатки, которые вытекают из необходимости знаний о пропорциях длины и ширины транспортных средств, конкретных размеров транспортных средств, контрастности с окружающей средой и т.д.

При использовании подхода стереозрения требуется несколько камер для захвата сцены с разных углов чтобы получить стереоскопическое изображение и информацию о глубине.

При применении метода движения используется информация между соседними кадрами на видео для определения области интереса (ROI). ROI определяется следующими методами расчета: методом разности кадров, методом анализа оптического потока [8].

Метода проверки в целом основаны на основе модулей и на основе внешнего вида. В последние годы в результате успехов в технологии глубокого обучения, повышения производительности оборудования, алгоритмы мониторинга сместились в сторону использования нейронных сетей типа R-CNN, Fast/Faste, SSD [1,2,3,4]. Упомянутые выше методы расчета на практике показали себя хорошо в решении задач по обнаружению и обработки ROI.

Статистика пассажиров

Общественные транспортные средства и железнодорожный транспорт всегда были важными видами

транспорта для жителей городов. Из-за неравномерности общественного пассажиропотока с точки зрения географии и времени часто возникают проблемы из-за переполненности в часы пик и малого количества транспортных средств, перевозящих пассажиров в часы пик, что приводит к серьезной трате ресурсов.

Автоматический метод подсчета количества пассажиров является важной технологией в интеллектуальных транспортных системах. Основываясь на подробной статистике конкретного времени и места посадки и высадки пассажиров, можно понять распределение и характеристики пассажиров, что обеспечивает важную основу для разработки расписания движения пассажирских транспортных средств.

На практике обнаружение людей не подходит для большинства типов сред, особенно в общественных местах с интенсивным движением. В этом случае из-за чрезмерной плотности людей, а также затемненности и других аспектов, произвести работу по наблюдению за отдельными целями исключительно сложно.

В регрессионном методе подсчета персонала по признакам характеристики текстуры области интереса извлекаются до выполнения работы, а затем функции ядра используются для завершения преобразования характеристик текстуры в отображение численности персонала.

В этом методе расчета ключевым показателем является плотность и количество людей. Оценка плотности скопления людей основана на классификации выделенных признаков плотности по шаблону, а оценка количества людей основана на идентификации отдельных сегментов или регрессионном анализе выделенных признаков, таких как площадь пикселей движения и текстуры. Метод в целом основан на расчете количества признаков, которые могут в определенной степени улучшить результаты, вызванные взаимностью. Метод также основан на расчете характеристик количества людей, которые могут в определенной степени улучшить влияние на результаты, вызванное взаимной окклюзией. Поскольку характеристики распределения населения чрезвычайно трудно охарактеризовать математически, точность этого метода ограничена. Это ограничивает точность данного метода.

Анализ видеотрафика

Анализ видеотрафика движения — это интеллектуальная часть транспортной системы обнаружения и прогнозирования событий. Прежде чем производить анализировать трафик на видео необходимо обнаружить статические транспортные средства или обнару-

жить и выполнить затем динамическое отслеживание траектории движущихся транспортных средств [8].

Отслеживание целей на основе технологии компьютерного зрения является одной из основных проблем в компьютерной области. В основном основная цель состоит в том, чтобы изучить контент, снятый камерой, чтобы выполнить отслеживание интересующего объекта. Алгоритм отслеживания целей фокусируется на поиске интересующего объекта и определения его местоположения в каждом кадре на основе параметров соответствия цели между соседними кадрами. В результате получается соответствующая полная траектория движения объекта (цели) [6].

Выводы

Подводя итог, можно сказать, что интеграция интеллектуальной транспортной системы с техно-

логией компьютерного зрения вполне решает трудности в интегральном управлении данными, полученными от разных источников информации, и еще больше может повысить оперативность управления и контроля движения транспортных средств и дорожного движения. При этом компьютерное зрение является одной из ключевых технологий интеллектуальных транспортных систем. Хотя технология компьютерного зрения достаточно хорошо используется в управлении транспортными средствами и дорожным движением все еще есть большие возможности для улучшения этого управления с точки зрения точности, достоверности, качества и скорости обнаружения и отслеживания на ее основе. Многообещающим подходом в решении указанных задач является использование технологии глубокого обучения с использованием интегрального анализа видеоинформации с разных источников, влияющей на решение указанных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аладин Д.В. и др. Подход к разработке модели цифрового двойника водителя высокоавтоматизированного транспортного средства на основе гибридной интеллектуальной информационной системы / Аладин Д.В., Горячкин Б.С., Варламов О.О., Афанасьев Г.И., Тимофеев В.Б. // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 2–2. С. 34–40.
2. Афанасьев Г.И., Абулкасимов М.М., Сурикова О.В. Алгоритмы оптимизации, используемые в нейронных сетях, и градиентный спуск // Аспирант и соискатель. 2019. № 6 (114). С. 81–86.
3. Галичий Д.А., Афанасьев Г.И., Нестеров Ю.Г. Распознавание эмоций человека при помощи современных методов глубокого обучения // E-Scio. 2021. № 5 (56). С. 316–329.
4. Крутов Т.Ю., Афанасьев Г.И., Нестеров Ю.Г. Оптимизационные методы нейронных сетей для решения задачи бинарной классификации изображений // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2021. № 5–2. С. 68–76.
5. Chen Chen, Guo Jinwei, Yang Kaixin, et al. Research on Intersection Signal Control Strategy Based on Computer Vision // Computer Knowledge and Technology. 2020.16 (07). P. 194–196.
6. Jiang Tao, Chen Chong, Pu Haoqing. Application of precise positioning and computer vision technology in intelligent mooring of Three Gorges and Gezhouba ship locks. // Water Transport Engineering. 2020 (2). P. 52–56.
7. Su Bo. Algorithm Research on Computer Vision-Based Computer Vision-Based Electronic Police Capture Violations of Violations of Red Lights // Microcomputer Applications. 2020.36 (1). P. 106–111.
8. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications // Springer. 2nd ed. 2022. — 947 p.
9. Zhang Dongmei, Lu Xiaoping, Zhang Hang, et al. A Traffic Flow Statistics Algorithm Based on UAV Video Images // Remote Sensing Information. 2020 (1). P. 142–146.

© Ма Линь (malin5050@outlook.com),

Афанасьев Арсений Геннадьевич (wolfram_zn@mail.ru), Афанасьев Геннадий Иванович (gaipcs@bmstu.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СИНТЕЗ СИГНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ ТРЕХУРОВНЕВЫХ ИНВЕРТОРОВ В РЕАЛЬНОМ МАСШТАБЕ ВРЕМЕНИ

SYNTHESIS OF CONTROL SIGNALS OF THREE-LEVEL INVERTERS IN REAL TIME

**D. Melnikov
N. Vrublevsky
M. Petrovichev**

Summary. High power applications such as AC drive require a high quality inverter output with low harmonic loss and low torque ripple. Reducing the harmonic content in the output current of the inverter is achieved mainly by increasing the switching frequency of the keys, which in turn leads to an increase in dynamic losses on the transistors. In this work, this problem is solved by using a three-level inverter using the control signal synthesis algorithm, in a simplified way. The algorithm makes it possible to implement space-vector and sinusoidal pulse-width modulation (PWM) in real time. It is based on the simplification of the space-vector diagram of a three-level inverter to a two-level inverter. When simplified by the proposed method, all other procedures required for a three-level PWM are performed as for a conventional two-level inverter, and the execution time is significantly reduced. The problem of controlling the potential of the neutral point of the DC link is implemented without computational costs. Neutral point potential control is already built into the procedure for calculating the opening (closing) time intervals of transistors, and is a P-regulator. The proposed method can be applied to multi-level inverters above three-level. The reliability of the proposed algorithm for synthesizing control signals of three-level inverters is confirmed by a computational experiment.

Keywords: algorithm, inverter, microcontroller, reference voltage, gating, control, pulse width modulation.

Мельников Дмитрий Владимирович

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана
melnikov-dv@yandex.ru

Врублевский Николай Федорович

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана
vrublevsky_nf@bmstu.ru

Петровичев Максим Александрович

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана
tabblif@yandex.ru

Аннотация. Для мощных приложений, таких как привод переменного тока, необходим высококачественный выход инвертора с низкими гармоническими потерями и пульсациями крутящего момента. Снижение содержания гармоник в выходном токе инвертора достигается главным образом за счет повышения частоты переключения ключей, что в свою очередь приводит к повышению динамических потерь на транзисторах. В работе эта проблема решается путем использования трехуровневого инвертора с использованием алгоритма синтеза сигналов управления, упрощенным способом. Алгоритм позволяет реализовать пространственно-векторную и синусоидальную широтно-импульсную модуляцию (ШИМ) в реальном масштабе времени. В его основе лежит упрощение пространственно-векторной диаграммы трехуровневого инвертора до двухуровневого инвертора. При упрощении предложенным методом все остальные процедуры, необходимые для трехуровневой ШИМ, выполняются как для обычного двухуровневого инвертора, а время выполнения значительно сокращается. Проблема управления потенциалом нейтральной точки звена постоянного тока реализуется без вычислительных затрат. Контроль потенциала нейтральной точки уже встроено в процедуру расчета временных интервалов открытия (закрытия) транзисторов, и представляет собой P-регулятор. Предлагаемый метод может быть применен к многоуровневым инверторам выше трехуровневого. Достоверность предложенного алгоритма синтеза сигналов управления трехуровневых инверторов подтверждается вычислительным экспериментом.

Ключевые слова: алгоритм, инвертор, микроконтроллер, опорное напряжение, стробирование, управление, широтно-импульсная модуляция.

Благодаря развитию элементной базы силовой электроники, значительно увеличилось требование к высоковольтным приложениям. Для высокопроизводительных систем привода переменного тока с повышенным уровнем мощности необходим высококачественный выход инвертора с низкими гармоническими потерями и пульсациями крутящего момента. В случае традиционной двухуровневой конфигурации инвертора снижение содержания гармоник в выходном токе инвертора достигается главным образом за счет повышения частоты переключения ключей.

Однако в областях применения с высоким напряжением и большой мощностью частота переключения силовых ключей должны быть ограничена на уровне 1–2 кГц даже для современной элементной базы из-за повышенных коммутационных потерь. Таким образом, подавление гармоник за счет повышенной частоты переключения двухуровневого инвертора становится более сложным в приложениях большой мощности. Кроме того, поскольку напряжение звена постоянного тока двухуровневого инвертора ограничено номинальным напряжением коммутационных устройств,

Таблица 1. Состояния коммутации и напряжение на терминалах (клеммах) трехуровневого преобразователя ($x = a, b, c$)

Состояние фаз	Состояние ключей				Напряжение на клеммах фаз
	K_{1x}	K_{2x}	K_{3x}	K_{4x}	
P	Вкл.	Вкл.	Выкл.	Выкл.	$U_{dc} / 2$
O	Выкл.	Вкл.	Вкл.	Выкл.	0
N	Выкл.	Выкл.	Вкл.	Вкл.	$-U_{dc} / 2$

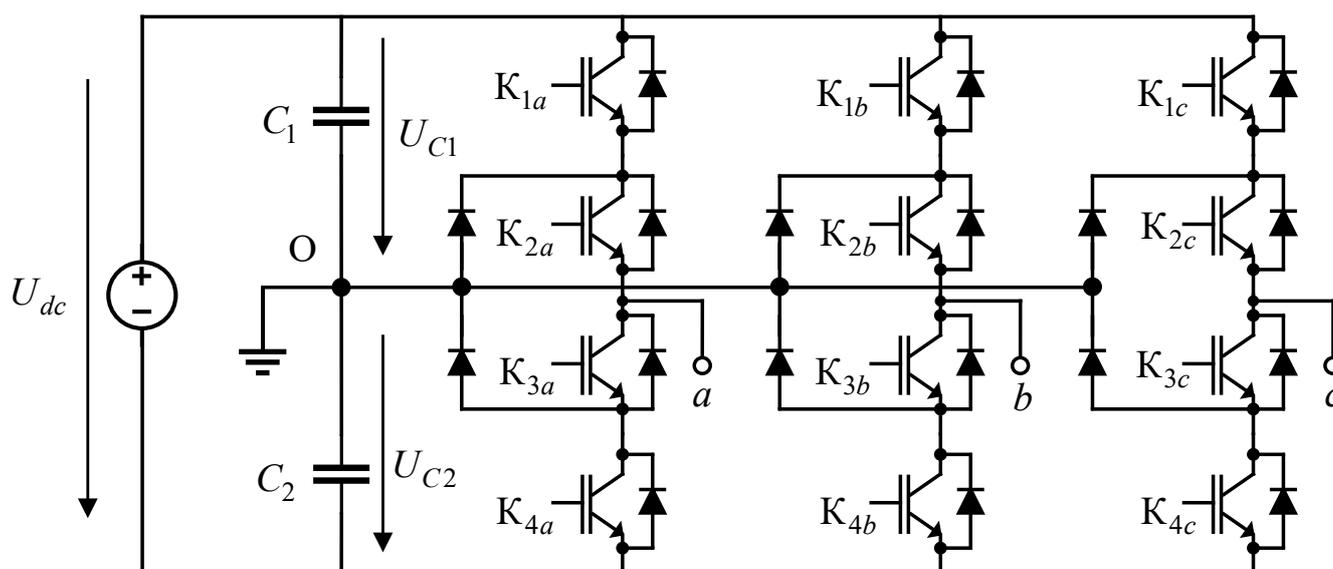


Рис. 1. Схема трехуровневого инвертора

для повышения напряжения звена постоянного тока требуется проблематичное последовательное соединение коммутационных устройств. При последовательном подключении максимально допустимая частота переключения должна быть еще ниже, таким образом, уменьшение гармоник становится более сложной задачей.

С точки зрения подавления гармоник и высокого уровня напряжения в звене постоянного тока трехуровневый подход к построению сигналов управления представляется наиболее многообещающей альтернативой [9]. Содержание гармоник трехуровневого инвертора меньше, чем у двухуровневого инвертора при той же частоте переключения, а блокирующее напряжение коммутационного устройства составляет половину напряжения в звене постоянного тока. Таким образом, топология трехуровневого инвертора обычно используется при реализации высокопроизводительных систем привода переменного тока высокого напряжения [2;5;9].

Однако, чтобы в полной мере использовать вышеупомянутые преимущества трехуровневого инвертора, необходимо эффективно подавлять колебания потенциала нейтральной точки, присущие трехуровневному инвертору. Для решения проблемы потенциального дисбаланса нейтральной точки было предложено ряд стратегий широтно-импульсной модуляции [1;3;4]. Многие из них сосредоточены в основном на методе управления потенциалом нейтральной точки, но при этом используют сложный расчет времени переключения (временных интервалов открытия и закрытия ключей) и метод выбора последовательности переключений ключей.

В этой статье предлагается простой метод широтно-импульсной модуляции трехуровневого инвертора. Используя новую стратегию ШИМ, расчет времени переключения и выбор последовательности переключения выполняются так же легко, как и в обычном двухуровневом инверторе. Алгоритм управления напряжением в нейтральной точке может быть легко реализован.

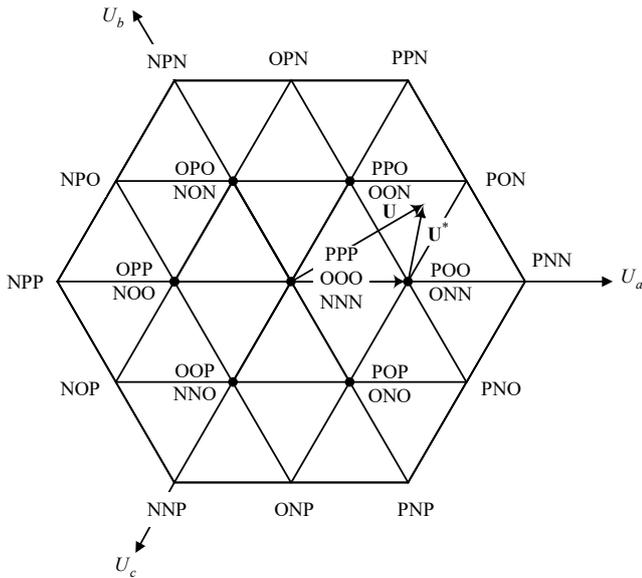


Рис. 2. Пространственно-векторная диаграмма трехуровневого инвертора

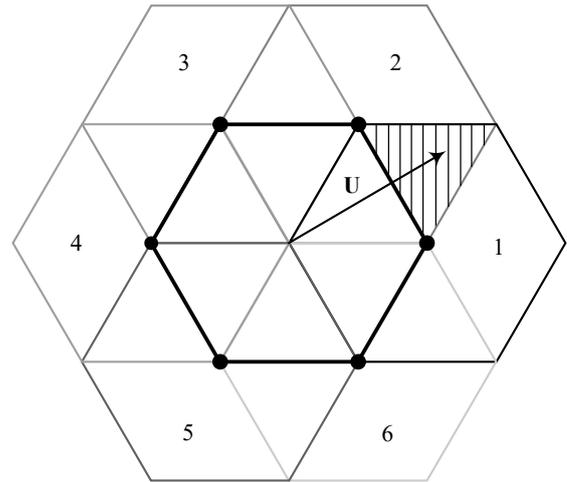


Рис. 3. Упрощение трехуровневой пространственно-векторной диаграммы

Предложенный алгоритм синтеза сигналов управления трехуровневыми инверторами в реальном масштабе времени реализуется с помощью вычислительного эксперимента.

Основные принципы предлагаемого метода пространственно-векторной ШИМ

На рисунке 1 представлена принципиальная схема трехуровневого инвертора, а состояния переключения каждой фазы инвертора перечислены в таблице 1. В каждой фазе может быть три вида состояния переключения: P, O и N, поэтому существует 27 коммутационных состояний в трехфазном трехуровневом инверторе.

Используя пространственно-векторную диаграмму трехуровневого инвертора, можно объяснить основной принцип предлагаемого метода ШИМ. Пространственно-векторную диаграмму трехуровневого инвертора, показанную на рисунке 2, можно считать состоящей из шести маленьких шестиугольников, которые являются пространственно-векторными диаграммами обычных двухуровневых инверторов. Каждый из этих шести шестиугольников, составляющих пространственно-векторную диаграмму трехуровневого инвертора, имеет центры на шести вершинах внутреннего малого шестиугольника, как показано на рисунке 3. Таким образом, если эти шесть малых шестиугольников сместить к центру, то пространственно-векторная диаграмма трехуровневого инвертора упрощается до двухуровневого инвертора.

Для упрощения пространственно-векторной диаграммы двухуровневого инвертора необходимо выполнить следующие два шага. Во-первых, исходя из местоположения заданного опорного напряжения, необходимо выбрать один шестиугольник из шести шестиугольников. Во-вторых, исходный вектор опорного напряжения должен быть вычтен на величину центрального вектора напряжения выбранного шестиугольника. С помощью этих двух шагов трехуровневая пространственно-векторная плоскость преобразуется в двухуровневую пространственно-векторную плоскость.

Затем определение последовательности переключений и вычисление времени длительности вектора напряжения выполняются обычным двухуровневым методом ШИМ. Поскольку предлагаемый метод ШИМ в принципе аналогичен обычному двухуровневому, алгоритмы, используемые в двухуровневом ШИМ, также могут быть применены к этому предлагаемому методу.

Коррекция вектора опорного напряжения

Опишем первый этап упрощенного трехуровневого пространственно-векторного метода ШИМ. По положению заданного опорного вектора напряжения выбирается один шестиугольник из шести малых шестиугольников, составляющих трехуровневую пространственно-векторную диаграмму. Вектор опорного напряжения должен оставаться внутри выбранного шестиугольника. Эта процедура делит трехуровневую пространственно-векторную диаграмму на шесть областей, которые покрывают

ся каждым маленьким шестиугольником, как показано на рисунке 3. Значение на рисунке 3 представляет выбранный шестиугольник. На трехуровневой пространственно-векторной диаграмме существуют области, которые перекрываются соседними маленькими шестиугольниками. Таким образом, если вектор опорного напряжения остается в этих областях, он может иметь любые возможные значения. Рисунок 3 иллюстрирует два возможных способа выбора значения (значение в заштрихованной области может иметь значение 1 или 2).

Как только значение определено, начало вектора опорного напряжения изменяется на центральный вектор напряжения выбранного шестиугольника. Это делается путем вычитания вектора центра выбранного шестиугольника из исходного опорного вектора, как показано на рисунке 2: U — вектор исходного опорного напряжения, а U^* — скорректированный вектор опорного напряжения, видимый из местоположения вектора (РОО), (ОНН).

Все сказанное можно, на примере программы, обобщить следующим образом:

```

if ( $U_a \cdot U_b \cdot U_c \geq 0$ )
  if  $U_a \geq 0$ , и.ш.=1; a=2; b= -1; (где и.ш.— индекс шестиугольника)
  elseif  $U_b \geq 0$ , и.ш.=3; a= -1; b= 2;
  else и.ш.=5; a= -1; b= -1;
  end
else
  if  $U_a < 0$  и.ш.=4; a= -2; b=1;
  elseif  $U_b < 0$ , и.ш.=6; a=1; b= -2;
  else и.ш.=2; a=1; b=1;
  end
end
 $U_a^* = U_a - aU_{dc}/6$ ;  $U_b^* = U_b - bU_{dc}/6$ ;
 $U_c^* = U_a^* - U_b^*$  (или  $U_c^* = U_c - (a + b)U_{dc}/6$ ).
    
```

где U_a^*, U_b^*, U_c^* — составляющие нового вектора опорного напряжения.

Расчет времени переключения

Если вектор опорного напряжения переопределяется, как описано выше, время переключения рассчитывается так же, как и в обычном двухуровневом методе, который подробно изложен в [3]. Расчет времени коммутации может быть выполнен более эффективно с помощью метода, представленного в [7], как показано в следующем примере. При расчете времени пребывания единственная разница между двухуровневым ШИМ и трехуровневым ШИМ заключается в коэффициенте 2, появляющемся в первых двух строках следующего примера.

Расчет мнимого время переключения:

$$T_{ап} = 2U_a^*T_B/U_{dc}; T_{бп} = 2U_b^*T_B/U_{dc}; T_{сп} = 2U_c^*T_B/U_{dc}.$$

T_B — обозначает время выборки $T_B = 0,5T_{ШИМ}$,
 $T_{ШИМ}$ — период ШИМ.

Эффективное время может быть определено как продолжительность времени между наименьшим и наибольшим из трех мнимых времен переключения, как указано [7]

$$T_{эф} = T_{макс} - T_{мин},$$

где

$$T_{мин} = \min(T_{ап}, T_{бп}, T_{сп}), T_{макс} = \max(T_{ап}, T_{бп}, T_{сп}).$$

Если время переключения рассчитывается, необходимо определить последовательность переключений. Однако последовательность переключений определяется автоматически значением и.ш. (индекс шестиугольника). То есть, на основе вектора центрального напряжения выбранного шестиугольника последовательность переключений определяется как у обычного двухуровневого инвертора. Например, в случае рисунка 2 последовательность переключения будет (РОО) — (PON) — (OON) — (ОНН). Если вектор (ОНН) выбран в качестве базового и приняты обозначения, используемые в двухуровневой пространственно-векторной диаграмме [моя статья], последовательность переключений может быть выражена как (111) — (110) — (010) — (000). Эта последовательность переключения точно такая же, как у обычного двухуровневого ШИМ. Поэтому при определении последовательности переключений единственное, что нужно сделать, это выбрать переключатели, которые должны быть включены для изменения их состояний среди четырех переключателей в каждой фазе. Это реализуется с помощью простых логических элементов, использующих значение и.ш.

Как показано в [7] конкретную ШИМ можно определить с помощью, параметра $T_{см}$ (время смещения). В случае трехуровневых инверторов для синусоидальной ШИМ $T_{см}$ можно определить следующим образом:

$$\text{если и.ш. равен } 1, 3, 5, \text{ то } T_{см} = 0,25 \cdot T_{ШИМ} (1 + 1/3 - U_N),$$

$$\text{если и.ш. равен } 2, 4, 6, \text{ то } T_{см} = 0,25 \cdot T_{ШИМ} (1 - 1/3 - U_N),$$

$$U_N = \begin{cases} U_O, -1 \leq U_O \leq 1 \\ 1, U_O > 1 \\ -1, U_O < -1 \end{cases}, U_O = k_1(U_{C1} - U_{C2});$$

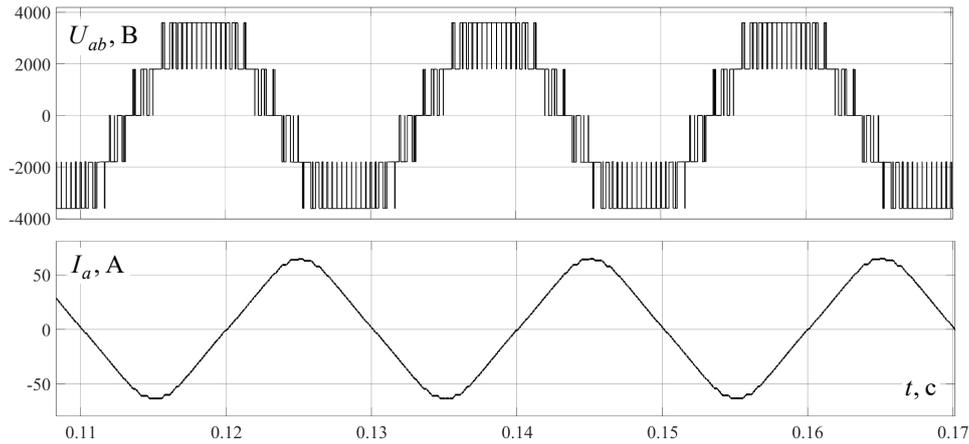


Рис. 4. Результаты вычислительного эксперимента инвертора с RL нагрузкой: линейное напряжение и фазный ток

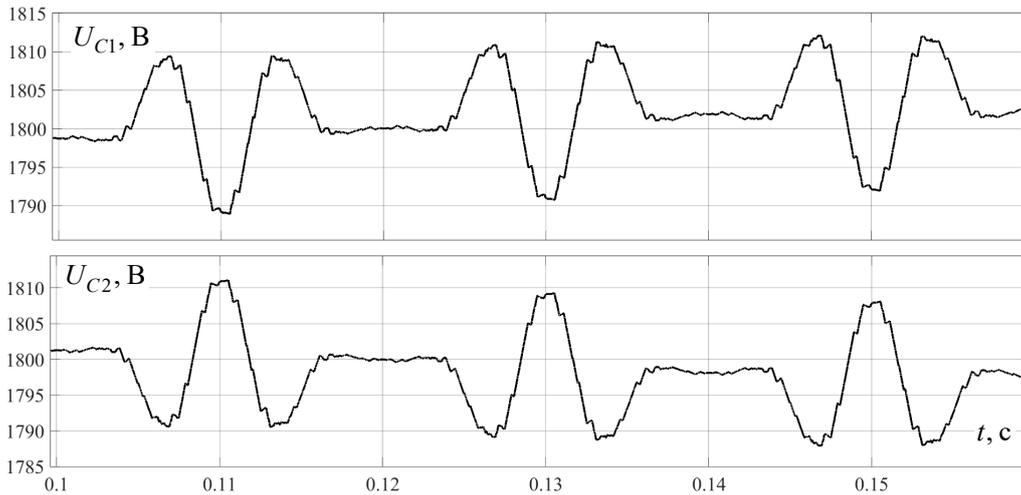


Рис. 5. Результаты вычислительного эксперимента инвертора с RL нагрузкой: напряжение на емкостях U_{C1} , U_{C2} .

k_I — коэффициент чувствительности изменения потенциала нейтральной точки. Последние выражения представляет собой П-регулятор с ограничением.

В случае использования пространственно-векторной ШИМ величину T_{CM} можно вычислить так:

$$T_{CM} = (0,25T_{ШИМ} - 0,5T_{эф})(1 - U_N) - T_{мин}.$$

Далее по аналогии с [7] можно определить времена стробирования:

- ♦ для последовательности «выключения» на интервале $0,5T_{ШИМ}$:
 $T_{ca_вык0,5} = T_{ап} + T_{CM}$, $T_{cb_вык0,5} = T_{бп} + T_{CM}$,
 $T_{cc_вык0,5} = T_{сп} + T_{CM}$;

- ♦ для последовательности «включения» в диапазоне как полупериода, так и периода $T_{ШИМ}$:

$$\begin{aligned} T_{ca_вк} &= 0,5T_{ШИМ} - T_{ca_вык0,5}, \\ T_{cb_вк} &= 0,5T_{ШИМ} - T_{cb_вык0,5}, \\ T_{cc_вк} &= 0,5T_{ШИМ} - T_{cc_вык0,5}. \end{aligned}$$

- ♦ для последовательности «выключения» в диапазоне всего цикла $T_{ШИМ}$:

$$\begin{aligned} T_{ca_вык} &= T_{ca_вык0,5} + 0,5T_{ШИМ}, \\ T_{cb_вык} &= T_{cb_вык0,5} + 0,5T_{ШИМ}, \\ T_{cc_вык} &= T_{cc_вык0,5} + 0,5T_{ШИМ}. \end{aligned}$$

Для гарантированного использования полного напряжения звена постоянного тока, фактическая дли-

тельность стробирующего импульса должна быть ограничено значением:

$$0 < T_{ca_вк}, T_{cb_вк}, T_{cb_вк} < 0,5T_{ШИМ}, \\ 0,5T_{ШИМ} < T_{ca_вык}, T_{cb_вык}, T_{cc_вык} < T_{ШИМ}.$$

Как видно, в предлагаемом алгоритме синтеза сигналов управления трехуровневых инверторов, контроль потенциала нейтральной точки уже встроен в процедуру расчета фактического времени стробирования, что очень удачно сочетается с концепцией «эффективного времени». Существуют и другие методы контроля потенциала нейтральной точки для трехуровневых инверторов: изменение последовательности переключения, изменение временного распределения избыточных векторов напряжения. Но они не очень эффективны при реализации на контроллерах в реальном масштабе времени, т.к. их суть водится к перерасчету длительностей стробирующих импульсов. В нашем случае путем изменения параметра $T_{см}$, мы можем не только в реальном времени изменять метод ШИМ, но и путем встроенного П-регулятора в его расчет, контролировать потенциал нейтральной точки.

Предложенный алгоритм синтеза сигналов управления трехуровневых инверторов в реальном масштабе времени оптимально использовать на цифровых сиг-

нальных контроллерах для управления приводами. Эти контроллеры, обладают следующими свойствами: команды, оптимизированные для управления, цифровой обработки, матричных операций [6;8]; компактный ассемблерный и Си-код; простота программирования; высокая производительность и расширенное адресное пространство.

Предлагаемый метод также применим к многоуровневому ШИМ выше трехуровневого. Например, четырех- или пятиуровневая пространственно-векторная диаграмма может быть упрощена до трехуровневой пространственно-векторной диаграммы на тех же принципах.

Результаты вычислительных экспериментов синтеза сигналов управления для трехуровневых инверторов представлены на рисунках 4, 5. В качестве нагрузки инвертора использовалась трехфазная RL цепь с соединением типа «звезда» при напряжении постоянного звена 3600 В. Частота ШИМ 1,5 кГц.

Из результатов вычислительного эксперимента видно, что предлагаемый алгоритм синтез сигналов управления трехуровневых инверторов в реальном масштабе времени позволяет на низких частотах ШИМ подавить высокие гармоники тока, а баланс напряжения в звене постоянного тока достаточно хорошо контролируется.

ЛИТЕРАТУРА

1. D.S. Hyun, "A Novel PWM Scheme for a Three-Level Voltage Source Inverter with GTO thyristors," in Proc. IAS Conf. — 1994. — pp. 1151–1157.
2. J.H. Suh, "A design of a new snubber circuit for three-level gate turn-off thyristor inverters," in Proc. EPE Conf. — 1995. — pp. 573–578.
3. J.S. Kim, "A novel voltage modulation technique of the space vector PWM," Trans. Inst. Elect. Eng. Jpn. — 1996, vol. 116-D, no. 8 — pp. 820–825.
4. R. Jotten, "A fast space-vector control for a three-level voltage source inverter," in Proc. EPE Conf. — 1991. — pp. 70–75.
5. Владислав Филатов. Двух- и трехуровневые инверторы на IGBT. Перспективные решения // Силовая электроника — 2012. — № 4.
6. Мельников Д.В., Корнюшин П.Ю., Мин Ч. Ту., Чжо Ту.А., Окар М. Проекционно-матричный подход к анализу и синтезу систем управления электроэнергетических систем. Научное обозрение — 2015. — № 2 — С. 88–97.
7. Мельников Д.В., Петровичев М.А. Реализация сигналов управления трехфазного инвертора в реальном масштабе времени с помощью унифицированной ШИМ // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки — 2022. — № 12–2 — С. 103–112.
8. Пупков К.А., Егупов Н.Д., Лукашенко Ю.Л., Мельников Д.В., Рыбин В.М., Трофимов А.И. Матричные методы расчета и проектирования сложных систем автоматического управления для инженеров. // М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана — 2007. — 664 с.
9. Шрейнер, Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты // Екатеринбург: УРО РАН — 2000. — 654 с.

© Мельников Дмитрий Владимирович (melnikov-dv@yandex.ru),

Врублевский Николай Федорович (vrublevsky_nf@bmstu.ru), Петровичев Максим Александрович (tabblif@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СТРУКТУРА И АЛГОРИТМ МОДЕЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫМИ ЭКОНОМИЧЕСКИМИ ПОДСИСТЕМАМИ

STRUCTURE AND ALGORITHM FOR MODEL MANAGEMENT OF LOCAL ECONOMIC SYSTEMS

A. Panachev

Summary. Regional economics consists of economic agents which are exchanging transactions and combine into subsystems. The relationships between agents can be illustrate using graph theory. One of the most suitable ways to describe method the ways of interactions and managing social systems is model management scheme.

The main goal of the paper is developing structure and model of local economic subsystems managing.

In the research process the scheme of model management of social subsystems on the municipality territory was formulated and the functions of its elements were described. An algorithm of local economic subsystems managing was presented, which allows processing bank transactions and searching closed subsystems which are consists of economic agents. It also allows modeling of key indicator changing (number of agent connections) through three strategies.

The scheme of model management and algorithm were applied on the municipal territory with population of 59 thousand peoples. Bank transactions between organizations for 1 month in 4 bank branches is the research base.

The 17 closed subsystems were found and network effect in the management of a key indicator (number of agent connections) presence was proved.

Keywords: model management; social systems; transaction graph; local economics; regional cooperation.

Паначев Антон Анатольевич

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

г. Екатеринбург
panachev1@mail.ru

Аннотация. Экономика региона состоит из экономических агентов, которые обмениваются транзакциями и объединяются в подсистемы. Отношения между агентами могут быть проиллюстрированы с помощью подходов теории графов. Наиболее подходящим способом для описания способов воздействия и управления над социальными системами выступает схема модельного управления.

Целью данной работы является разработка структуры и модели управления локальными экономическими подсистемами.

В процессе исследования была сформулирована схема модельного управления экономическими подсистемами на территории муниципального образования и описаны функции ее элементов. Представлен алгоритм управления локальными экономическими подсистемами, который позволяет обрабатывать банковские транзакции, искать замкнутые подсистемы, состоящие из экономических агентов, моделировать изменение ключевого показателя (количество связей между агентами) по трем стратегиям.

Описанная схема модельного управления и алгоритм применены на муниципальном образовании с населением 59 тысяч человек. В качестве базы для исследования были взяты банковские транзакции между юридическими лицами за 1 календарный месяц в 4 отделениях банка.

В результате были найдены 17 замкнутых подсистем, доказано наличие сетевого эффекта при управлении ключевым показателем (количество связей на одного агента подсистемы).

Ключевые слова: модельное управление; социальные системы; граф транзакций; локальная экономика; региональная кооперация.

Экономика — сложная система, которая состоит из множества элементов. В экономических дисциплинах ее принято рассматривать через уровни: Макро-, Микро-. На любом из них она может подвергаться изменениям, причиной могут быть как внешнее воздействие, так и функциональная работа ее внутренних элементов.

Для минимизации шоковых воздействий на систему в целом можно точно стимулировать конкретные участки. Среди доступных инструментов, которыми

пользуются государственные структуры можно выделить изменение налоговой политики, субсидирование отраслей и пр. Эффективное управление подразумевает понимание составных элементов системы и прогнозирование результата воздействий.

С системной точки зрения экономическая система может быть представлена в виде совокупности агентов и связей между ними. Одним из наиболее эффективных инструментов для иллюстрации данных отношений выступают подходы теории графов.

Таблица 1. Элементы структур управления

Элементы систем	Виды систем управления				
	разомкнутое	замкнутое	адаптивное	модельное	семиотическое
Механизм порождения решений (МПР)	+	+	+	+	+
Объект (О)	+	+	+	+	+
Выходной преобразователь (ВыхПр)	+	+	+	+	+
Входной преобразователь (ВхПр)		+	+	+	+
Адаптор (А)			+		+
Модели (М)				+	+
Интерпретатор (И)					+

Отношения имеют направленность, следовательно, в теории графов их можно описать, в виде дуг. Агенты, чаще всего, осуществляют операционную деятельность на определенной территории, а следовательно, несколько агентов могут быть описаны, как подсистема. Экономическая подсистема — локализованная ячейка между несколькими агентами, часть отношений (или транзакций) между которыми повторяется по одному и тому же направлению внутри участников подсистемы, образуя замкнутый контур. Другая часть отношений направлена в сторону контрагентов во внешнем контуре.

Для описания влияния управляющих воздействий на экономические подсистемы используют подходы экономической кибернетики [9], как ответвления кибернетики второго порядка [6, 7, 8]. Среди наиболее эффективных способов описания управления можно выделить следующие структуры [1]:

1. разомкнутое управление;
2. замкнутое управление;
3. адаптивное управление;
4. модельное управление;
5. семиотическое управление.

Элементы структур управления системами представлены в таблице 1.

Для выбора оптимальной структуры управления, а также описания работы экономической системы следует выделить их функциональные задачи:

1. входной преобразователь — получает на вход информацию;
2. выходной преобразователь — применяет решение, принятое внутри системы, к объекту;
3. объект — преобразуемый элемент системы;
4. механизм порождения решений (МПР) — определяет цели, выбирает стратегию и значения це-

левых показателей и принимает решение по их достижению;

5. адаптор — преобразует входящую информацию в формат, который способна обработать система;
6. модели — на основании данных от входного преобразователя рассчитывают прогнозные значения целевого показателя по нескольким стратегиям для последующего принятия решений МПР;
7. интерпретатор — интерпретирует информацию, полученную из выходного преобразователя для дальнейшей обработки моделями.

Управление экономическими подсистемами направлено на повышение их эффективности. Под эффективностью подразумевается, как получение прибыли, так и поддержание жизнеспособности и стабильности внутри. Изучение повышения стабильности внутри подсистем активно затрагивается в исследованиях, связанных с теорией аутопоэза (одно из ответвлений кибернетики) [10, 11].

В контексте данного исследования для повышения эффективности экономических подсистем использовались алгоритмы поиска на языке Python, для которого достаточно данных о банковских транзакциях, а также схема модельного управления. Модельное управление состоит из минимально допустимого количества элементов, которые позволяют наиболее полным образом описать систему, минимизировав ее сложность [12].

Рассмотрев ключевые элементы экономической системы, описанные с помощью подходов теории графов, виды и структуру модельного управления, следует отметить, что для доказательства эффективности данных подходов следует разработать структуру и модель управления локальными экономическими подсистемами.

Таблица 2. Элементы схемы модельного управления и выполняемые функции

Элемент	Выполняемая функция в управлении
Входной преобразователь	Программа на Python забирает данные о банковских транзакциях из базы данных
Модели	Включает: модель поиска подсистем в графе транзакций; модель расчета текущих показателей системы; модель прогнозных целевых показателей системы при применении каждой из 3 возможных стратегий.
Механизм порождения решений	Определяет цели, выбирает стратегию, значения критериев эффективности и принимает решение по их достижению
Выходной преобразователь	Исполняет решение, принятое МПР
Объект	Совокупность агентов и связей между ними

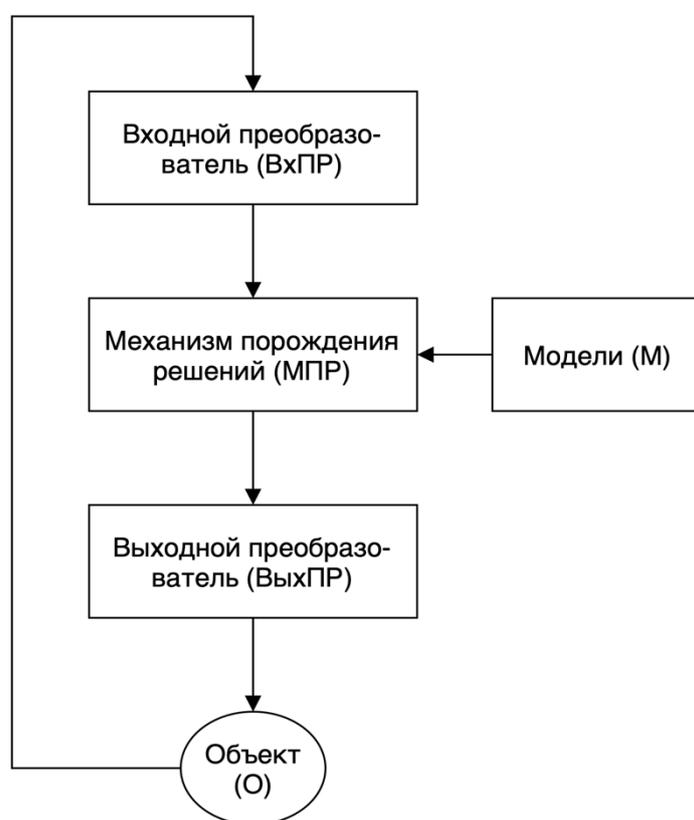


Рис. 1. Схема модельного управления

ми, а также проверить ее эффективность на реальном экономическом субъекте.

Цель

Целью данной работы является разработка структуры и модели управления локальными экономическими подсистемами.

Разработка системы модельного управления

Как уже было отмечено ранее, модельная схема управления — наиболее подходящая для описания алгоритма управления локальными экономическими подсистемами. Визуализация схемы представлена на рисунке 1 [1].

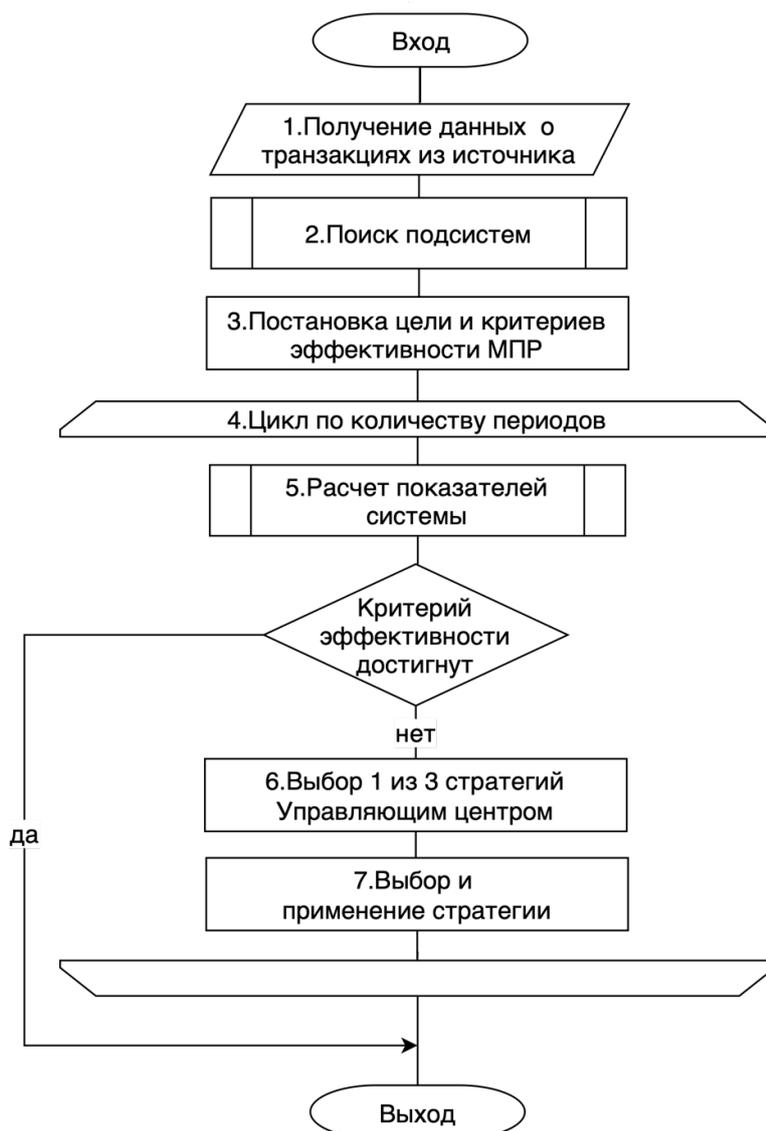


Рис. 2. Алгоритм управления локальными экономическими подсистемами

В схеме модельного управления обязательными элементами выступают:

1. входной преобразователь;
2. модели;
3. механизм порождения решений;
4. выходной преобразователь;
5. объект.

Соответствие между элементами и функциями, которые они выполняют, в исследуемой системе представлено в таблице 2.

Входной преобразователь — элемент, который считывает данные о банковских транзакциях из базы и осуществляет первичное преобразование в вид, который способны обработать модели.

Перед применением моделей механизм порождения решений определяет цели и ключевые метрики, отражающие эффективность принимаемых решений. Данный элемент системы используется в двух точках:

1. первичное целеполагание;
2. принятие конечного решения, на основе рассчитанных моделями данных.

Модели — обрабатывают информацию из входного преобразователя, находят подсистемы, рассчитывают текущие метрики и прогнозные метрики по одной из нескольких стратегий. В нашей схеме управления используется 3 модели.

После расчета прогнозных значений, механизм принятия решений выбирает наиболее подходящую

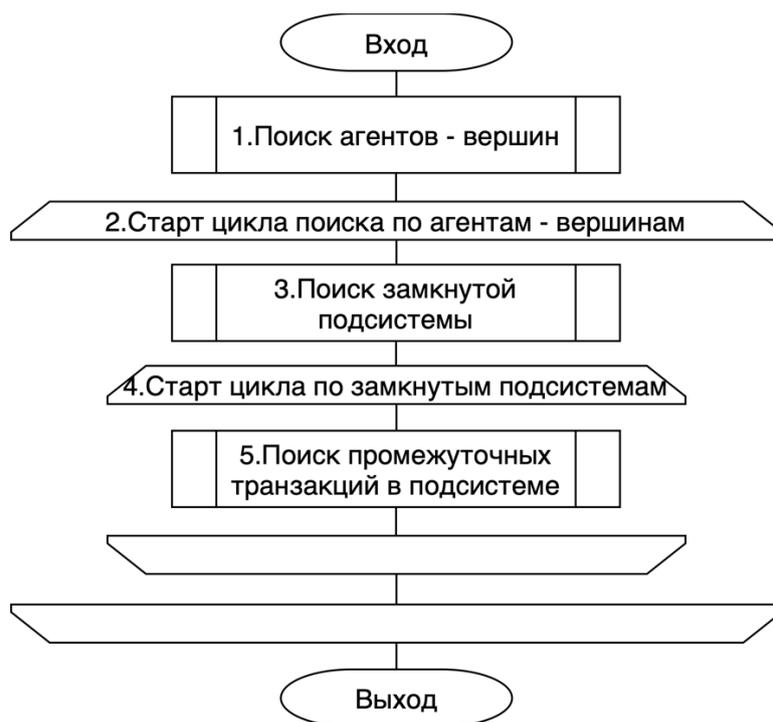


Рис. 3. Функция поиска локальных экономических подсистем

стратегию и передает решение на выходной преобразователь, который выступает в качестве исполнителя и применяет его на объекте.

Объект — часть системы, на преобразование которого направлены действия остальных элементов.

Схемы модельного управления также может быть представлена в виде последовательности шагов (алгоритма), представленных на рисунке 2.

Блок схема более детально раскрывает логику схемы модельного управления, описанной ранее. Внутри цикла модели рассчитывают прогнозные значения критериев эффективности, далее МПР принимает решение. Алгоритм повторяется до тех пор, пока показатели не будут достигнуты или количество исследуемых периодов не закончится.

Перед тем как перейти к фактическим результатам применения данной схемы на реальном муниципальном образовании следует более детально описать цель управления, алгоритм поиска подсистем (шаг 2 блок-схемы) и критерии эффективности.

Цель управления — максимизировать количество связей между агентами, что позволит достичь более стабильной экономики за счет усиления региональной кооперации.

Функция поиска подсистем представлена на рисунке 3.

Алгоритм поиска включает 5 основных шагов:

1. поиск вершин — агенты, которые и получают, и отправляют транзакции;
2. старт цикла по вершинам
3. поиск минимальной замкнутой подсистемы (например: А-В-С-А, где каждый элемент — экономический агент);
4. старт цикла по всем комбинациям между агентами найденной подсистемы
5. Поиск всех промежуточных транзакций между всеми возможными комбинациями (например, поиск между: А и В, А и С, В и А и т.д.)

Поиск осуществляется до тех пор, пока на новой итерации цикла не будет найдено ни одной новой транзакции между участниками подсистемы.

Для достижения цели управления использовались следующие критерии эффективности [5,3,2,4]:

1. количество узлов сети (агентов, участников);
2. количество ребер сети (отношений, коммуникаций, связей);
3. темп прироста количества связей на 1 агента.

Формула расчета показателя темпа прироста связей на 1 агента представлена ниже:

Таблица 3. Количественные показатели экономической системы и найденных подсистем

Показатель	Вся система	Внутри подсистем	Доля внутри подсистем, %
Участников, шт.	2 934	102	3,5
Оборот, тыс. руб.	2 706 528	283 624	10,5
Транзакций, шт.	11 791	262	2,2

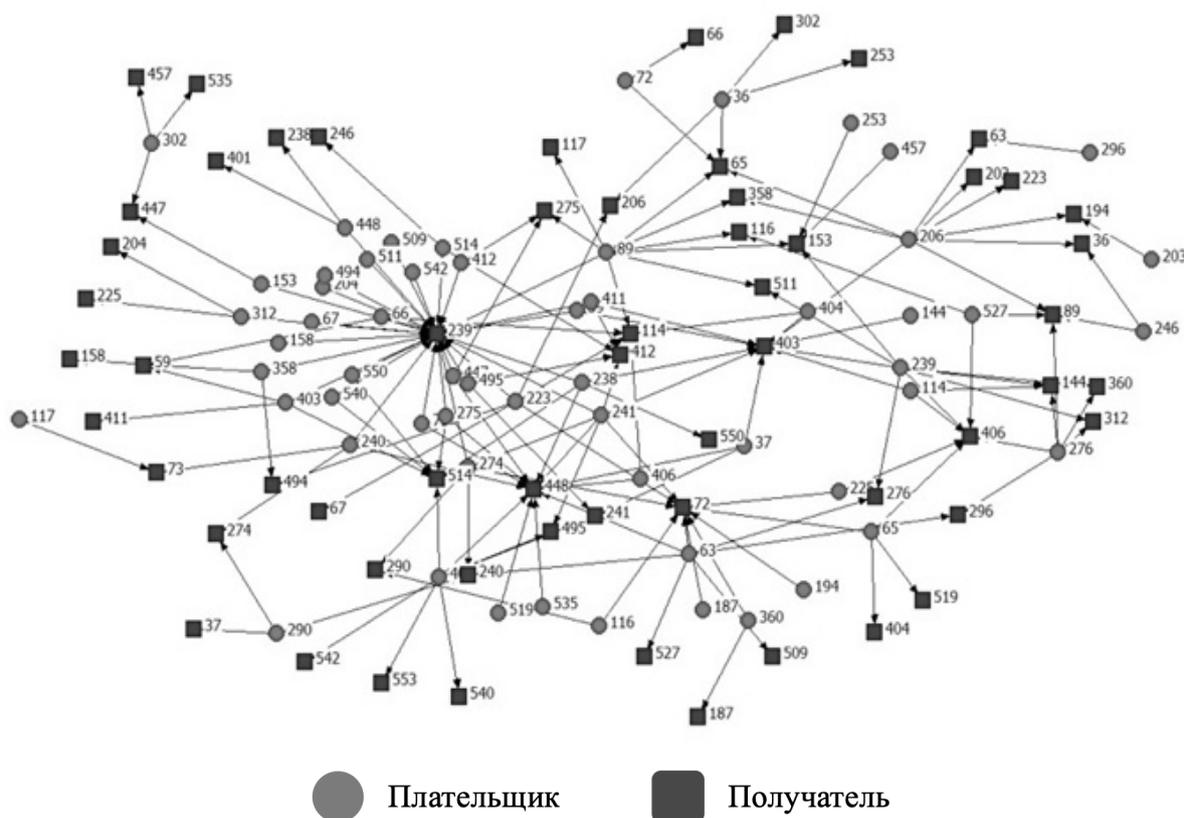


Рис. 4. Экономическая подсистема из 59 агентов

Применение системы модельного управления на локальном уровне

Для проведения эксперимента был взят набор банковских транзакций между юридическими лицами в 4 отделениях муниципального образования с населением 59 тысяч человек за 1 календарный месяц. Выборка данных включала следующие атрибуты:

1. плательщик;
2. отрасль плательщика (по ОКВЭД);
3. дата и время платежа;
4. сумма платежа;
5. получатель;
6. отрасль получателя (по ОКВЭД).

На данной выборке банковских транзакций был применен авторский алгоритм поиска, который позволил найти 17 экономических подсистем. Результаты по-

иска и количественные показатели представлены в таблице 3.

Из представленных данных мы видим, что несмотря на то, что доля участников экономических подсистем составляет лишь 3,5% от всех транзакций, они генерируют 10,5% всего денежного оборота экономической системы.

Для проверки гипотезы о наличии сетевого эффекта при стимулировании формирования новых связей внутри подсистем было взято одно из 17 найденных сообществ. Визуально подсистема представлена на рисунке 4.

Представленный граф транзакций состоит из агентов, которые обмениваются банковскими транзакциями. Во внутреннем (замкнутом) контуре графа нахо-

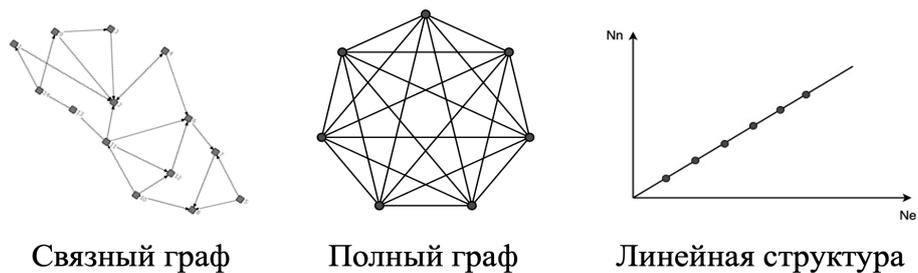


Рис. 5. Типы сетевых структур, используемых в исследовании

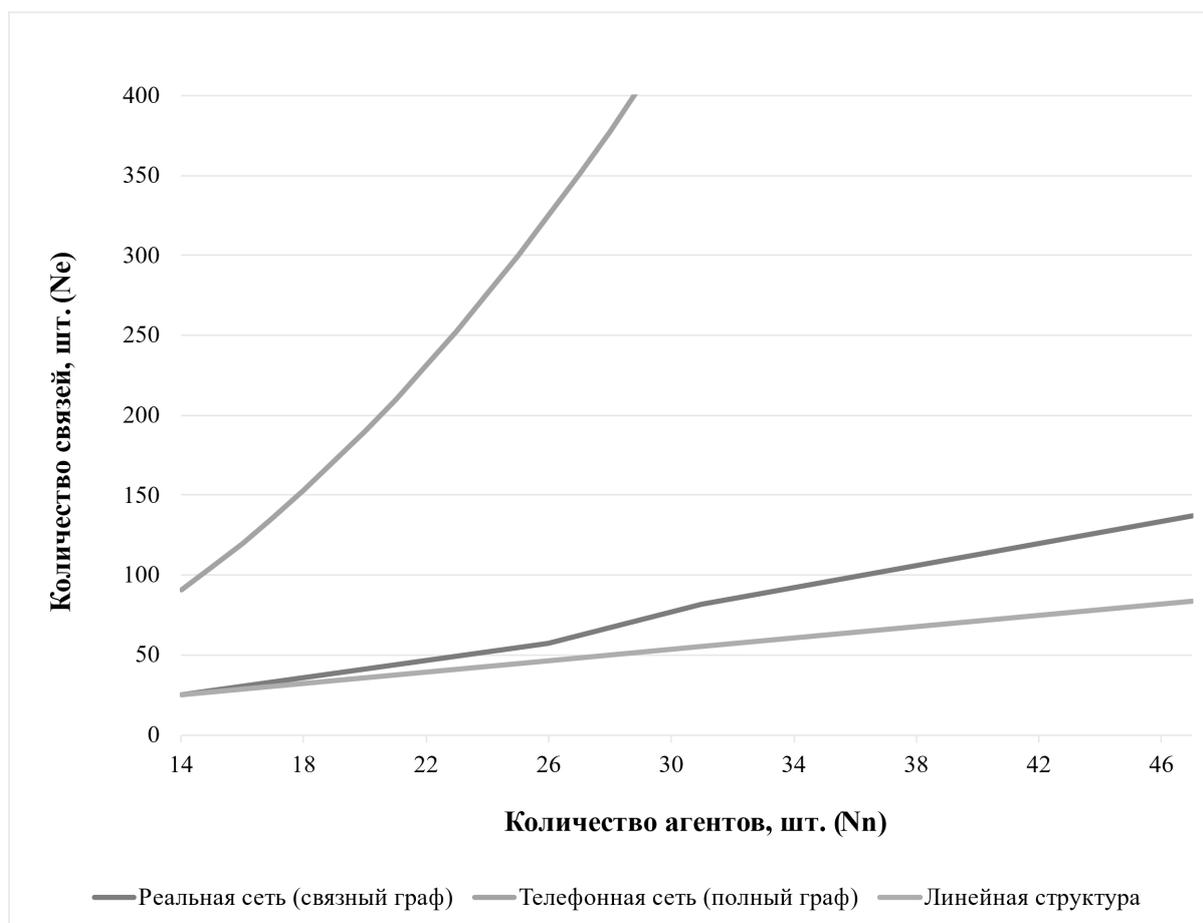


Рис. 6. Динамика изменения критериев эффективности подсистемы

дится 47 агентов, остальные 12 — внешние получатели, которые не возвращают транзакции во внутренний контур. Для дальнейшего анализа сетевого эффекта взят замкнутый контур.

Для проверки гипотезы о наличии сетевого эффекта при управлении подсистемой был взят минимальный замкнутый набор транзакций в подсистеме (14 агентов) и смоделировано присоединение новых агентов в 4 шага:

- ◆ 14 (агентов);
- ◆ 26;
- ◆ 31;
- ◆ 47.

Реальная сеть представляет собой стандартную топологию связного графа. Для сравнения с другими топологиями аналогичный эксперимент одновременно проводился и для структур другого типа:

1. линейная структура;

Таблица 4.

Количество агентов, шт. (Nn)	Количество связей, шт. (Ne)					
	Реальная сеть (связный граф)		Телефонная сеть (полный граф)		Линейный структура	
Nn	Ne	NoC	Ne	NoC	Ne	NoC
14	25	1,79	91	6,5	25	1,79
26	57	2,19 (+19%)	325	12,50 (+48%)	46	1,79 (+0%)
31	82	2,64 (+17%)	465	15,00 (+17%)	55	1,79 (+0%)
47	137	2,91 (+10%)	1081	23,00 (+35%)	84	1,79 (+0%)

2. полный граф (телефонная сеть) .

Топологии сетевых структур представлены на рисунке 5:

Графическое отображение динамики изменения показателей при приросте количества агентов в системе представлено на рисунке 6.

Помимо количества связей и количества агентов, эффективность и устойчивость сети характеризует показатель, отражающий количество связей на одного участника (формула расчета представлена в выше). Динамика изменения всех трех показателей представлена в таблице 4.

Наиболее эффективным прирост показателей демонстрирует полный граф (телефонная сеть), так как каждый новый участник автоматически становится связанным с остальными. В реальной сети и экономике такой эффект невозможен. Связи образуются и распадаются, в зависимости от экономической ситуации и стратегии развития бизнеса каждого из агентов.

Выводы

В рамках данной работы была разработана и представлена схема модельного управления локальными экономическими подсистемами, которая включает следующие элементы: входной преобразователь, механизм порождения решений, модели, выходной преобразователь и объект. Описаны функции элементов в контексте исследования экономических подсистем.

Для решения задачи поиска подсистем, на базе схемы модельного управления, был разработан и представлен алгоритм управления, а также детально описаны алгоритм поиска локальных экономических подсистем и критерии эффективности управления.

Алгоритм был применен на данных о банковских транзакциях реального экономического субъекта с населением 59 тысяч человек. В результате было найдено 17 подсистем, которые включают 102 организации с долей оборота от всей системы 10,5%.

Для анализа наличия сетевого эффекта от управления экономической подсистемой было взят замкнутый контур самой большой из найденных подсистем (47 агентов) и смоделировано пошаговое добавление участников в 4 шага. Произведено сравнение динамики изменения критериев эффективности у реальной сети (связный граф), телефонной сети (полный граф) и линейной структуры. Было выявлено, что реальная сеть обладает сетевым эффектом при присоединении новых участников, но динамика показателей изменяется с меньшей динамикой, чем у телефонной.

Применение схемы модельного управления и алгоритма управления экономическими подсистемами продемонстрировало, что при стимулировании развития отношений внутри подсистем количество связей на каждого из агентов расчет не пропорционально, что подтверждает наличие сетевого эффекта, стимулирует развитие региональной кооперации и повышает устойчивость региональной экономики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гольдштейн С.Л., Ткаченко Т.Я. Введение в системологию и системотехнику. — Екатеринбург: ИПРО, 1994. — 198 с.
2. Анфилов В.С. Системный анализ в управлении: учебное пособие / В.С. Анфилов, А.А. Емельянов, А.А. Кукушкин М.: Финансы и статистика, 2002—368 с.
3. Градосельская Г.В. Сетевые измерения в социологии: учеб. пособие / Г.В. Градосельская под ред. Г.С. Батыгина. — М.: Издат. дом «Новый учебник», 2004. — 248 с.
4. Зверева, О.М. Сравнительный анализ структуры локальных предпринимательских сетей / О.М. Зверева, Р.Х. Давлетбаев, Ю.Ю. Назарова, М.А. Медведева, Д.Б. Берг // Управление экономическими системами. — 2016. — № 8 (90) . — С. 31.

5. Wassermann S. *Advances in Social Network Analysis. Research in the Social and the Behavioral Sciences* / S. Wassermann, J. Galaskiewicz.: SAGE Publications, Inc., 1994. — 300 p.
6. Новиков Д.А. *Кибернетика: Навигатор. История кибернетики, современное состояние, перспективы развития* / Д.А. Новиков.— М.: ЛЕНАНД, 2016.— 160 с.
7. Ferster von H. *Observing Systems*, 2nd edition / von H. Ferster.: Intersystems Publications. 1981. — 331 p.
8. Ferster von H. *Understanding understanding: essays on cybernetics and cognition* / von H. Ferster.: Springer-Verlag New York. 2003.
9. Beer S. *Cybernetics and Management* / S. Beer — London: The English University Press, 1959. — 214 p.
10. Maturana, H.R. *Autopoiesis and Cognition. The realization of the living* / H.R. Maturana, F.J. Varela // *Boston Studies in the Philosophy of Science*. —1980.— Vol.42.
11. Maturana, H.R. *The Tree of Knowledge: The Biological Roots of Human Understanding* / H.R. Maturana, F.J. Varela.— Boston and London: Revised Edn., Shambhala, 1998.— 269 p.
12. Кохановский В.А. Оценка сложности систем / В.А. Кохановский, С.М. Христофорова, М.Г. Комахидзе // *Advanced Engineering Research*. —2012.— № 4 (65) .— С. 22–26

© Паначев Антон Анатольевич (panachev1@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В СТОМАТОЛОГИИ

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DENTISTRY

Xia T.
A. Afanasyev
G. Afanasyev

Summary. In recent years, the use of artificial intelligence (AI) has been rapidly developing in the field of medicine [1,2], and in particular in diagnostics based on dental imaging. This article analyzes the results of using AI in dentistry for such common oral diseases as caries, periapical periodontitis, longitudinal root fracture, periodontitis, lesions of the teeth of the upper and lower jaws, cystic lesions of the oral cavity and maxillofacial region, diseases of the temporomandibular joint.

Keywords: dentistry, dental diseases, artificial intelligence, deep learning, convolutional neural networks.

Ся Тунтун

Магистрант, Московский государственный
технический университет им. Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)
1820505375@qq.com

Афанасьев Арсений Геннадьевич

Ассистент, Московский государственный
технический университет им. Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)
wolfram_zn@mail.ru

Афанасьев Геннадий Иванович

К.т.н., доцент, Московский государственный
технический университет им. Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)
gaipcs@bmmstu.ru

Аннотация. В последние годы быстро развивается применение искусственного интеллекта (ИИ) в области медицины [1,2], и в частности, в диагностике по дентальной визуализации. В данной статье проводится анализ результатов применения ИИ в стоматологии по таким распространенным заболеваниям полости рта как кариес, периапикальный периодонтит, продольный перелом корня, пародонтит, поражения зубов верхней и нижней челюсти, кистозные поражения полости рта и челюстно-лицевой области, заболевания височно-нижнечелюстного сустава.

Ключевые слова: стоматология, болезни зубов, искусственный интеллект, глубокое обучение, сверточные нейронные сети.

С непрерывным развитием информационных технологий технологии, связанные с искусственным интеллектом, широко используются во многих областях, в том числе и в медицине для диагностики заболеваний, оказании помощи в лечении и прогнозировании динамики результатов лечения [1,2,3].

Применение искусственного интеллекта в медицинской визуализации для диагностики заболеваний полости рта все еще находится на начальной стадии исследований. При этом предварительные исследования в основном сосредоточены на обнаружении и классификации, диагностике, сегментации изображений, распознавании и маркировке и т.д. [9].

В данной статье проводится обзор применения систем искусственного интеллекта в диагностике стома-

тологических заболеваний по изображениям зубов, челюстей и височно-нижнечелюстных суставов.

1. Применение искусственного интеллекта в визуальной диагностике стоматологических заболеваний полости рта

1.1. Применение искусственного интеллекта в диагностике стоматологических заболеваний

1.1.1. Кариес

Исследования искусственного интеллекта в диагностике кариеса в основном базируются на применении сверточных нейронных сетей (convolutional neural network, CNN). При этом в качестве эталонных образ-

цов используются заключения опытных стоматологов или результаты микроскопических наблюдений в рамках «in vitro» экспериментов.

3686 окклюзионных изображений, содержащих различные степени кариеса, были отобраны Santu и др. [4]. В качестве сверточной нейронной сети была использована U-Net, в качестве метрики валидации была использована intersection-over-union метрика. Результаты показали, что точность (accuracy), чувствительность (sensitivity) и специфичность (specificity) для U-Net в диагностике кариеса составили соответственно 0,80, 0,75 и 0,83. В тоже время средние точность, чувствительность и специфичность по квалифицированным стоматологам составили соответственно 0,71, 0,36 и 0,91, что указывает на то, что в целом U-Net превзошла квалифицированных стоматологов в определении кариеса.

Кроме того, результаты Devito и др. [6] также показали, что искусственная нейронная сеть (ИНС) может повысить точность диагностики проксимального кариеса.

Однако Lin и др. [18] показали, что не было существенной разницы между результатами диагностики апроксимального кариеса зубов на периапикальных рентгенограммах при помощи ИНС и квалифицированных стоматологов по точности. В то же время ИНС показала значительно лучшую чувствительность, чем у квалифицированных стоматологов, особенно в отношении неглубокого кариеса эмали. В данном исследовании использовались 160 периапикальных рентгенографических изображений в качестве обучающего и тестового набора для системы диагностики кариеса, а результаты гистологического исследования использовались в качестве эталонных образцов для диагностики кариеса. Результаты тестирования показали, что площадь под кривой полости (AUC) для системы диагностики кариеса и результатами диагностики квалифицированными стоматологами составила соответственно 0,76 и 0,73. То есть существенной разницы не оказалось. Однако система диагностики кариеса была значительно более чувствительна при обнаружении проксимального кариеса зубов, чем результаты квалифицированных стоматологов.

Lee и др. [16] использовали для предварительной обработки и обучения pre-trained GoogLeNet Inception v3. При этом были использовано в качестве исходных данных 3000 периапикальных рентгенографических изображения. Это исследование доказало потенциальную полезность глубокой архитектуры CNN для обнаружения и диагностики кариеса зубов. Алгоритм глубокого CNN показал хорошие результаты при обнаружении кариеса на периапикальных рентгенограммах. Исследователи сделали вывод, что алгоритмы глубокого CNN

станут одними из наиболее эффективных и действенных методов диагностики кариеса зубов.

Приведенные выше результаты исследований свидетельствуют о том, что искусственный интеллект не всегда эффективен в повышении точности диагностики кариеса, что может быть связано с применяемыми обучающими моделями ИНС, методами обучения, с объемами и качеством исходных наборов данных (Data Set), методами предварительной обработки изображений и др. [9].

1.1.2. Периапикальное воспаление

В настоящее время точность диагностики периапикальной инфекции по снимкам связана с клиническим опытом врача [21], и эту проблему можно избежать, используя систему искусственного интеллекта.

Ekert и др. [7] применили 7-ми слойную CNN для определения периапикальных поражений на панорамных стоматологических рентгеновских снимках. Общее количество весов CNN составило 4299651. Data Set состоял из 2001 снимка зубов. Результаты работы CNN тестировались 6 независимыми экспертами. Результаты показали, что умеренно глубокая CNN, обученная на ограниченном количестве данных изображений, показала удовлетворительную дискриминационную способность обнаруживать периапикальные поражения на панорамных рентгеновских снимках. Общая AUC, чувствительность и специфичность CNN для периапикального периодонтита составили соответственно 0,85, 0,65 и 0,87. При этом чувствительность была значительно выше для моляров, чем для других зубов.

Setzer и др. [25] применили U-Net сверточную нейронную сеть для автоматической сегментации изображений конусно-лучевой компьютерной томографии (cone-beam computed tomographic, CBCT) в целях определения периапикальных поражений зубов. Общее число изображений CBCT было 20, содержащих 61 корень зубов пациентов с периапикальным воспалением. Для примененной ИНС чувствительность составила 0,93, специфичность 0,88, положительная предсказательная ценность 0,87 и отрицательная предсказательная ценность 0,93. Таким образом эксперименты показали хорошую точность обнаружения периапикальных поражений, что указывает на то, что CNN имеет хорошие диагностические способности для обнаружения этих поражений.

Orhan и др. [20] протестировали возможности CNN по обнаружению периапикальных патологий на CBCT изображениях. Набор исходных изображений состоял из 153 CBCT изображений от 109 пациентов с нали-

чием хронических периапикальных воспалений. Эти эксперименты показали, что CNN может хорошо обнаруживать, локализовать периапикальные инфекции и измерять размер поражений этими инфекциями. CNN смогла обнаружить 142 из 153 периапикальных поражений. Достоверность правильного определения периапикальных поражений составила 92,8%.

Предпочтительным методом лечения периапикального воспаления является эндодонтическое лечение, а локализация апикального отверстия является важным этапом эндодонтического лечения и напрямую определяет результат эндодонтического лечения. Апикальный локализатор часто используется для определения местоположения апикального отверстия, и часто существует определенная погрешность при определении местоположения апикального отверстия с помощью рентгена.

В исследовании Saghiri и др. [24] была использована ИНС и было использовано 50 зубов умерших людей в возрасте от 49 до 73 лет для оценки измерения длины корневого канала «in vitro». ИНС оказалось более точной по сравнению с реальными измерениями с использованием стереомикроскопа.

Другое исследование Saghiri и др. [23] показало, что ИНС может повысить точность локализации апикального отверстия на рентгенограммах и может быть использована в качестве альтернативы апикальному локализатору.

1.1.3. Продольный перелом корня

Вертикальный перелом корня (vertical root fracture, VRF) является серьезным и коварным хроническим повреждающим стоматологическим заболеванием, и CBCT часто используется в качестве основного элемента для клинической диагностики.

Fukuda и др. [8] использовали 300 панорамных рентгеновских снимков, содержащих 330 зубов с четко видимыми линиями перелома. В качестве CNN была использована нейронная сеть DetectNet с DIGITS, версия 5.0. Из 330 VRF было обнаружено 267. Ложно было выявлено 20 зубов без переломов. Чувствительность составила 0,75, точность 0,93 и F_1 -мера 0,83. CNN показала себя многообещающей в качестве инструмента для обнаружения VRF на панорамных изображениях и для работы в качестве инструмента автоматической компьютерной диагностики.

1.2. Применение искусственного интеллекта в диагностике визуализации пародонтита

Пародонтит является шестым по распространенности заболеванием в мире и может привести к кровоте-

чению при чистке зубов, резорбции альвеолярной кости и потере зубов [26].

Chang и др. [5] разработали CNN для автоматического определения и классификации степени резорбции альвеолярной кости отдельных зубов на панорамных рентгеновских снимках путем автоматического определения оси длины зуба, уровней альвеолярной кости и эмалево-дентинной границы, автоматического анализа процента резорбции кости, автоматической классификации степени резорбции альвеолярной кости отдельных зубов с использованием процента и автоматической классификации степени резорбции альвеолярной кости отдельных зубов в соответствии с новыми критериями, предложенные Международным симпозиумом по классификации пародонтальных и периимплантационных заболеваний и состояний в 2017 году. Коэффициент корреляции Пирсона автоматического метода при помощи CNN с диагнозами экспертов составил 0,73 в целом для всей челюсти, а значение внутрикласовой корреляции в целом для всей челюсти составило 0,91. Полученные результаты показали высокую точность и надежность CNN в автоматической диагностике резорбции альвеолярной кости и стадий пародонтита.

Помимо определения степени резорбции альвеолярной кости, было показано, что ИНС могут также определять локализацию больных зубов.

Kim и др. [11] разработали автоматизированную диагностическую систему на основе CNN, которая может обнаружить пародонтит и обозначить соответствующие зубы на панорамных рентгеновских снимках. По сравнению со стоматологами точность этой системы составила 0,75 тестовом наборе, тогда как средний результат по точности экспертов-стоматологов составил 0,69.

1.3. Применение искусственного интеллекта в диагностике полидентита и визуализации зубной непроходимости

Kuwaka и др. [12] обучили, проверили и протестировали три модели глубокого обучения: AlexNet; VGG 16; и DetectNet, используя 550 панорамных рентгеновских снимков, полученных от 275 пациентов с ретинированными сверхкомплектными зубами (impacted supernumerary teeth, IST) в области верхнечелюстных резцов и от 275 пациентов без этой аномалии. 400 снимков было использовано в качестве обучающего набора данных, 100 снимков было использовано в качестве валидационного набора данных и 50 было использовано снимков в качестве с тестового набора данных. Соотношение изображений с IST и без IST во всех

3 наборах данных было 1:1. В качестве оценки работы ИНС использовались метрики: полнота (recall), точность (precision) и мера F_1 . Наибольшая эффективность диагностики была достигнута с помощью DetectNet, а наименьшая с помощью VGG-16. Оценка эффективности DetectNet показала, что recall, precision, F_1 были равны 1,0 для обнаружения ITS в области верхнечелюстных резцов, что указывает на превосходную точность обнаружения ITS.

Близость зубов мудрости к нижнечелюстному каналу является фактором риска повреждения нервов и нарушения чувствительности нижней губы после удаления зуба мудрости.

Vinayahalingam и др. [27] разработали CNN для автоматического обнаружения и сегментации корня третьего моляра (зуба мудрости) и нижнечелюстного нерва (inferior alveolar nerve, IAN) на панорамных рентгеновских снимках. В качестве CNN использовалась U-Net нейронная сеть, которая наиболее часто используется в медицинских исследованиях, и которая обладает простой, понятной архитектурой. Коэффициенты DICE, чувствительность и специфичность составили соответственно 0,94, 0,95 и 0,99 для третьего моляра (зуба мудрости) и 0,81, 0,85 и 0,97 для нижнечелюстного нерва (IAN).

Liu и др. [19] разработали CNN, в которых качестве базовых архитектур нейронных сетей выступали U-Net и ResNet-34 для автоматического сегментирования и оценки взаимосвязи между нижнечелюстными каналами и нижнечелюстными обструктивными зубами мудрости на наборе данных СВСТ изображений. Результаты сегментации зубов мудрости показали, что средний коэффициент сходства DICE (mDSC) составил 0,97 и среднее значение пересечения над объединением (mIoU) составило 0,96. Для сегментации нижнечелюстных каналов mDSC составил 0,92 и mIoU составил 0,90. Оценки классификации моделей достигли средней чувствительности 90,2%, средней специфичности 95,0% и средней точности 93,3%. Результаты исследования показали результативность использования CNN для решений указанной задачи.

Kwak и др. [13] использовали нейронные сети 2D SegNet, 2D и 3D U-Net для автоматического определения и сегментации нижнечелюстного канала на СВСТ изображениях. Приведенные экспериментальные исследования показали, что 2D U-Net показала более высокую общую точность (0,82) по сравнению с простыми вариантами U-Net. 2D SegNet показала вторую по величине общую точность 0,96, а 3D U-Net показала лучшую общую точность 0,99. Таким образом ИНС показали

хорошую эффективность и качество при определении нижнечелюстных каналов и нижнечелюстных зубов мудрости и их взаимоотношения друг с другом как на 2D, так и на 3D изображениях СВСТ.

1.4. Применение искусственного интеллекта в визуализационной диагностике кистозных поражений челюстно-лицевой области

Kwon и др. [14] разработали CNN для обнаружения и классификации одонтогенных кистозных поражений на обоих челюстях. Нейронная сеть YOLOv3 была использована в качестве базы для разработанной CNN. CNN показала высокую чувствительность, специфичность, точность и AUC, несмотря на ограниченное количество задействованных панорамных рентгеновских снимков челюсти. В результате исследователи сделали вывод, что CNN может успешно помочь в клинической автоматической диагностике одонтогенных кист и опухолей.

Амелобластома и одонтогенная кератокиста — два типа поражений челюсти с похожими визуальными признаками, но разным поведением. Точная предоперационная диагностика этих опухолей может помочь оральным и челюстно-лицевым хирургам спланировать соответствующее лечение.

Poedjastoeti и др. [22] разработали CNN на базе VGG-16 с применением методом переноса обучения (transfer learning) с для обнаружения и дифференциации эмалевоклеточных опухолей и одонтогенных кератокист. Результаты показали, что чувствительность, специфичность и точность CNN составили соответственно 0,82, 0,83 и 0,83. Время получения результатов диагностики составило 38 секунд, что в 36 раз было быстрее, чем ручная диагностика. При этом оценки качества оказались сопоставимы оценками качества экспертов-стоматологов, что свидетельствует о высокой диагностической точности CNN.

Lee и др. [15] экспериментально оценили выявление и диагностику трех типов одонтогенных кистозных поражений, а именно одонтогенных кератокист, зубо-содержащих кист и периапикальных кист на СВСТ изображениях. В исследование было использована разработанная авторами CNN на базе GoogLeNet Inception-v3 нейронной сети с использованием метода переноса обучения. Результаты показали, что CNN имеет хорошие оценочные критерии: AUC составила 0.914, sensitivity составила 96.1%, specificity составила 77.1% для диагностики указанных поражений. Это исследование продемонстрировало, что три типа одонтогенных кистозных поражений, эффективно обнаруживаются и диагностируются разработанной CNN.

1.5. Применение искусственного интеллекта в визуализационной диагностике височно-нижнечелюстных расстройств

Заболевания височно-нижнечелюстного сустава (temporomandibular joint, TMJ) занимают четвертое место среди заболеваний полости рта. Использование искусственного интеллекта для помощи в диагностике заболеваний TMJ было показано в существующих исследованиях. Например, Lee и др. [17] разработали CNN для автоматического определения остеоартрита TMJ по изображениям СВСТ. Ассурасу на тестовом наборе составила 0,86, precision составила 0,85, полнота (recall) составила 0,84 и мера F_1 составила 0,84. Это указывает на то, что CNN может быть успешным помощником врачам в диагностике заболеваний TMJ.

2. Ограничения искусственного интеллекта в диагностике по изображениям стоматологических заболеваний полости рта

2.1. Ограничения, связанные с точностью ручной разметки Data Set

С одной стороны проблемы ограничения заключаются в том, что врачам требуется много времени и энергии для проведения большого количества разметок и аннотаций. С другой стороны, эти проблемы заключаются в том, что субъективные факторы врача могут оказывать определенное влияние на эти результаты. Поэтому в определенной степени качество результатов ИНС исследований будет ограничено качеством ручных разметок и аннотаций, что приводит к определенной степени ошибок в автоматическом компьютерном диагностировании [28].

2.2. Проблемы интерпретации работы ИНС

Самым большим техническим ограничением ИНС в клинической практике является ее недостаточная интерпретируемость. Проблема заключается в том, что людям сложно найти причины, по которым ИНС могут хорошо или плохо анализировать Data Set. И тем более непонятно, как и каким образом вносить изменения в модели для их улучшения после выявления малоудовлетворительных результатов их оценки. Все это, по-видимому, является самым большим препятствием для применения ИНС в визуализации стоматологических заболеваний [28].

2.3. Слабо-обобщённые модели ИНС

Общей проблемой при обучении ИНС является наличие небольших наборов обучающих данных и тот

факт, что эти наборы данных для отдельных исследований в основном поступают из одной и той же больницы или медицинского учреждения, что диктует большую нестабильность при обобщении моделей ИНС для использования на наборах данных, отличных от обучающего набора [28].

2.4. Трудности в проведении инкрементального обучения ИНС

Различные существующие особенности и ограничения для методов обучения моделей ИНС в стоматологии затрудняют эффективное выполнение инкрементального обучения. В результате этого подчас добавление новых данных приводит не к дообучению модели ИНС, а к ее переобучению.

Таким образом, можно констатировать, что применение искусственного интеллекта в медицинской визуализации для диагностики заболеваний полости рта все еще находится на начальной стадии исследований. Проведенные исследования по применению искусственного интеллекта в визуализационной диагностике стоматологических заболеваний полости рта и челюстно-лицевой области показали хорошие результаты, сопоставимыми с ручной диагностикой. Основным подходом для рассматриваемой предметной области исследований является использование сверточных нейронных сетей, среди которых наиболее популярны 2D U-Net нейронные сети. Были также использованы 3D U-Net, DetectNet, DetectNet с DIGITS GoogLeNet Inception-v3, ResNet-34, 2D SegNet, YOLOv3, AlexNet, VGG 16. Последние 2 ИНС по своим показателям эффективности работы оказались самыми худшими. Остальные модели ИНС показали хорошее качество и эффективность в диагностике стоматологических заболеваний по изображениям на тестовых наборах, сопоставимыми или даже в отдельных случаях превосходящими результаты оценок экспертов-стоматологов.

Однако практика применения ИНС выявила проблемы в обучении этих систем. Наборы данных, используемые для обучения ИНС малы и их разметки, и аннотации достаточно субъективные для полноценного качественного обучения ИНС. Поэтому ИНС на новых наборах данных недостаточно эффективно функционируют или вообще работают с неприемлемыми погрешностями [10]. Кроме того, отсутствует ясность в понимании как в совокупности управлять гиперпараметрами ИНС для повышения эффективности работы ИНС из-за непонятности механизмов принятия решений внутри ИНС относительно того, что является требуемым поисковым диагностируемым стоматологическим поражением, а что нет.

Таким образом, в общем, преимущества искусственного интеллекта с точки зрения скорости и автоматизации операций по стоматологической диагностике вполне могут облегчить нагрузку на врачей, занимающихся указанной

визуализационной диагностикой. С непрерывным развитием информационных и компьютерных технологий более широкое развитие и применение искусственного интеллекта является неизбежной тенденцией в стоматологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дин Но. Афанасьев Г.И. Состояние и перспективы применения искусственного интеллекта в визуализирующей диагностике заболеваний легких // E-SCIO. 2022. № 4 (67). С.653–664.
2. Дин Но. Афанасьев Г.И. Применение глубокого обучения в визуализации диагностики туберкулеза // Искусственный интеллект в автоматизированных системах управления и обработки данных. ИИАСУ' 22. Сборник статей Всероссийской научной конференции. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. Т. 2. С.237–241.
3. Beam A.L., Kohane I.S. Big data and machine learning in health care // JAMA. 2018. 319 (13). P. 1317—1318. DOI:10.1001/jama.2017.18391.
4. Cantu A.G., Gehrung S., Krois J., et al. Detecting caries lesions of different radiographic extension on bitewings using deep learning // J Dent. 2020. 100: 103425. DOI: 10.1016/j.jdent.2020.103425.
5. Chang H.J., Lee S.J., Yong T.H., et al. Deep learning hybrid method to automatically diagnose periodontal bone loss and stage periodontitis // Sci Rep. 2020. 10 (1): 7531. DOI: 10.1038/s41598—020— 64509—z.
6. Devito K.L., de Souza Barbosa F., Felipe Filho W.N. An artificial multilayer perceptron neural network for diagnosis of proximal dental caries // Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol En—dod. 2008. 106 (6) / P. 879—884. DOI:10.1016/j.tripleo.2008.03.002.
7. Ekert T., Krois J., Meinhold L., et al. Deep learning for the radio— graphic detection of apical lesions // J Endod. 2019. 45 (7): 917— 922. DOI: 10.1016/j.joen.2019.03.016.
8. Fukuda M., Inamoto K., Shibata N., et al. Evaluation of an artificial intelligence system for detecting vertical root fracture on panoramic radiography // Oral Radiol. 2020. 36 (4). P.337—343. DOI: 10.1007/ s11282—019—00409—x.
9. Heo M.S., Kim J.E., Hwang J.J., et al. Artificial intelligence in oral and maxillofacial radiology: what is currently possible? // Dentomaxillofacial Radiology. 2021. 50 (3): 20200375. DOI: 10.1259/ dmfr.20200375.
10. Jordan M.I., Mitchell T.M. Machine learning: trends, perspectives, and prospects // Science. 2015. 349 (6245). P.255 — 260. DOI:10.1126/science.aaa8415.
11. Kim J., Lee H.S., Song I.S., et al. DeNTNet: deep neural transfer network for the detection of periodontal bone loss using panoramic dental radiographs // Sci Rep. 2019. 9 (1): 17615. DOI: 10.1038/ s41598—019—53758—2.
12. Kuwada C., Arijji Y., Fukuda M., et al. Deep learning systems for detecting and classifying the presence of impacted supernumerary teeth in the maxillary incisor region on panoramic radiographs // Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2020. 130 (4). P.464— 469. DOI: 10.1016/j.oooo.2020.04.813.
13. Kwak G.H., Kwak E.J., Song J.M., et al. Automatic mandibular canal detection using a deep convolutional neural network // Sci Rep. 2020. 10 (1). 5711. DOI: 10.1038/s41598—020—62586—8.
14. Kwon O., Yong T.H., Kang S.R., et al. Automatic diagnosis for cysts and tumors of both Jaws on panoramic radiographs using a deep convolution neural network // Dentomaxillofac Radiol. 2020. 49 (8): 20200185. DOI: 10.1259/dmfr.20200185.
15. Lee J.H., Kim D.H., Jeong S.N. Diagnosis of cystic lesions using panoramic and cone beam computed tomographic images based on deep learning neural network // Oral Dis. 2020. 26 (1). P.152 — 158. DOI: 10.1111/odi.13223.
16. Lee J.H., Kim D.H., Jeong S.N., et al. Detection and diagnosis of dental caries using a deep learning—based convolutional neural network algorithm. // J Dent. 2018. 77: 106 — 111. DOI: 10.1016/j. jdent.2018.07.015.
17. Lee K.S., Kwak H.J., Oh J.M., et al. Automated detection of TMJ osteoarthritis based on artificial intelligence // J Dent Res. 2020. 99 (12). P. 1363—1367. DOI: 10.1177/0022034520936950.
18. Lin X.J., Zhang D., Huang M.Y., et al. Evaluation of computer-aided diagnosis system for detecting dental approximal caries lesions on periapical radiographs // Chin J Stomatol. 2020. DOI:10.3760/cma.j.cn112144—20200209—00040.
19. Liu M.Q., Xu Z.N., Mao W.Y., et al. Deep learning — based evaluation of the relationship between mandibular third molar and mandibular canal on CBCT // Clin Oral Investig. 2022. 26 (1): 981 — 991. DOI: 10.1007/s00784—021—04082—5.
20. Orhan K., Bayrakdar I.S., Ezhov M., et al. Evaluation of artificial intelligence for detecting periapical pathosis on cone—beam computed tomography scans // Int Endod J. 2020. 53 (5): 680 — 689. DOI: 10.1111/iej.13265.
21. Parker J.M., Mol A., Rivera E.M., et al. Cone—beam computed tomography uses in clinical endodontics: observer variability in detecting periapical lesions // J Endod. 2017. 43 (2): 184 — 187. DOI: 10.1016/j.joen.2016.10.007.
22. Poedjastoeti W., Suebnukarn S. Application of convolutional neural network in the diagnosis of jaw tumors // Healthc Inform Res. 2018. 24 (3). P.236—241. DOI: 10.4258/hir.2018.24.3.236.
23. Saghiri M.A., Asgar K., Boukani K.K., et al. A new approach for locating the minor apical foramen using an artificial neural network // Int Endod J. 2012. 45 (3). P. 257 — 265. DOI: 10.1111/j.1365—2591.2011.01970.x.
24. Saghiri M.A., Garcia—Godoy F., Gutmann J.L., et al. The reliability of artificial neural network in locating minor apical foramen: a cadaver study // J Endod. 2012. 38 (8): 1130 — 1134. DOI: 10.1016/j.joen.2012.05.004.

25. Setzer F.C., Shi K.J., Zhang Z., et al. Artificial intelligence for the computer—aided detection of periapical lesions in cone-beam computed tomographic images // J Endod. 2020. 46 (7): 987—993. DOI: 10.1016/j.joen.2020.03.025.
26. Tonetti M.S., Jepsen S., Jin L.J., et al. Impact of the global burden of periodontal diseases on health, nutrition and wellbeing of mankind: a call for global action // J Clin Periodontol. 2017. 44 (5). P.456—462. DOI: 10.1111/jcpe.12732.
27. Vinayahalingam S., Xi T., Bergé S., et al. Automated detection of third molars and mandibular nerve by deep learning // Sci Rep. 2019. 9 (1): 9007. DOI:10.1038/s41598—019—45487—3.
28. Zhu S.H. Zhang H. Application and thinking of artificial intelligence technology in medical imaging industry // AI View. 2020 (3). P. 94—105. DOI: 10.16453/j.cnki.issn2096—5036.2020.03.010.

© Ся Тунтун (1820505375@qq.com),

Афанасьев Арсений Геннадьевич (wolfram_zn@mail.ru), Афанасьев Геннадий Иванович (gaipcs@bmstu.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

ПРОГНОЗЫ, ПРОБЛЕМЫ И ПРИОРИТЕТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УЧЕТА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

FORECASTS, PROBLEMS AND PRIORITIES OF ENSURING CYBER SECURITY OF INTELLECTUAL ENERGY ACCOUNTING SYSTEMS

S. Toschuk

Summary. The article is devoted to a detailed study of current problems related to the safe use of intelligent energy accounting systems. A separate emphasis in the research process is made on the problems of protecting “smart” meters. It also highlights the safety priorities that utilities should adhere to when using smart meters. A promising solution to these problems is the introduction of a security approach based on the life cycle of a smart meter, from its production to commissioning and regular use.

Keywords: security, smart meter, threat, data, consumer.

Тощук Сергей Николаевич

Аспирант, Ростовский государственный
экономический университета «РИНХ», г. Ростов-на-
Дону
toshchuk@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена детальному изучению актуальных на сегодняшний день проблем, связанных с безопасным использованием интеллектуальных систем учета энергоресурсов. Отдельный акцент в процессе исследования сделан на проблемах защиты «умных» счетчиков. Также выделены приоритеты безопасности, которых следует придерживаться коммунальным предприятиям при использовании интеллектуальных счетчиков. Перспективным решением обозначенных проблем является внедрение подхода к безопасности, основанного на жизненном цикле «умного» счетчика, начиная с его производства и заканчивая вводом в эксплуатацию и регулярным использованием.

Ключевые слова: безопасность, «умный» счетчик, угроза, данные, потребитель.

В последнее время в современной энергетике активное развитие приобрело направление Smart Grid. Концепция Smart Grid заключается в том, чтобы сделать «интеллектуальными» генерацию, передачу и распределение электрической энергии благодаря внедрению в электрические сети современных средств диагностики, электронных систем управления и учета, алгоритмов, ограничителей токов короткого замыкания сверхпроводящих линий и других автоматически регулируемых технических процессов [1].

Одним из основных элементов Smart Grid являются умные счетчики. Эти устройства, подключенные к Интернету, поддерживают двустороннюю связь с другим оборудованием в структуре Smart Grid, что позволяет осуществлять удаленное считывание данных и обслуживание сетей. Прогнозируется, что к 2024 году рынок смарт-счетчиков будет стоить 12 миллиардов долларов, а количество установленных приборов достигнет отметки 1,2 млрд. [2]

Инфраструктура интеллектуальных систем учета энергоресурсов может помочь в борьбе с изменением климата, одновременно обеспечивая экономию для потребителей. Для поставщиков коммунальных услуг интеллектуальные счетчики дают доступ к ценным дан-

ными и позволяют разрабатывать дополнительные предложения, которые защищают доходы, дифференцируют услуги и снижают отток клиентов, одновременно сокращая операционные затраты и улучшая управление сетью. Кроме того, интеллектуальные счетчики дают возможность сократить потребление энергии, отходы и выбросы, а также могут стать одним из основополагающих факторов для будущих интеллектуальных сетей, где большие колебания в поставках будут неизбежным параметром [3].

Обобщая вышеизложенное, можно отметить, что внедрение технологии интеллектуальных сетей и систем учета энергоресурсов, с одной стороны, упрощает и ускоряет управление энергетикой, но, с другой стороны, открывает доступ к возможным кибератакам и неправомерному использованию данных. Как и любое другое устройство, подключенное к сети, интеллектуальные счетчики становятся уязвимыми для атак с разными целями, например, для кражи данных или изменения показаний. В некоторых странах уже произошли взломы умных счетчиков, и потенциальные угрозы огромны — начиная, от испорченной репутации бренда до мошенничества с выставлением счетов и, в конечном итоге, сбоях в подаче электроэнергии.

В данном контексте интеллектуальные сети и все их элементы считаются критически важными инфраструктурами, и, следовательно, предотвращение атак является первоочередной задачей. В апреле 2019 года Европейская комиссия опубликовала Рекомендацию 2019/553 в отношении информационной безопасности применительно к энергетическому сектору [4]. Учитывая высокую степень взаимосвязанности энергетических систем, эта рекомендация призывает работать над разработкой новых стратегий, чтобы избежать вредоносных атак, которые могут привести к серьезным последствиям.

В большинстве случаев системы кибербезопасности интеллектуальных систем учета энергоресурсов основываются на стратегии, известной как цикл PDCA (он также известен как спираль непрерывного совершенствования или цикл Деминга), это четырехступенчатая циклическая основа (Plan, Do, Check and Act), которая ведет к постоянному совершенствованию управления информацией, стандартизированная в серии ISO 27000. Некоторые эксперты считают, что интеллектуальные счетчики могут быть защищены путем адаптации уже существующих методов защиты информации, однако это может создать брешь в системе безопасности [5].

Учитывая отсутствие единого решения для обеспечения защиты и целостности данных интеллектуальных систем учета энергоресурсов, актуальным научно-практическим заданием на сегодняшний день является исследование перспективных и действенных направлений и методов обеспечения защиты данных, конфиденциальности и безопасности при внедрении «умных» счетчиков, что и обуславливает выбор темы данной статьи.

В последнее время проблемные вопросы развития и управления сетями Smart Grid, а также всеми элементами критической инфраструктуры на научном уровне исследовали такие специалисты, как: Потапов В.С., Сопильняк К.В., Xia Zhuoqun, Zhang Yichao, Li Xiong, Jia Weijia.

Теоретические и методические основы обеспечения кибербезопасности в целом нашли свое отражение в работах Ковалева О.Г., Скипидарова А.А., Байгутлиной И.А., Замятина П.А., Olakanmi Oladayo Olufemi, Odeyemi Kehinde Oluwasesan, Wang Rui, Gong Qiuqing, Zhen Ke.

Ключевые атрибуты интеллектуальных электрических сетей, а также требования, которые должна реализовывать система защиты изучаются Колосок И.Н., Гуриной Л.А., Петренко С.А., Ступиным Д.Д., Mariana Hentea, M. Kathires, A. Mahaboob Subahani.

Вопросы оценки рисков кибербезопасности информационных систем Smart Grid исследовались Стенниковым В.А., Головщиковым В.О., Папковым Б.В., Куликовым А.Л., Осокиным В.Л., Sikdar Biplab, Gope Prosanta, Philips Anita, Jayaraj Jayakumar.

Однако, несмотря на имеющиеся публикации и разработки, проблема обеспечения надежной защиты интеллектуальных счетчиков еще далека от своего решения. Особого внимания заслуживает критический анализ стандартов по информационной безопасности и определение того, какие из них могут быть применены к оценке кибербезопасности «интеллектуальной сети». Также в дополнительном исследовании нуждаются вопросы обоснования наиболее эффективных методов оценки защиты информационных систем Smart Grid.

Таким образом, учитывая вышеприведенные обстоятельства, цель статьи заключается в рассмотрении прогнозов, проблем и приоритетов обеспечения кибербезопасности интеллектуальных систем учета энергоресурсов.

Угрозы кибербезопасности могут принимать различные формы на протяжении всего срока службы интеллектуального счетчика. Взаимосвязь счетчика с Интернетом подвергает сеть новым типам рисков, включая расширенные постоянные угрозы (APT), распределенное-запрещенное обслуживание (DDoS), ботнеты и нулевые дни, Stuxnet, Duqu, Red October или Black Energy — это лишь несколько примеров современных угроз, появившихся буквально за последние годы. Поэтому пользователи «умных» счетчиков должны учитывать различные факторы и быть готовыми к различным векторам атак, чтобы обеспечить защиту своих данных и устройств.

Например, атака по побочному каналу включает в себя прослушивание и анализ потребляемых данных с помощью корреляционного анализа мощности (CPA) для получения учетных данных и доступа к инфраструктуре. Поставщикам энергии и производителям оригинального оборудования (ОЕМ) необходимо обеспечить безопасность от устройства до облака [6]. Также им следует иметь возможность обновлять прошивку по воздуху (OTA) для обеспечения отказоустойчивости в течение всего жизненного цикла устройства.

Учитывая вышеизложенное, не подлежит сомнению тот факт, что внедрение интеллектуальных счетчиков требует мультидисциплинарного подхода, объединяющего различные технологии защиты. Решающую часть этого процесса формирует оценка безопасности, то есть оценка уровня безопасности и выявление потен-

циальных уязвимых мест, которыми могут воспользоваться злоумышленники.

Итак, рассмотрим более подробно проблемы обеспечения кибербезопасности интеллектуальных систем учета энергоресурсов.

Как свидетельствуют вышеприведенные данные, проблем очень много, но большинство из них для интеллектуальной сети можно отнести к одной из двух больших категорий.

Первая категория — это индивидуальные угрозы. В этом случае злоумышленник стремится манипулировать данными интеллектуальной сети для собственной выгоды — возможно, чтобы снизить счет за электроэнергию или скрыть незаконное производство каких-либо товаров, сырья. Индивидуальная угроза не стремится нарушить управление электросетью для других, а только улучшить положение отдельного человека или группы.

Вторая категория — угроза обществу — включает действия, которые пытаются нанести ущерб работе электрической сети. Это может быть атака на само предприятие (массовое занижение данных о потреблении энергии всей сетью может привести к финансовой неустойчивости) или на общество в целом. Ярким примером является террористическая атака, в результате которой электросеть выходит из строя, а потребители остаются без электричества. Без электричества производительность и финансовые потери будут критическими, а в условиях экстремальной жары или холода существует реальная угроза для жизни людей.

Для реализации обозначенных угроз злоумышленник должен найти слабое звено. Атакующий будет рассматривать всю сеть и пытаться определить лучшее место для атаки: где атака принесет желаемый результат с наименьшими инвестициями и риском для атакующего. Рассмотрим простую модель «утилиты — конечная точка» для обоих сценариев угроз, чтобы определить, как злоумышленник может достичь своих целей.

Индивидуальная угроза. На примере хакера, который хочет уменьшить свой счет за электричество, злоумышленник может достичь своей цели, проникнув в диспетчерскую и изменив записи, собранные со счетчика. Он также может перехватить связь, передающую информацию о потреблении электроэнергии в коммунальную службу, или же изменить микропрограмму своего счетчика, чтобы занижить данные о количестве потребленной энергии.

Угроза обществу. На примере террориста, который хочет нарушить подачу электроэнергии максимальному

количеству пользователей, злоумышленник может проникнуть в диспетчерскую коммунального предприятия и приказать дистанционно отключить ряд счетчиков или прекратить подачу электроэнергии на определенных подстанциях. Преступник также может ввести инструкции в коммуникационную шину, чтобы отдать команду сделать то же самое. Также он может взять под контроль счетчики и запрограммировать их непосредственно на активацию реле дистанционного отключения, или взять под контроль датчики, чтобы передать ложные данные коммунальным службам, заставив их поверить в необходимость отключения определенных сегментов сети.

Чтобы обеспечить кибербезопасность интеллектуальных систем учета энергоресурсов коммунальные службы должны принять во внимание ряд приоритетов безопасности, защиты данных и конфиденциальности, которые включают в себя:

- ◆ защиту целостности устройства на территории потребителя — гарантия того, что программное обеспечение не будет подделано;
- ◆ доказательство и защиту целостности происхождения данных, передаваемых между потребителем и коммунальным предприятием;
- ◆ аутентификация личности сторон в коммуникации;
- ◆ защиту данных от несанкционированного доступа при передаче между помещениями потребителя и поставщиком коммунальных услуг;
- ◆ обеспечение нормативного соответствия доступа к данным при их хранении у поставщика коммунальных услуг.

Для устранения проблем и угроз безопасности интеллектуальных счетчиков, по мнению автора, целесообразно использовать подход, основанный на жизненном цикле, начиная с их производства и заканчивая вводом в эксплуатацию и регулярным использованием (рис. 1).

Теперь рассмотрим способы, предполагающие использование платформы IoT, которая позволит удовлетворить требования безопасности жизненного цикла, играющие решающее значение для обеспечения конфиденциальности интеллектуальных систем учета энергоресурсов.

1. Обеспечение корня доверия для развертывания интеллектуальных счетчиков в масштабе фабрики во время их изготовления. Производственные предприятия, которым поручен выпуск интеллектуальных счетчиков, должны обеспечить баланс между масштабируемостью и устойчивостью, чтобы устройство пользовалось доверием и обеспечивало надежную основу для работы счетчика в полевых условиях.



Рис. 1. Пример жизненного цикла безопасной работы интеллектуального счетчика

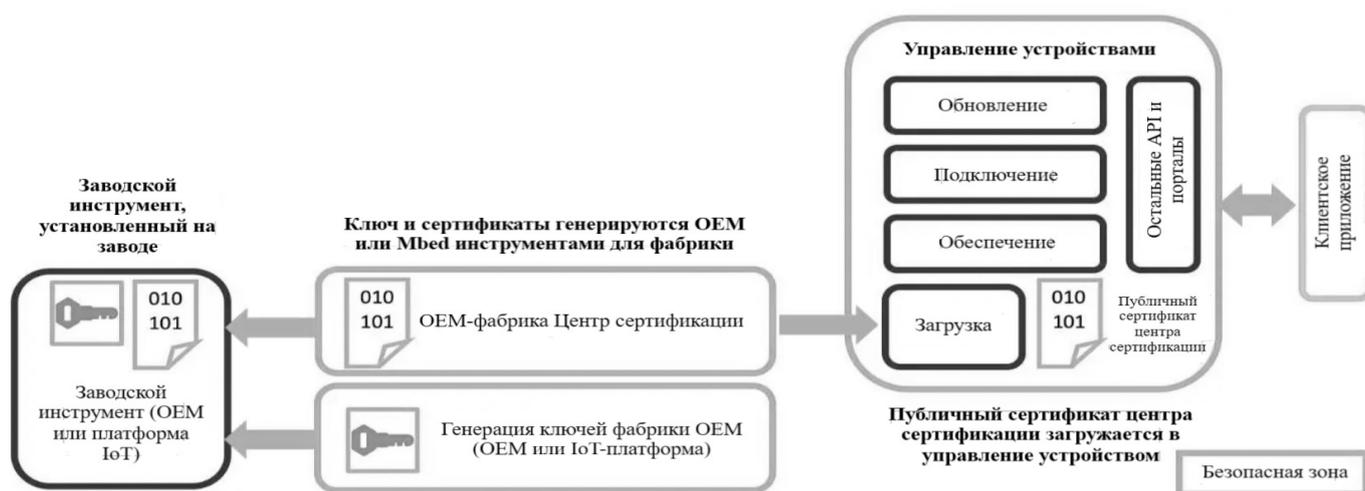


Рис. 2. Пример безопасной производственной линии изготовления «умного» счетчика

Корень доверия (ROT) представляет собой ряд функций в безопасном контуре, которому доверяет операционная система интеллектуального счетчика. Ввод учетных данных в одно устройство может снизить этот риск, но способность масштабировать этот процесс на миллионы устройств является ключевым фактором для поддержания баланса между эффективностью и безопасностью. Вопрос доверия фабрике становится еще более актуальным, если учесть, что коммунальные компании сами не являются производителями и часто передают производство на аутсорсинг OEM-производителям.

В данном случае доверие обеспечивается путем администрирования сертифицирующих центров, которые ссылаются на платформу IoT, загрузочный модуль и легкие серверы M2M (LwM2M). Ряд инструментов, предоставляемых поставщиком платформы IoT, предлагает линейный процесс настройки центра сертификации (ЦС), который гарантирует, что только счетчики, обладающие сертификатом, подписанным ЦС, и открытым ключом, могут установить соединение между устройством и его менеджером устройств. На рис. 2 представлен пример безопасного производства интеллектуального счетчика.

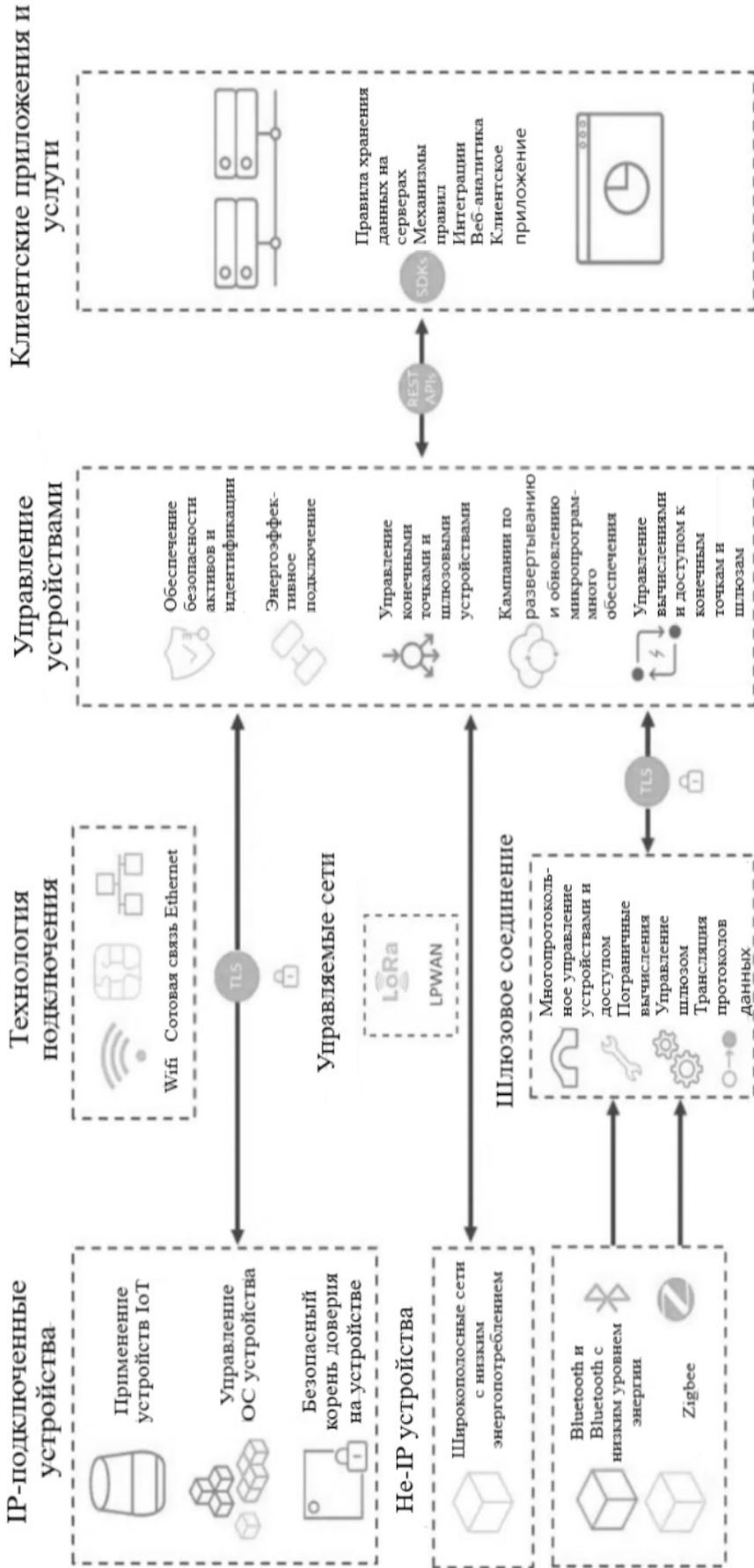


Рис. 3. Пример шифрования TLS от чипа к облаку

После того как ЦС настроен и связан с индивидуальной учетной записью производителя, заводская линия готова к массовому предоставлению устройств. Этот пятиэтапный процесс включает в себя: введение образа программного обеспечения; генерацию ключей устройства, сертификатов и параметров конфигурации; использование заводского инструмента для введения сгенерированных ключей, сертификатов и параметров конфигурации в устройство на производственной линии; применение менеджера конфигурации ключей и клиентского API фабричного конфигуратора (FCC) в устройстве для проверки информации; завершение процесса инициализации и блокировка кода FCC в производственном образе для обеспечения невозможности доступа к нему после инициализации.

2. Надежное соединение с сетью во время ввода в эксплуатацию. Поскольку на этапе производства производитель не имеет представления о том, где будет установлен интеллектуальный счетчик или с каким устройством он будет связан, очень важно, чтобы конечное соединение с сетью было надежным. Поэтому производителям и коммунальным компаниям следует использовать предварительные ключи (PSK), включающие список регистрации. PSK предоставляют как устройствам, так и платформе IoT общий ключ, который был надежно заложен в устройство и является самым базовым уровнем безопасности. Он считается базовым, поскольку существует риск, что учетные данные, переданные интеллектуальному счетчику при производстве, и конфиденциальный список учетных данных, хранящийся на серверах, могут быть скомпрометированы, в результате чего миллионы

счетчиков и данные пользователей окажутся незащищенными.

3. Безопасные коммуникации. Внедрение усовершенствованной инфраструктуры учета помогает коммунальным предприятиям автоматизировать мониторинг, выставление счетов, подключение и отключение. Это ожидаемый результат работы интеллектуальных счетчиков, сетей связи и систем управления данными, которые обеспечивают двустороннюю коммуникацию между поставщиками и клиентами. Этот дополнительный уровень связи, поддерживаемый низкой мощностью, дальностью действия и невысокой пропускной способностью, подвергает поставщиков коммунальных услуг дополнительному риску. Поэтому связь между устройством и платформой IoT, а затем веб-приложением поставщика коммунальных услуг должна защищаться с помощью стандарта TLS. На рис. 3 изображен пример шифрования TLS от чипа к облаку.

Таким образом, подводя итоги, отметим, что скорость и масштабы использования интеллектуальных систем учета энергоресурсов открывают значительные возможности для киберпреступников, поскольку вероятность атаки увеличивается с каждым развернутым устройством и каждым установленным обновлением. Для решения проблем с безопасностью целесообразно использовать платформу управления устройствами на базе IoT, которая может помочь создать надежную основу, которая пронизывает весь срок службы счетчика, способствуя оптимизированному масштабируемому развертыванию и обеспечивая защиту как коммунальных предприятий, так и их клиентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сергиенко В.Г. Концепция интеллектуальных сетей Smart Grid в электроэнергетике // КИП и автоматика: обслуживание и ремонт. 2020. № 8. С. 26–29.
2. Raggi, Livia M.R. Smart Metering in Distribution Systems: Evolution and Applications // Lecture notes in electrical engineering. 2022. Volume 826; pp 287–318.
3. Alemazkoor, Negin Smart-Meter Big Data for Load Forecasting: An Alternative Approach to Clustering // IEEE access: practical innovations, open solutions. 2022. Vol. 10; pp 8377–8387.
4. Commission Recommendation (EU) 2019/553 of 3 April 2019 on cybersecurity in the energy sector URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2019.096.01.0050.01.ENG&toc=OJ:L:2019:096:TOC
5. Xia, Xiaofang Detection Methods in Smart Meters for Electricity Thefts: A Survey // Proceedings of the IEEE. 2022. Volume 110: Number 2; pp 273–319.
6. Kumar, Dharmendra Roll-Out Strategy for Smooth Transition of Traditional Meters to Smart Meters // Lecture notes in electrical engineering. 2022. Volume 764; pp 287–294.

© Тошук Сергей Николаевич (toshchuk@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОПУСКА ШАГОВ ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Уляшев Артём Евгеньевич

Аспирант, Ухтинский государственный
технический университет, Ухта
artem.ulyashev@gmail.com

Старцев Андрей Эврикович

К. т. н., доцент, Ухтинский государственный
технический университет, Ухта
astarcev@ugtu.net

METHODS FOR DETERMINING LOSING STEPS OF A STEPPER MOTOR

**A. Ulyashev
A. Startsev**

Summary. When using stepper motors, the problem of skipping steps can occur. The essence of this problem is that when the control system sets the number of steps, for some reason the motor takes fewer steps. There are several reasons for this problem: driver failure in the motor control system, incorrectly set current in the motor phases, insufficient voltage in the motor windings, excessive load on the stepper motor shaft, high acceleration of the shaft, as well as the problem in the mechanical part — failure of gear or belt transmission. To solve this problem, angle sensors are used, which can detect a skipped step. The use of sensors with their control system increases the cost of the drive, as well as require additional space for their location. The task of the presented research is to determine the ways of skipping steps based on electric sensors, which are available to directly measure the coordinates of the stepper motor, through the use of its mathematical model. To solve the problem we used methods of mathematical modeling and experimental research. With the help of the mathematical model the equations were obtained, from which it is possible to judge the dynamics of the mechanical coordinates of the motor. As investigated parameters were considered the current in stator windings and the counter EMF generated during rotation of the rotor, which acts as a permanent magnet. The result of the study is the determination of parameters, which allow to register with a high degree of probability the skipping of steps by the motor.

Keywords: stepper motor, mathematical model, step loss.

Аннотация. При эксплуатации шаговых двигателей может возникать проблема пропуска шагов. Её суть заключается в том, что при заданном системой управления количестве шагов, двигатель по некоторым причинам делает меньшее число шагов. Причин возникновения данной проблемы несколько: неисправность драйвера в системе управления двигателем, неверно выставленный ток в фазах двигателя, недостаточное напряжение в обмотках двигателя, чрезмерная нагрузка на валу шагового двигателя, большие ускорения вала, а также проблема в механической части — неисправность редукторной передачи или ременной передачи. Для решения данной проблемы применяют угловые датчики, которые могут зафиксировать пропуск шага. Использование датчиков с их системой управления увеличивает стоимость привода, а также требует дополнительного места для их размещения. Задачей представленного исследования является определение способов пропуска шагов на основе электрических датчиков, которые являются доступными для непосредственного измерения координат шагового двигателя, посредством использования его математической модели. Для решения задачи использованы методы математического моделирования и экспериментального исследования. С помощью математической модели получены уравнения, из которых можно судить о динамике механических координат двигателя. В качестве исследуемых параметров рассматривалась сила тока в обмотках статора и противо-ЭДС, вырабатываемая при вращении ротора, который выступает постоянным магнитом. Результатом исследования является определение параметров, которые позволяют с высокой долей вероятности регистрировать пропуск шагов двигателем.

Ключевые слова: шаговый двигатель, математическая модель, пропуск шага.

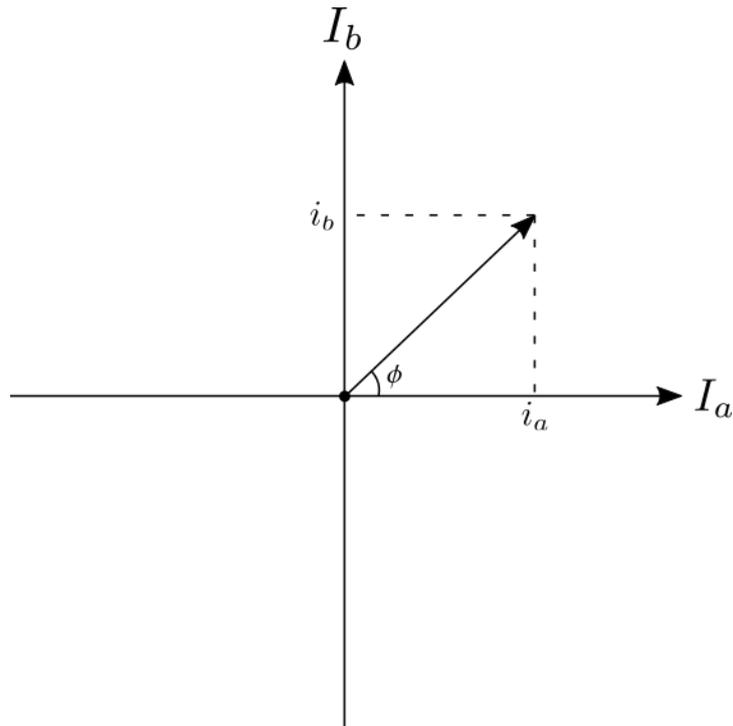


Рис. 1. Вектор тока фаз статора в принятой системе координат

Шаговый двигатель (ШД), в рамках решения научно-технических задач, может применяться в самых разнообразных направлениях. Его популярность обусловлена компактными размерами, небольшой мощностью и возможностью дискретно позиционировать приводимый объект.

Во время эксплуатации ШД возникает некоторый ряд проблем. К наиболее значимой из них относится проблема пропуска шагов. Представленное явление может возникать по причине некорректно подобранного источника питания, по причине наводок на линии сигналов управления, по причине превышения допустимого момента сопротивления и по многим иным причинам [1].

Проблема пропуска шагов устраняется с помощью датчиков углового положения вала ШД, что делает всю систему позиционирования более дорогостоящей и менее ремонтпригодной. Установка углового датчика положения требует дополнительного рабочего пространства, что сводит на нет одно из главных преимуществ шагового двигателя — его компактность [2].

Одним из существующих вариантов решения упомянутой выше проблемы выступает определение механических координат, на основании имеющихся данных об электрических координатах, которые могут быть рассчитаны по координатам, питающих ШД цепей,

на основе его математической модели. Результатом данной работы является определение соответствующих маркеров, по которым можно судить об аварийной работе двигателя.

Математическая модель гибридного шагового двигателя, с учетом взаимной индуктивности фаз обмоток статора, согласно [2] имеет следующий вид (1). Первые два уравнения описывают электрические процессы в ШД, третье и четвертое — увязывают электромагнитные процессы преобразования энергии электромагнитного поля с механическими координатами на валу.

$$\begin{cases}
 \left(L_a - \frac{M_{ab}}{L_b} \right) \cdot \frac{di_a}{dt} = U_a - i_a \cdot R + K_m \cdot \omega \cdot \sin(p \cdot \theta) - \\
 - \frac{M_{ab}}{L_b} \cdot (U_b - i_b \cdot R - K_m \cdot \omega \cdot \cos(p \cdot \theta)); \\
 \left(L_b - \frac{M_{ab}}{L_a} \right) \cdot \frac{di_b}{dt} = U_b - i_b \cdot R - K_m \cdot \omega \cdot \cos(p \cdot \theta) - \\
 - \frac{M_{ab}}{L_a} \cdot (U_a - i_a \cdot R + K_m \cdot \omega \cdot \sin(p \cdot \theta)); \\
 J \cdot \frac{d\omega}{dt} = - \left(\frac{E_{ga} \cdot i_a}{\omega} + \frac{E_{gb} \cdot i_b}{\omega} \right) + i_a \cdot i_b \cdot \frac{dM_{ab}}{d\theta} - B \cdot \omega - M_c; \\
 \frac{d\theta}{dt} = \omega.
 \end{cases} \quad (1)$$

Таблица 1.

Параметр	Значение
Индуктивность фазы обмотки статора	2,4 мГн
Активное сопротивление фазы обмотки статора	0,9 Ом
Постоянная двигателя	$0,4 \frac{Н \cdot м}{А}$
Число пар полюсов ротора	50
Момент инерции ротора	$28 \cdot 10^{-6} кг \cdot м^2$
Коэффициент вязкого трения подшипников	$5 \cdot 10^{-3} Н \cdot м \cdot с.$
Угол шага	1,8 град (200 шагов на оборот) .

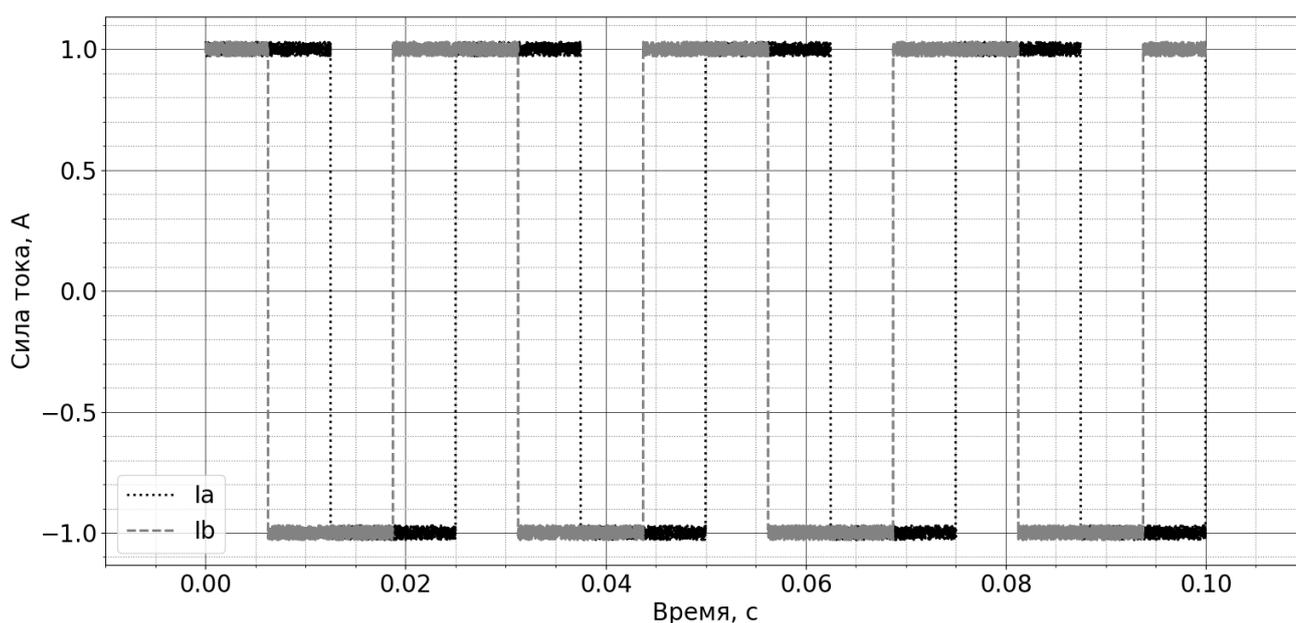


Рис. 2. Сила тока в обмотках шагового двигателя при частоте шага 160 Гц

где L — индуктивность фазы обмотки статора; i_a и i_b — сила тока в обмотке А и В соответственно; U_a и U_b — напряжение в обмотке А и В соответственно; R — активное сопротивление фазы обмотки статора; K_m — постоянная двигателя; ω — угловая скорость вращения вала; θ — угловое положение вала; p — число полюсов ротора; J — момент инерции ротора; B — коэффициент вязкого трения подшипников; E_{ga} и E_{gb} — противо-ЭДС фаз А и В соответственно; M_c — момент сопротивления на валу; M_{ab} — коэффициент взаимной индуктивности фаз статора [3].

На основании четырех координат (сила тока и противо-ЭДС обеих фаз), посредством применения электрических уравнений математической модели, получим соответствующие способы определения углового положения вала.

Примем следующую систему координат: по оси X откладывается сила тока фазы А, по оси Y — сила тока фазы В (рисунок 1).

В качестве переменной вектор тока рассмотрим тот, который определяется посредством следующей формулы:

$$\vec{i} = i_a \cdot \vec{i} + i_b \cdot \vec{j}$$

Величины i_a и i_b — скалярные значения силы тока фаз А и В.

На рисунке 2 проиллюстрирована полученная экспериментальным методом, зависимость силы тока в фазах А и В шагового двигателя от времени, при работе в полношаговом режиме.

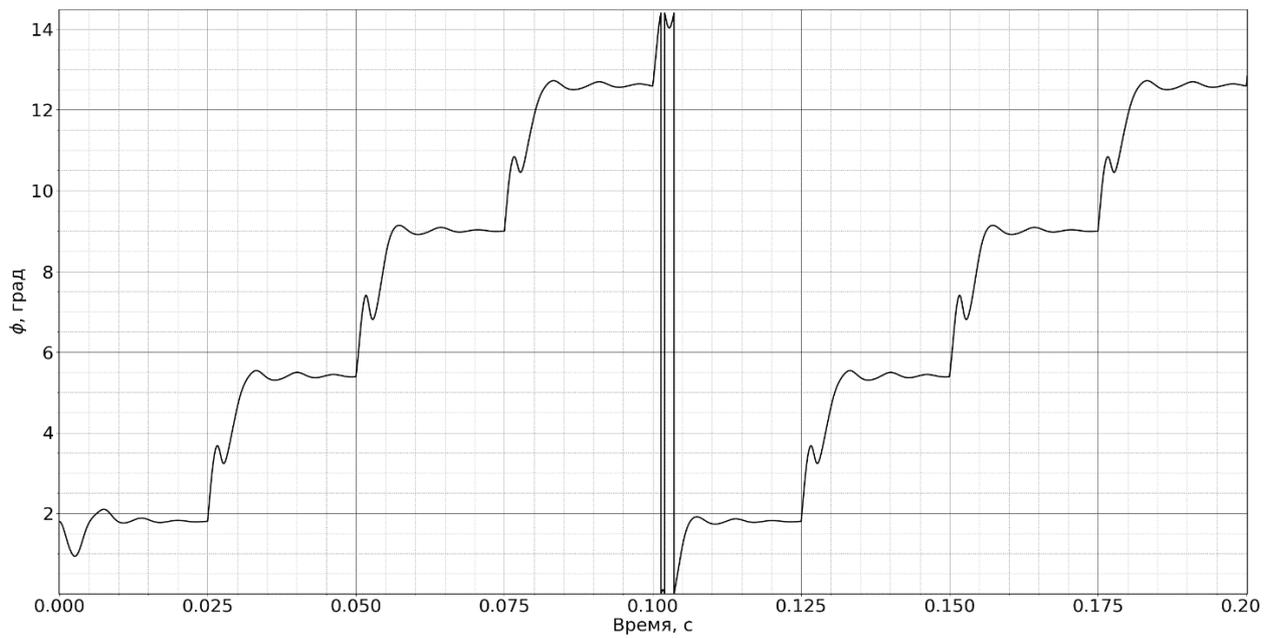


Рис. 3. Временная характеристика угла наклона ϕ вектора тока \vec{I} ШД при вращении в условно положительном направлении.

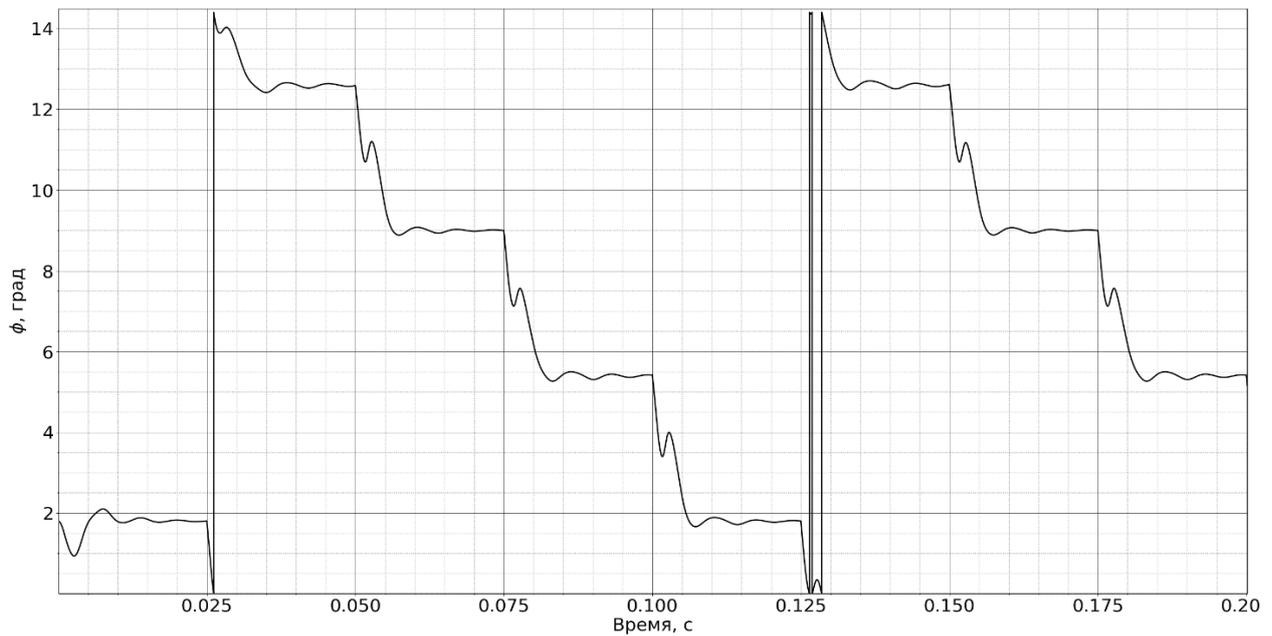


Рис. 4. Временная характеристика угла наклона ϕ вектора тока \vec{I} ШД при вращении в условно отрицательном направлении.

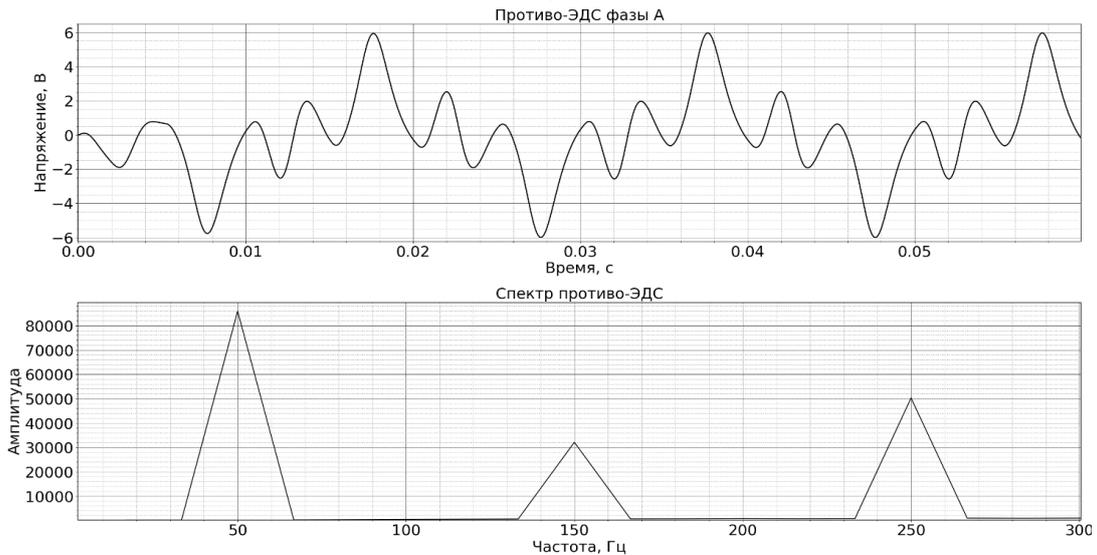


Рис. 5. Сигнал противо-ЭДС фазы А при частоте шагов 200 Гц и его спектр

Объект исследования — гибридный шаговый двигатель 57HS5630B4.

Динамика изменения угла наклона ϕ вектора тока \vec{I} к осям X и Y позволяет оценить корректность работы двигателя. Длина вектора равняется номинально заданному значению силы тока, если силы тока фаз изменяются в пределах от положительного до отрицательного номинального значения.

Угол наклона ϕ вектора тока к оси X будет изменяться при каждом шаге на 1.8 градуса (соответствует углу шага ШД), начиная, согласно формуле определения данного угла именно с 1.8 градусов:

$$\phi = \frac{1}{p_2} \cdot \arctg\left(\frac{i_b}{i_a}\right)$$

Величина $p_2 = p / 2$ — число пар полюсов ротора. Данный показатель обуславливается тем, что закон изменения силы тока каждой фазы соответствует прямоугольным импульсам, которые сдвинуты друг относительно друга на 90 градусов.

По угловым значениям вектора тока \vec{I} можно отслеживать последовательность сделанных шагов и их очередность. Так, при вращении двигателя в положительную сторону, угол наклона ϕ вектора тока будет изменяться от 1.8 до 7.2 градусов. Если угол изменяется от большего к меньшему, то вал двигателя вращается в отрицательном положении.

Результат моделирования работы шагового двигателя согласно математической модели (1) посредством метода решения дифференциальных уравнений Рун-

ге-Кутты 4-го порядка [4] при частоте шагов 40 Гц, представлен на рисунке 3. Моделирование проводилось на языке программирования Python.

Согласно рисунку 3, угол наклона вектора тока при повороте вала двигателя на один шаг изменяется по следующим углам: 1.8, 3.6, 5.4 и 7.2 градусов. При моделировании с теми же условиями, но при вращении вала двигателя в противоположную сторону, угол наклона вектора тока при повороте вала двигателя на один шаг изменяется от большего к меньшему, с шагом 1.8 градуса. Это позволяет оценить работоспособность, как самого двигателя, так и драйвера, который коммутирует обмотки двигателя в нужной последовательности.

Второй электрической величиной, по которой фиксировался пропуск шагов, выступает противо-ЭДС фаз [5]. Значение противо-ЭДС определялось посредством спектра напряжения в обмотках фаз. Сигнал противо-ЭДС, полученный при моделировании работы шагового двигателя, был подвергнут быстрому преобразованию Фурье (БПФ). Стоит отметить, что моделирование работы двигателя было выполнено при частоте шагов 200 Гц (рисунок 5).

Из уточненной математической модели ШД (1), противо-ЭДС фаз выражается следующим образом:

$$E_{ga} = -K_m \cdot \omega \cdot \sin(p \cdot \theta) + k \cdot K_m \cdot \omega \cdot \cos(p \cdot \theta),$$

$$E_{gb} = K_m \cdot \omega \cdot \cos(p \cdot \theta) + k \cdot K_m \cdot \omega \cdot \sin(p \cdot \theta),$$

где $k = \frac{M_{ab}}{L}$.

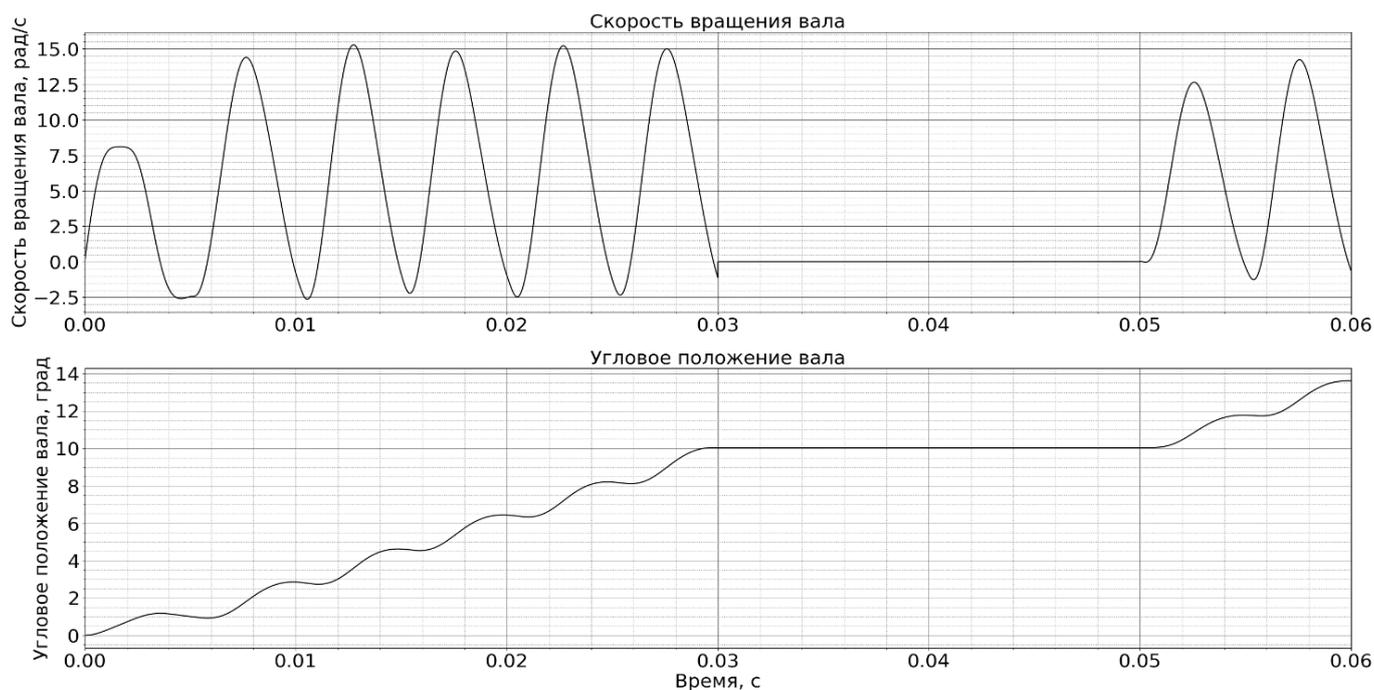


Рис. 6. Временная зависимость скорости и углового положения при работе ШД в режиме стопорения вала в течение 4-х шагов.

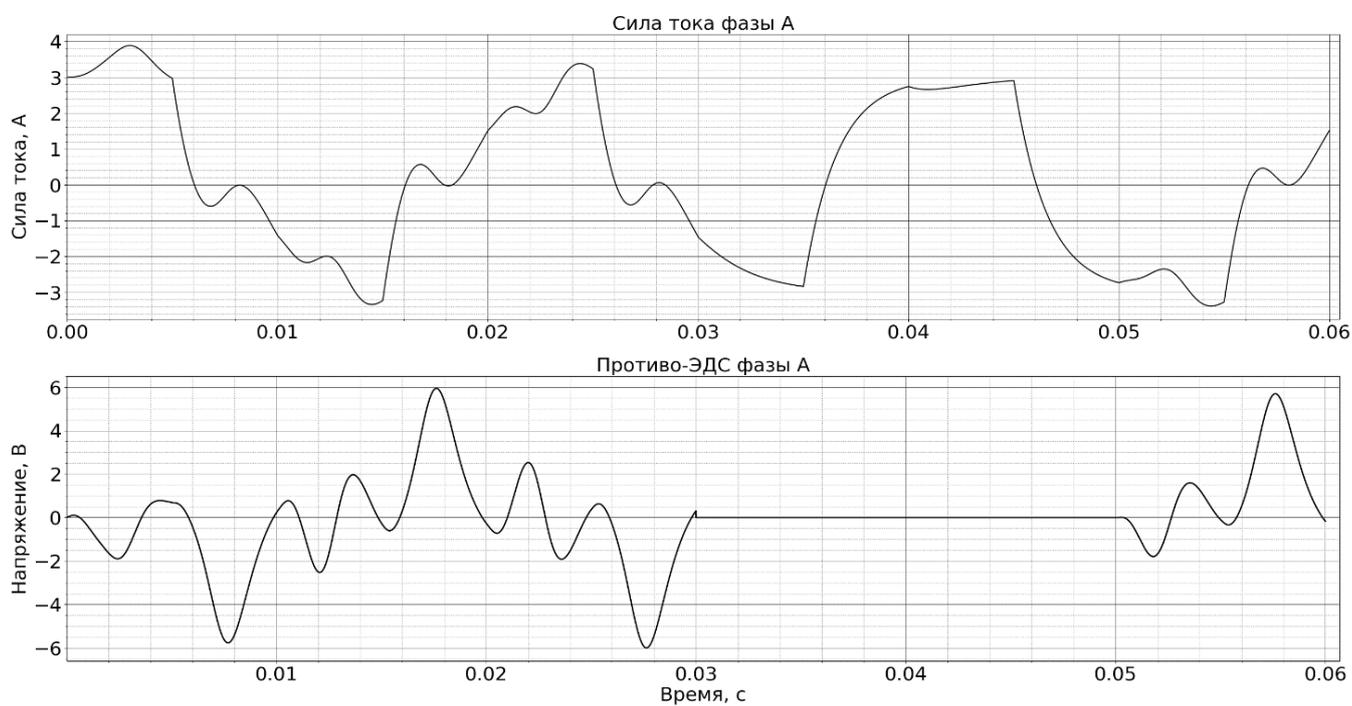


Рис. 7. Сила тока и противо-ЭДС фазы А при пропуске шагов

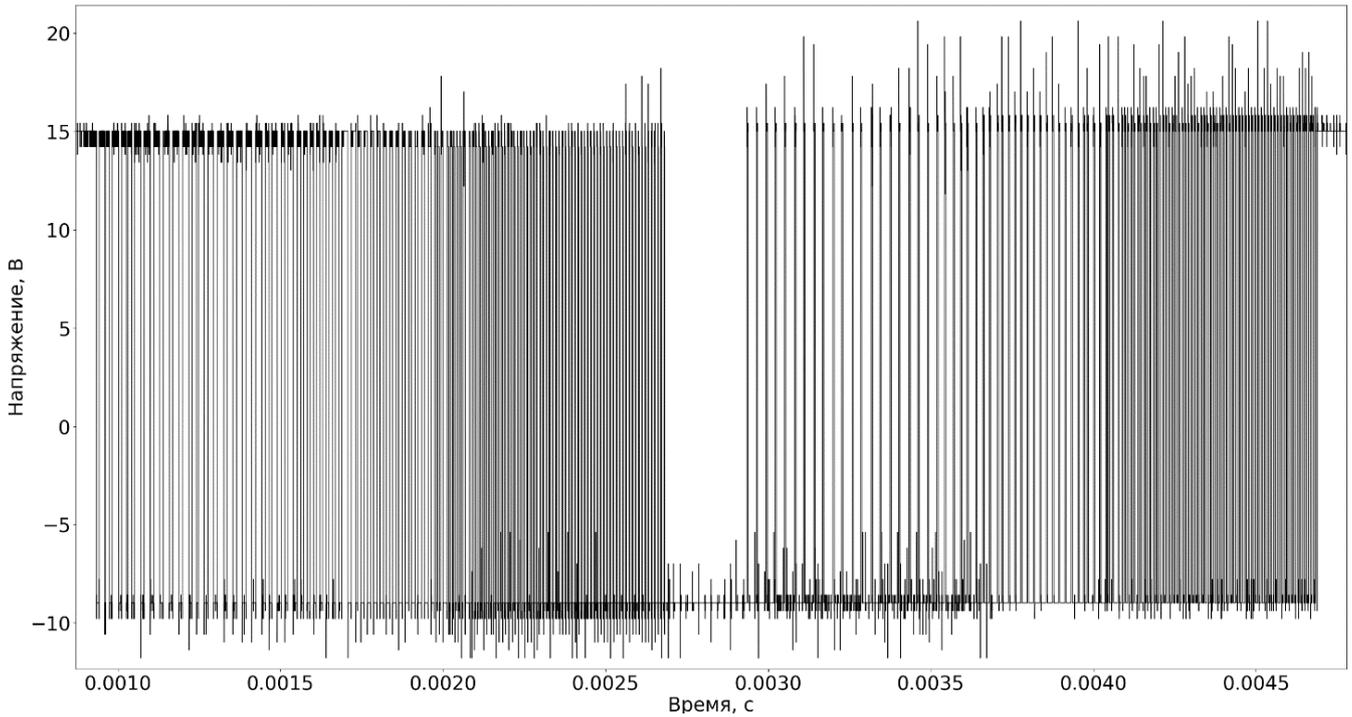


Рис. 8. Временная зависимость напряжения в фазе А ШД при частоте шагов 1000 Гц

При моделировании индуктивности обмоток фаз равными друг другу были приняты $L = L_a = L_b = 2,4$ мГн. При этом значение взаимной индуктивности было принято равным $M_{ab} = 0,24$ мГн.

Как видно из рисунка 5, частота основной гармоники противо-ЭДС равна 50 Гц, что в 4 раза меньше частоты управляющих импульсов. Зависимость между частотой противо-ЭДС и частотой управляющих импульсов выражается следующим соотношением [2, 3]:

$$f_{emf} = f_0 \cdot \frac{p}{N},$$

где f_{emf} — частота противо-ЭДС, f_0 — частота управляющих импульсов и N — число шагов на полный оборот вала. Следовательно, получаем следующее:

$$f_{emf} = \frac{f_0}{4}. \tag{2}$$

Так же в рассматриваемом спектре присутствуют 3-я и 5-я гармоники. Определив максимальную гармонику в спектре, возможно вычислить угловую скорость вращения вала ω . Взаимосвязь между основной (максимальной) гармоникой противо-ЭДС и угловой скоростью вращения вала двигателя выражается следующим соотношением:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{p} \cdot f_{max}$$

где f_{max} — максимальная частота в спектре противо-ЭДС.

При стопорении вала или пропуске шагов, противо-ЭДС не вырабатывается. Следовательно, низкочастотных составляющих в спектре напряжения в обмотках не будет. Таким образом, из спектра напряжения в обмотках двигателя можно извлечь гармоники, которые соответствуют сигналу противо-ЭДС. Это позволяет отслеживать моменты вращения двигателя, определять угловую скорость (в т.ч. и угловое положение вала двигателя), а также выявлять моменты остановки двигателя или пропуска шагов.

Для оценки предложенных способов определения углового положения вала ШД при пропуске шага было проведено математическое моделирование. В рамках данного моделирования, вал ШД был застопорен кратковременным увеличением момента сопротивления на длительность, равную длительности четырех шагов. На частоте шага, равной 200 Гц, эта длительность составила 5 мс для одного шага или 20 мс для 4 шагов. Временная зависимость скорости и углового положения при работе ШД, в описанном ранее режиме проиллюстрирована на рисунке 6.

Согласно представленному выше рисунку, можно сказать, что наблюдается момент стопорения вала по его скорости и угловому положению. Скорость, в мо-

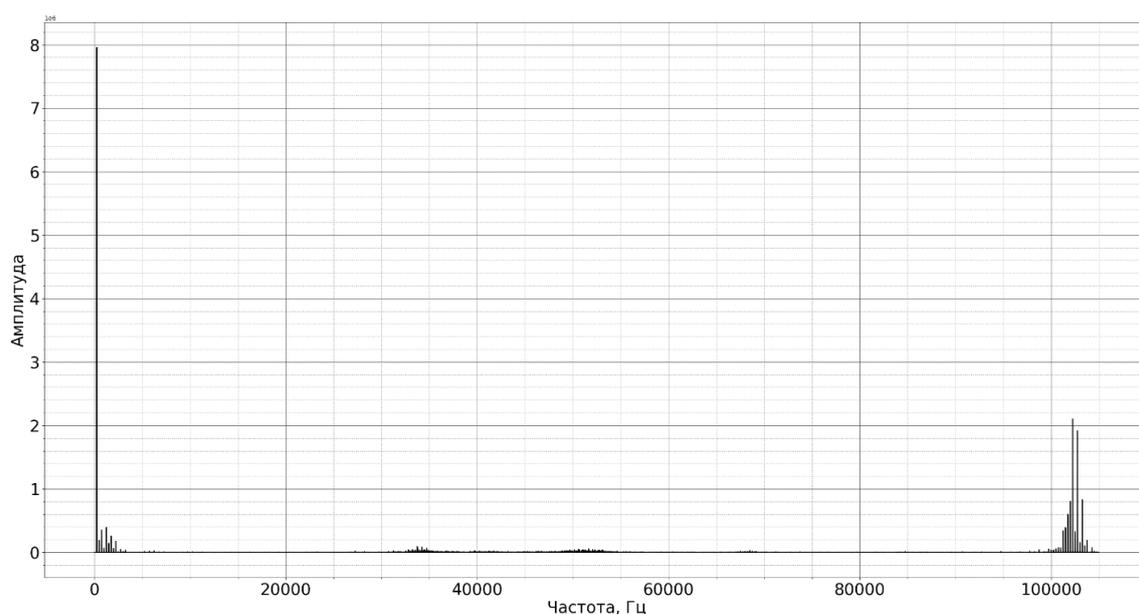


Рис. 9. Спектр напряжения в фазе А при частоте шагов 1000 Гц

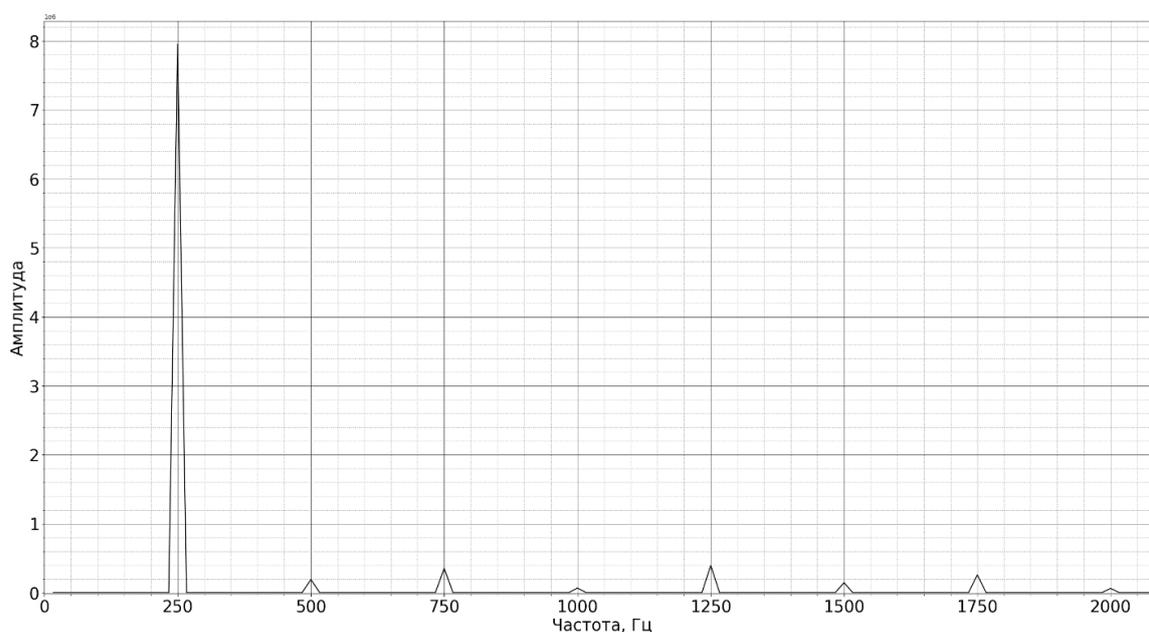


Рис. 10. Спектр напряжения в фазе А при частоте шагов 1000 Гц

мент стопорения равна 0 рад/с, а угловое положение остается неизменным.

В рамках проведения проверки наличия в спектре напряжения сигнала противо-ЭДС при пропуске шагов было проведено моделирование работы шагового двигателя с частотой шагов 200 Гц. На рисунке 7 проиллюстрирована сила тока и противо-ЭДС фазы А.

Согласно выше представленному рисунку видно, что интервал пропуска шагов наступил в диапазоне 0,03–0,05 секунды (стопорение вала). И в указанном интервале времени противо-ЭДС отсутствует. Очевидно, что в этом интервале времени, БПФ сигнала напряжения в обмотке не даст в спектре тех гармоник, которые соответствуют частотам противо-ЭДС. Данный признак представляется возможным использовать с целью уста-

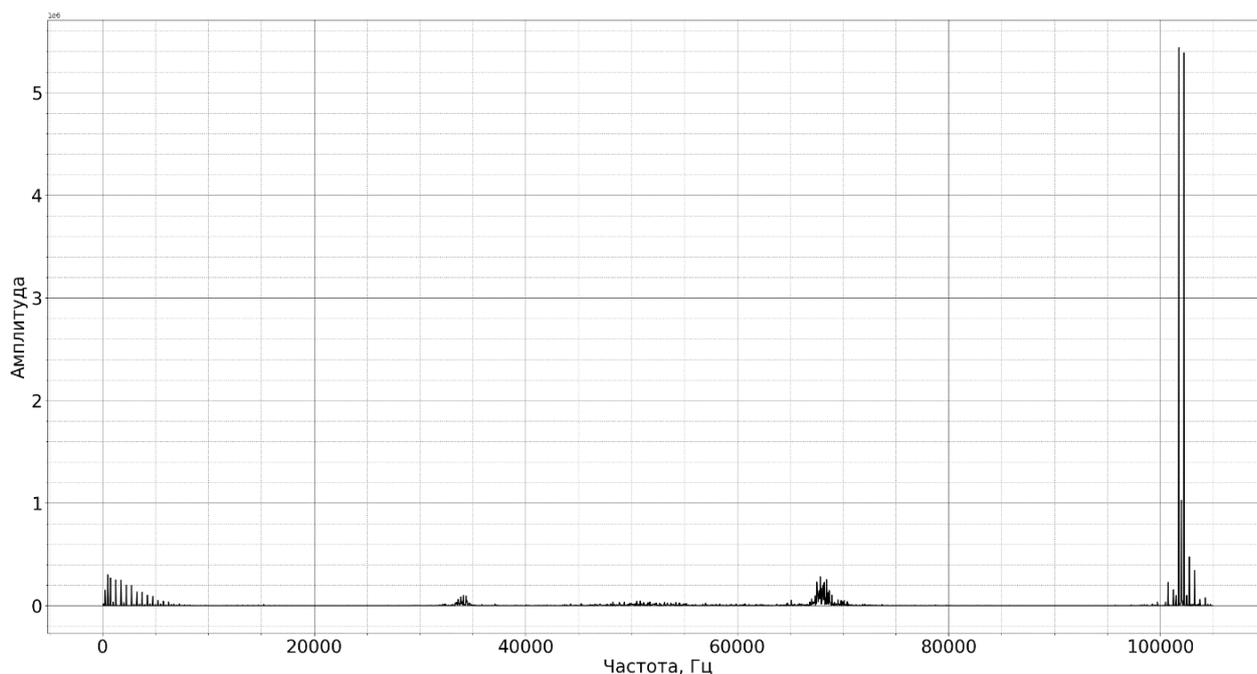


Рис. 11. Спектр напряжения в фазе А при частоте шагов 1000 Гц при пропуске шагов

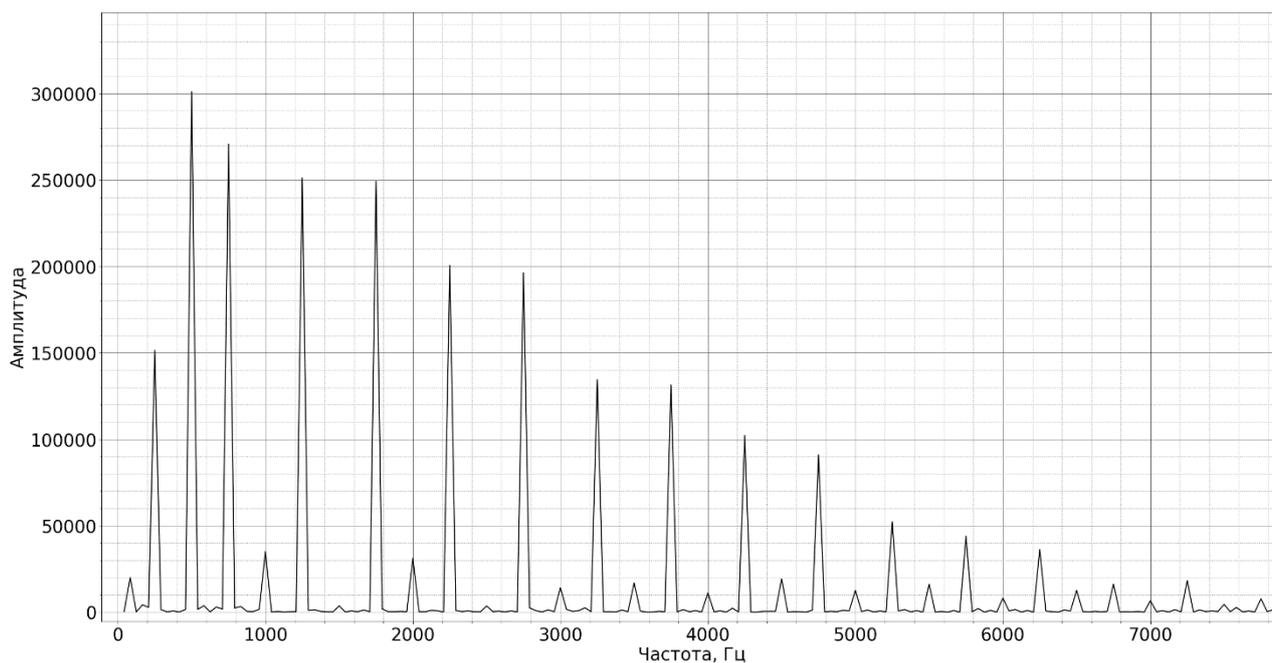


Рис. 12. Спектр напряжения в фазе А при частоте шагов 1000 Гц при пропуске шагов

новления пропуска шагов двигателя. Также согласно рассматриваемому графику, можно отметить, что при пропуске шага, сила тока не подвергается сильному искажению, поскольку противо-ЭДС перестает оказывать соответствующее влияние на форму силы тока.

Стоит отметить, что экспериментально была снята временная зависимость напряжения в обмотке шагового двигателя 57HS5630B4 при следующих режимах работы: нормальное функционирование двигателя, режим пропуска шагов, измерение при остановленном

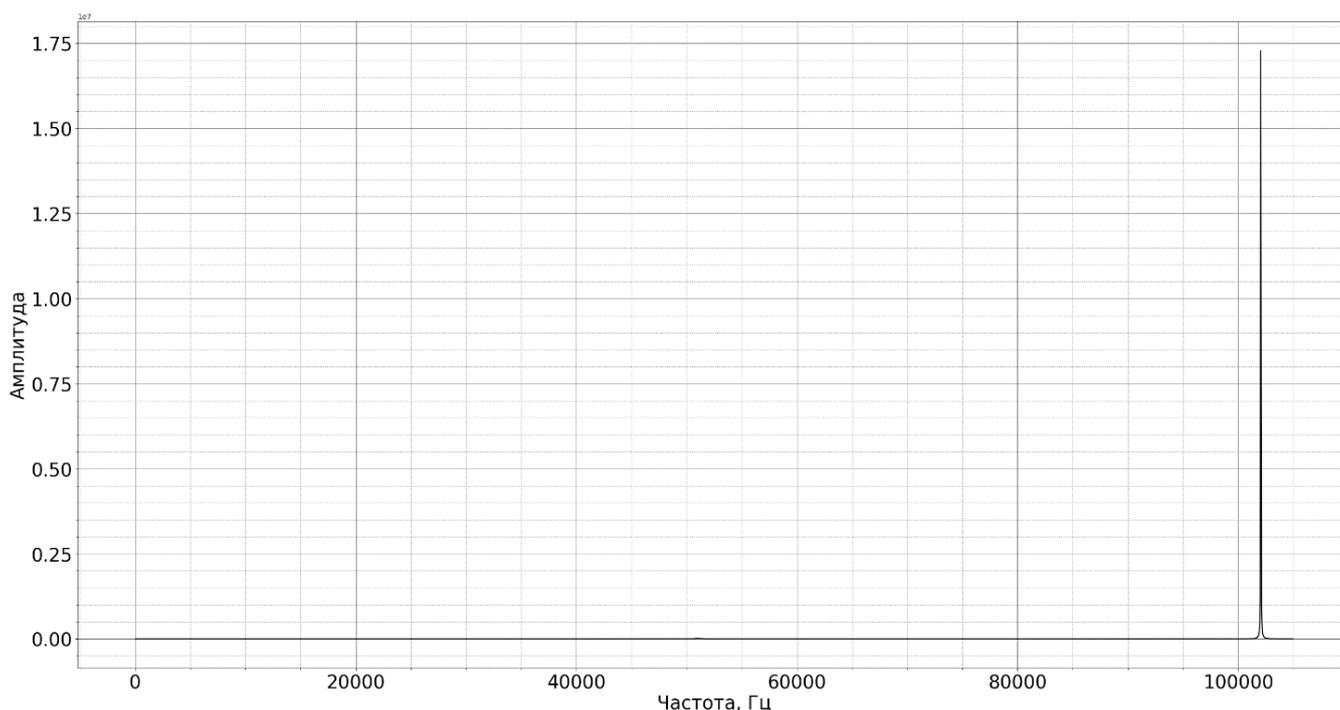


Рис. 13. Спектр напряжения в фазе А при стопорении ротора ШД

двигателе. На рисунке 8 представлен график напряжения в фазе А при частоте шагов 1000 Гц.

Напряжение представляет собой ШИМ-сигнал. Спектр этого напряжения проиллюстрирован на рисунке 9.

Согласно вышеуказанному рисунку, в спектре напряжения присутствуют гармоники несущей частоты ШИМ (102 кГц). Также в низкочастотной области (до 2 кГц) присутствуют гармоники противо-ЭДС.

Отдельно следует рассмотреть низкочастотную область спектра (рисунок 10).

Согласно рисунку 10, максимальную амплитуду имеет гармоника на частоте 250 Гц. Стоит отметить, что ее частота в 4 раза меньше частоты управляющих импульсов, что полностью согласуется с формулой (2).

Спектр напряжения в фазе А шагового двигателя при пропуске шагов представлен на рисунке 11.

В соответствии с вышеуказанным рисунком видно, что при пропуске шагов, гармоники в низкочастотной области спектра присутствуют, но их амплитуды значительно меньше, чем при нормальной работе двигателя. Эти гармоники соответствуют напряжению, которое возникает в обмотках при ШИМ-модуляции. При этом

частота изменения полярности указанного напряжения равна частоте генерируемой противо-ЭДС, но с амплитудой примерно в 250 раз меньше (для частоты шагов 1000 Гц). Отдельно следует рассмотреть низкочастотную область спектра (рисунок 12).

Согласно рисунку 12, следует отметить, что в данном случае, максимальная амплитуда гармоники при пропуске шагов соответствует частоте 500 Гц.

Рассмотрим напряжение в фазе А в режиме стопорения ротора ШД (рисунок 13).

В соответствии с рисунком 13, можно отметить, что при неподвижном роторе в спектре напряжений присутствует гармоника ШИМ-сигнала. Подчеркивается, что в низкочастотной области спектра гармоники отсутствуют.

Спектральный анализ напряжения в обмотках гибридного шагового двигателя позволяет оценить его работоспособность в проводимом эксперименте — нормальная работа двигателя, пропуск шагов и останов.

Следовательно, можно использовать значения вектора тока для уточнения соответствующей информации о величине тока, создаваемого драйвером, частоте импульсов в обмотках фаз, их наличия в обмотках,

наличия разницы в амплитудах импульсов на каждой из фаз. Введенный вектор тока позволяет оценить направление вращения вала. Подчеркивается, что спектр напряжения в обмотках можно использовать для определения угловой скорости вращения вала двигателя, а также его углового положения. Также спектр позволяет оценить работоспособность драйвера шагового двигателя по наличию частот, соответствующих широтно-импульсной модуляции.

ВЫВОДЫ

1. Электрические параметры ШД позволяют оценить его механические параметры.
2. Сила тока в обмотках шагового двигателя позволяет оценить работоспособность драйвера двигателя.
3. Спектральный анализ напряжения в обмотках двигателя несет информацию о противо-ЭДС и ШИМ-сигнале драйвера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кенио, Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления / Т. Кенио. — М.: Энергоатомиздат, 1987. 200 с.
2. Математическая модель гибридного шагового двигателя / А.Е. Уляшев, А.Э. Старцев, П.С. Шичёв // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». 2022. № 3. С. 90–102.
3. Chirila, A. On the model of a Hybrid Stepper Motor / A. Chirila, I. Deaconu, V. Navrapescu, M. Albu. In: Proc IEEE international conference on industrial electronics, 2008. P. 496–501.
4. Бахвалов, Н.С. Численные методы / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. — 6-е изд. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. 636 с.
5. Уляшев, А.Е. Исследование гармонического состава обратной электродвижущей силы шагового двигателя / А.Е. Уляшев, А.Э. Старцев. — Материалы XXII международной молодежной научной конференции «Севергеоэотех-2021» (17–19 марта 2021 года) — Ухта: УГТУ, 2021, С. 66–70.

© Уляшев Артём Евгеньевич (artem.ulyashev@gmail.com), Старцев Андрей Эврикович (astarcev@ugtu.net).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Ухтинский государственный технический университет

СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ ПОДБОРА ИМПЛАНТАТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ АУГМЕНТАЦИОННОЙ МАММОПЛАСТИКИ

OPTIMIZATION OF THE SELECTION OF IMPLANTS FOR AUGMENTATION MAMMOPLASTY

**D. Atamanov
V. Egorov**

Summary. Augmentation mammoplasty is the most popular aesthetic operation all over the world. The correct selection of the implant is of particular importance, and the variety of preoperative planning schemes indicates the absence of a unified approach and the complexity of this process. 20 groups of photographs were evaluated by respondents and according to the results aesthetically attractive ratios of the circumferences of the chest, waist and hips were calculated. Based on the data obtained, we developed the method to determine the required chest circumference at the level of the nipple and calculated the necessary increase in the height of the mammary gland cone, which can be used in selecting the implant projection height.

Keywords: augmentation mammoplasty, breast augmentation, silicone implant, breast implant selection.

Атаманов Дмитрий Константинович

Врач-ординатор, ФГАО ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»

dmi.atamanov@yandex.ru

Егоров Вадим Анатольевич

Д.м.н., заведующий отделением пластической хирургии ООО Лечебно-диагностический центр «АвисМед»

vadime899@mail.ru

Аннотация. Аугментационная маммопластика является самой популярной эстетической операцией в мире. Особую важность имеет правильный подбор имплантата, а разнообразие схем предоперационного планирования свидетельствует об отсутствии единого подхода и многогранности данного процесса. Путем оценки респондентами 20 групп фотографий были вычислены эстетически привлекательные соотношения длин окружностей груди, талии и бедер. На основании полученных данных разработан способ определения требуемой окружности грудной клетки на уровне соска и выполнен математический расчет необходимого увеличения высоты конуса молочной железы, что поможет в подборе необходимой для достижения оптимального результата высоты проекции имплантата.

Ключевые слова: аугментационная маммопластика, увеличение груди, силиконовый имплантат, подбор имплантата.

По данным ежегодного отчета Международного Общества Эстетической Пластической хирургии (ISAPS) за 2020 год в мире было выполнено более 1,6 млн. операций аугментационной маммопластики, что делает ее самой популярной эстетической операцией [1]. В случае увеличения молочной железы основным инструментом хирурга для достижения этой цели является силиконовый имплантат, отсюда можно сделать вывод о важности правильного подбора эндопротеза. Процесс аугментационной маммопластики включает в себя первичное консультирование пациента, предоперационное планирование и подбор имплантата, выполнение операции, послеоперационный уход. На этапе предоперационного планирования перед пластическим хирургом стоят следующие задачи: определение параметров имплантата (форма, объем, линейные размеры, текстура покрытия), выбор плоскости установки имплантата (под молочной железой или под большой грудной мышцей), выбор оперативного доступа (в инфрамаммарной складке, по нижнему краю ареолы, в аксиллярной области). Предпочтения паци-

ента также дополняют процесс принятия решения, однако не все пациентки, обращающиеся за аугментационной маммопластикой могут точно сформулировать пожелания относительно будущего объема и формы молочных желез.

Подбор оптимального имплантата для увеличения молочных желез является важнейшей частью предоперационного планирования [2–4]. На сегодняшний день предложено более 30 моделей и способов подбора имплантатов для аугментационной маммопластики [4]. Это и широко известные схемы, например, Body Logic, разработанная Hammond, биоразмерная система Tebbets, биометрическая система Heden (рис. 1).

В данных системах хирургического планирования основное внимание уделяется параметрам молочных желез и грудной стенки — расстояниям и размерам, форме, характеристикам тканей. Преимуществом такого подхода является анатомичность изменений, привносимых хирургом, а недостатком — снижение

ФИО пациента: _____ Дата: _____

Рост: _____ Вес: _____ Возраст: _____ Срок с момента окончания лактации: _____

Правая

текущее	желаемое
1 _____	_____
2 _____	_____
3 _____	_____
4 _____	_____

Толщина покровных тканей: _____

АРТИКУЛ ИМПЛАНТАТА _____

Левая

текущее	желаемое
1 _____	_____
2 _____	_____
3 _____	_____
4 _____	_____

Толщина покровных тканей: _____

АРТИКУЛ ИМПЛАНТАТА _____

Межгрудное расстояние: _____

Обхват под грудью: _____

Оценка качества собственных тканей: _____

Наличие фиброаденом и кист: _____

Дата операции: _____

Объем операции: _____

Доступ: Инфрамаммарный Периларевлярный Аксиллярный Другой _____

Способ установки: Под железу Под мышцу В двойной плоскости

Комментарий: _____

Рис. 1. Пример системы предоперационного планирования.

значимости предпочтений пациентки. В системах планирования, где наоборот доминируют предпочтения женщины в выборе имплантата, решения могут привести к краткосрочному удовлетворению пациентки с более высоким риском таких осложнений как атрофия ткани молочных желез, птоз и контурирование имплантатов в отдаленном периоде [4, 5]. Довольно часто применяется на практике методика предоперационного планирования с использованием наружных сайзеров (изделий, имитирующих силиконовые имплантаты), помещаемых в белье с целью приблизительного определения желаемого пациенткой объема имплантата. Однако по данным Wan с соавторами при использовании данной методики подбора 21% пациенток указали, что послеоперационный размер молочных желез оказался меньше, чем на этапе планирования [6]. Авторы связывают это со смещением наружным сайзером собственной ткани молочной железы кверху, что ведет

к завышенным ожиданиям от применения имплантата выбранного объема [6]. Некоторые авторы в своих схемах подбора имплантатов делают акцент на антропометрические данные пациенток, например, установлена зависимость высоты эндопротеза от роста женщины [7]. Mallucci и Branford определили четыре основные характеристики формы молочных желез, позволяющие назвать грудь привлекательной: 1. соотношение 45:55 (на верхний полюс приходится 45% объема молочной железы, на нижний — 55%), 2. сосок расположен посередине между верхним и нижним полюсом и направлен на 20° кверху, 3. контур верхнего полюса представлен прямой или слегка вогнутой линией, 4. нижний полюс молочной железы представляет собой ровную закругленную кривую [8]. Raposio с соавторами предположили, что пластические хирурги не должны фокусироваться только на размере молочных желез, но также следует рассматривать соотношение молочных желез



Рис. 2. Дизайн исследования.

и всего тела в целом, чтобы оправдать ожидания пациента [9]. Мы полагаем, что при оценке эстетики женской груди не следует ограничиваться только параметрами молочных желез и грудной стенки. Оптимальным является оценка соотношения трех величин: длины окружности грудной клетки на уровне сосково-ареолярного комплекса (САК), длины окружности талии и длины окружности бедер. Именно диспропорция этих величин приводит пациента к пластическому хирургу.

Цель исследования

Улучшение прогнозирования результатов операций аугментационной маммопластики.

Материалы и методы

Отбор участников исследования проводился среди пациенток, обратившихся в клинику ООО ЛДЦ «АвисМед» (г. Новосибирск) для выполнения операции аугментационной маммопластики. Методом случайной последовательной выборки было выбрано 50 человек женского пола от 18 до 50 лет (медиана возраста составила 32 года) с однотипным эстетическим недостатком молочных желез (гипомастия без других дефектов). Пациенты дали письменное информированное согласие на участие в исследовании.

В ходе исследования каждой пациентке в предоперационном периоде выполнялись следующие из-

мерения молочных желез: ширина основания молочной железы, расстояние от соска до субмаммарной складки в натяжении. Также выполнялись измерения антропометрических параметров пациенток (длина окружности груди на уровне сосково-ареолярного комплекса, длина окружности талии и длина окружности бедер) в предоперационном периоде, на следующие сутки и через месяц после операции. На каждую пациентку заводилась индивидуальная тематическая карта, куда вносились полученные антропометрические данные, возраст, параметры установленного имплантата.

В послеоперационном периоде (через 1 месяц после операции) выполнялось обезличенное фотографирование пациенток в трех стандартных проекциях — прямой и двух боковых. Случайным образом из общей выборки были отобраны фотографии 20 человек (рис. 3).

Далее 30 случайным респондентам было предложено оценить группы фотографий женщин по шкале от 1 до 10 баллов (от худшего к лучшему соответственно) в категории “наибольшее соответствие современному эталону красоты”. Респондентам для оценки было предложено 20 групп фотографий, то есть фотографии 20 пациенток в 3 проекциях. Максимальное количество баллов, которые могли получить участники исследования составило 300 баллов. Данные обрабатывались с использованием Пакета анализа Microsoft Excel для Office 365.

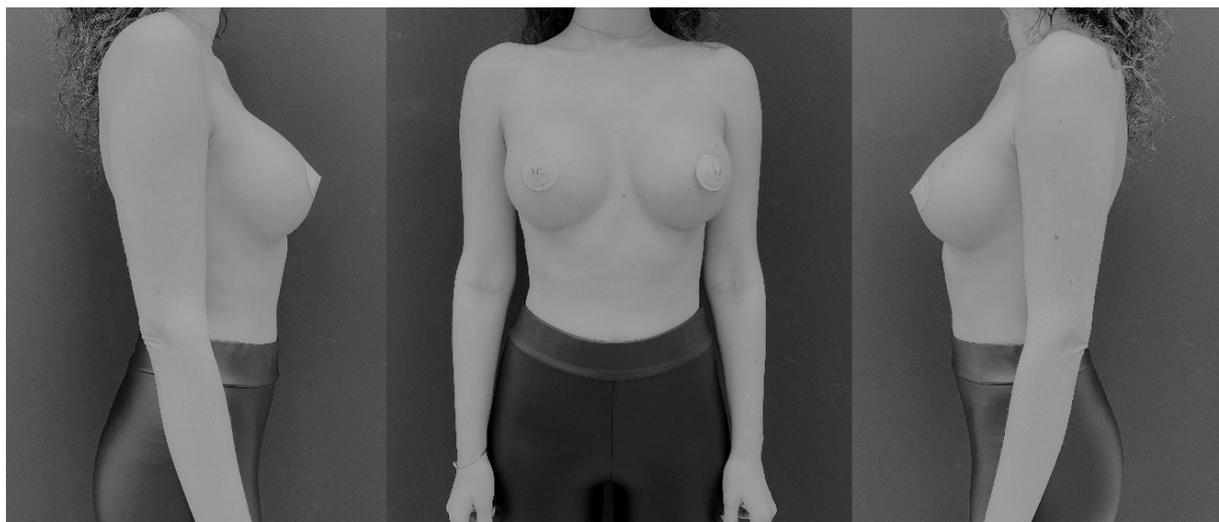


Рис. 3. Пример группы фотографий для оценки респондентами.

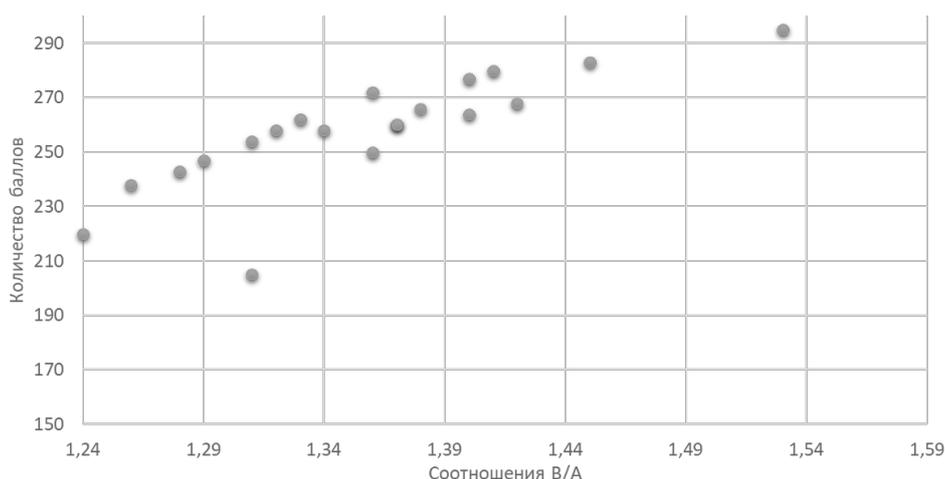


Рис. 4. Распределение исследуемых объектов в зависимости от балльно-рейтинговой оценки результатов и полученных пропорций В/А, где В — длина окружности груди на уровне сосково-ареолярного комплекса, А — длина окружности талии.

В результате балльно-рейтинговой оценки исследуемых групп фотографий среднее значение полученных результатов составило $250,4 \pm 20,42$ баллов. Нормальность распределения выборки мы оценили с помощью критерия Шапиро-Уилка ($p > 0,05$). 15 групп фотографий набрало свыше 250 баллов, 5 групп — меньше.

С целью оценки связи между полученными в результате анкетирования баллами и соотношением длины окружности груди на уровне сосково-ареолярного комплекса (В) к длине окружности талии (А) была использована прямоугольная система координат с осями, которые соответствуют обоим переменным (рис. 4).

Было вычислено среднее значение данного соотношения, которое составило $1,41 \pm 0,05$. Аналогичным способом была дана оценка связи между полученными в результате анкетирования баллами и соотношениями длины окружности бедер (С) к длине окружности груди (В). Среднее значение соотношения составило $1,03 \pm 0,05$. С целью удобства дальнейших вычислений мы округлили полученные значения до десятых — 1,4 и 1,0 соответственно. Проанализировав полученные данные, мы вывели формулу расчета оптимальных с точки зрения эстетики антропометрических параметров: $V = 1,4 * A$; $V = 1,0 * C$, где А — длина окружности талии, В — длина окружности груди на уровне соско-

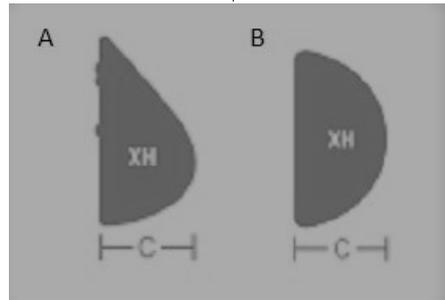


Рис. 5. Высота проекции (параметр С) анатомического (А) и круглого (В) имплантатов.

во-ареолярного комплекса, С — длина окружности бедер.

Для практического применения полученных данных нами была разработана формула расчета показателя прироста высоты конуса молочной железы в точке ее максимальной проекции на уровне сосково-ареолярного комплекса. В качестве основы для нашей формулы была взята формула, разработанная совместно с ведущим научным сотрудником института вычислительных технологий СО РАН, доктором физико-математических наук Медведевым Сергеем Борисовичем, для расчета показателя прироста поперечного размера в точке максимальной проекции внутренней поверхности голени для коррекции дефицита контура мягких тканей внутренней поверхности [10]. Был вычислен показатель прироста высоты конуса молочной железы. Зная фактическую длину окружности груди на уровне САК, а также эстетически оптимальную длину окружности груди на уровне САК, которую можно вычислить согласно нашей формуле расчета оптимальных с точки зрения эстетики антропометрических параметров (по отношению к длине окружности талии или бедер), мы можем вычислить необходимый показатель прироста:

$$h = \frac{2L_2 \Delta L}{\pi(4 + L_2 - \Delta L)}$$

где h — показатель прироста высоты конуса молочной железы, L_1 — эстетически оптимальная длина окружности груди на уровне САК, L_2 — фактическая длина окружности груди на уровне САК, $\Delta L = L_1 - L_2$, $\pi \approx 3,14$.

Данная формула расчета показателя прироста высоты конуса молочной железы была применена у 50 пациенток исследуемой группы. За значение параметра L_1 принималась длина окружности груди на уровне САК через 1 месяц после операции, L_2 — фактическая длина окружности груди на уровне САК до операции. В каждом случае полученное значение h мы сравнивали с числовым значением высоты проекции установленного имплантата.

Проекция (параметр С) имплантата (рис. 5) — расстояние от основания до точки максимальной проекции имплантата. Для исследования взаимосвязи полученных значений рассчитывали коэффициент корреляции Пирсона. Коэффициент корреляции r составил 0,71 ($p < 0,01$), что соответствует высокой силе связи по шкале Чеддока. Таким образом установлена статистически значимая прямая высокая зависимость между показателем прироста высоты конуса молочной железы и числовым значением высоты проекции установленного имплантата.

Обсуждение результатов

Целью нашей работы было улучшение прогнозирования результатов операций аугментационной маммопластики. Понятие эстетики молочных желез относительное и различается внутри разных этнических групп — авторами описаны межкультурные различия в восприятии привлекательности женского тела [9]. Следует отметить влияние социокультурных факторов на пожелания пациентов, обратившихся за аугментационной маммопластикой, таких как социальные сети, СМИ, тенденции моды. Как отмечают Hsia и Thomson, пластические хирурги и пациенты, желающие увеличить грудь, могут иметь совершенно разные представления о том, что представляет собой привлекательная, естественная и идеальная форма груди [11]. По нашему опыту, эстетику молочных желез следует оценивать в комплексе с талией и бедрами. Оптимальным является оценка соотношения трех величин: длины окружности груди на уровне САК, длины окружности талии и длины окружности бедер. В результате анализа данных, полученных при исследовании оптимальных эстетических пропорций груди, талии и бедер, была выведена формула расчета оптимальных с точки зрения эстетики антропометрических параметров. Следует отметить, что данная формула не является абсолютным показателем стандарта, она не учитывает всех анатомических особенностей пациента. Например, при чрезмерной длине окружности талии или бедер невозможно соответствовать данным показателям, иначе результат аугментаци-

онной маммопластики будет неудовлетворительным. Тем не менее, при планировании операции, подборе имплантата следует ориентироваться на стандарты с целью получения оптимального эстетического результата. На практике выведенные формулы помогают при подборе имплантатов молочных желез при выполнении аугментационной маммопластики, с их помощью

можно рассчитать показатель прироста высоты конуса молочной железы, который может помочь в подборе высоты проекции имплантата. Формула не будет стандартизировать подбор эндопротеза, так как она не учитывает многих факторов, она является одним из инструментов комплексной оценки и планирования операции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Surgery ISoAP. 2021 ISAPS International survey on aesthetic/cosmetic procedures performed in 2020. 2021.
2. Coombs DM, Grover R, Prassinis A, Gurunluoglu R. Breast augmentation surgery: Clinical considerations. *Cleve Clin J Med*. 2019 Feb;86 (2):111–122. doi:10.3949/ccjm.86a.18017.
3. Charles-de-Sá, L., de Aguiar Valladão, T., Vieira, D.M.L., & Aboudib, J.H. (2020). Anthropometric Aspects in the Breast Augmentation. *Aesthetic Plastic Surgery*. doi:10.1007/s00266-020-01853-5.
4. Adams, W.P., & Mckee, D. (2016). Matching the Implant to the Breast. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 138 (5), 987–994. doi:10.1097/prs.0000000000002623.
5. Wan, D., & Rohrich, R.J. (2018). Modern Primary Breast Augmentation. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 142 (6), 933e–946e. doi:10.1097/prs.0000000000005050.
6. Выбор имплантатов для увеличивающей маммопластики / О.Б. Добрякова, В.А. Аршакян, Б.С. Добряков, В.С. Гулев // *Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии*. — 2012. — № 3. — С. 72–77.
7. Mallucci P, Branford OA. Concepts in aesthetic breast dimensions: analysis of the ideal breast. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2012 Jan;65 (1):8–16. doi: 10.1016/j.bjps.2011.08.006.
8. Raposio, E., Belgrano, V., Santi, P., & Chiorri, C. (2016). Which is the Ideal Breast Size? *Annals of Plastic Surgery*, 76 (3), 340–345. doi:10.1097/sap.0000000000000471.
9. Савельев Е.И. Выбор метода хирургического лечения ложной кривизны голени: диссертация ... кандидата Медицинских наук: 14.01.17 / Савельев Евгений Игоревич; [Место защиты: ФГБОУ ВО Новосибирский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации], 2017. — 105 с.
10. Hsia HC, Thomson JG. Differences in breast shape preferences between plastic surgeons and patients seeking breast augmentation. *Plast Reconstr Surg*. 2003; 112:312–320.

© Атаманов Дмитрий Константинович (dmi.atamanov@yandex.ru), Егоров Вадим Анатольевич (vadime899@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОГО СТРЕССОВОГО РАССТРОЙСТВА У ЛИЦ, УЧАСТВУЮЩИХ В БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЯХ

FEATURES OF THE MANIFESTATION OF POST-TRAUMATIC STRESS DISORDER IN PERSONS PARTICIPATING IN MILITARY FIGHTING

**S. Barylnik
A. Barkova**

Summary. In the last decade, interest in the problem of the influence of stress and its consequences on the individual has increased significantly. The article is devoted to a theoretical analysis of post-traumatic disorder, its etiology, pathogenesis, factors and conditions on which the occurrence of this syndrome depends, and also describes the types of PTSD and their duration. The psychological features of the manifestation of PTSD in persons who took part in hostilities were analyzed separately. As a result of the systematization of current research, the main approaches to therapy were identified.

Keywords: PTSD, stressor, anxiety, fighting.

Барыльник Софья Николаевна

ФГБОУ ВО Саратовского ГМУ им. В.И. Разумовского
Минздрава РФ
sbarylnik@yandex.ru

Баркова Ангелина Олеговна

ФГБОУ ВО Саратовского ГМУ им. В.И. Разумовского
Минздрава РФ
Angelina.Barkova2013@yandex.ru

Аннотация. В последнее десятилетие существенно усилился интерес к проблеме влияния стресса и его последствий на индивида. Статья посвящена теоретическому анализу посттравматического расстройства, его этиологии, патогенеза, факторов и условий, от которых зависит возникновение данного синдрома, а также описаны типы ПТСР и их продолжительность. Были отдельно проанализированы психологические особенности проявления ПТСР у лиц, принимавших участие в боевых действиях. В результате систематизации актуальных исследований были выделены основные подходы к терапии.

Ключевые слова: ПТСР, стрессор, тревожность, боевые действия.

В настоящее время вопрос психологического здоровья стоит достаточно остро. Чрезвычайные ситуации становятся фактом повседневной жизни. Наиболее значимыми по частоте и тяжести психологических и психиатрических последствий являются чрезвычайные ситуации, связанные с боевыми действиями, экономическим кризисом, природными техногенными катастрофами, транспортными происшествиями и насилием [5, с. 9]. События последних лет в истории России повысили востребованность практической психологии и психотерапии. Пандемия и специальная военная операция во многих случаях являются причиной посттравматического стрессового расстройства. [7, с. 47] ПТСР является экстремальным вызовом для личности, связанным с неординарным резким выходом за пределы нормы привычных действий и операций и переживанием шока. Эти осложнения невозможно оставить без внимания, так как они еще долго преследуют человека и его окружение в условиях спокойной и мирной жизни.

Перед рассмотрением различных изменений в самой личности, а также и в психике человека, подвергшегося ПТСР, стоит сначала обратить внимание на эти-

ологию расстройства. Посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР) — тяжёлое психическое состояние, возникающее в результате единичного или повторяющихся событий, оказывающих сверхмощное негативное воздействие на психику индивида. В результате анализа и накопленного за последние годы большого клинического опыта по психическим расстройствам, после выраженного стрессового воздействия установлено, что у пострадавших есть ряд общих и повторяющихся симптомов, имеющих специфические черты. Посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР) — это одно из наиболее распространенных психопатологических последствий эмоциональной травмы [2, с. 363]

Обращаясь к истории, симптомы посттравматических стрессовых расстройств были описаны еще в глубокой древности, начиная с описания различных крестовых походов, где отмечается появление у людей, ранее не свойственного им поведения. Хирурги армии Наполеона охарактеризовали состояние ступора у солдат, рядом с которыми пролетело пушечное ядро как «синдром ветра от пушечного ядра». Первое описание симптоматики расстройства сделано врачом Якобом

да Коста в период гражданской войны в Америке, внимание тогда привлекли кардиологические нарушения, и их состояние обозначили как «солдатское сердце». Во время Первой мировой войны данное расстройство получило название «снарядного шока», по предположению исследователей он был связан с получением военным черепно-мозговой травмы. Затем были выявлены сходства в проявлении расстройств после военной психологической травмы и состоянием жертв природных катаклизмов. Н.Н. Баженовым в 1914 году, в обоих вариантах за первоначальным смятением следовали эмоциональная лабильность, безразличие к собственной жизни и будущему, а также повышенная раздражительность. Активное изучение последствий психотравмы проводилась во время Второй мировой войны. В период Великой Отечественной войны для обозначения ПТСР использовалось большое количество диагностических формулировок, таких как «экзогенная реакция», «реактивное состояние», «реактивный психоз», «реактоз», «реактивная неврастения», «неврастеническая реакция», «истеро-травма», «реактивный невроз», «функциональный невроз», «персоналеневроз», «травматическая неврастения», «травматическая психастения», «невротические психогенные реактивные состояния». [8, с. 150] На основании исследований послевоенной адаптации ветеранов Великой Отечественной войны отечественными учеными был сделан вывод о возможности длительного сохранения последствий психотравмирующего воздействия войны (В.А. Гиляровский (1946), И.Н. Введенский (1948), Е.К. Краснушкин (1948), Е.М. Холодовская (1948 г.) и др.). И только в 1987 году Гилл Стракер ввёл термин «травматическое расстройство в результате продолжительного стресса», называемое также «продолжительным посттравматическим стрессовым расстройством», для обозначения постоянного воздействия на психику людей высокого уровня насилия, конфликтов и политических репрессий. Приобретению известности в обществе данного расстройства способствовало последующее изучение биохимических изменений и функционально-структурных изменений нервной системы посредством нейровизуализации в 80 -х годах 20 века. На самом деле до введения этих нозологических единиц в классификаторы болезней, это расстройство также отмечалось и относилось к психогении, описывалось как подобное различным психопатологическим синдромам, но всегда выделялась таковая его особенность, как обратимость, т.е. излечимость.

В 2018 году ВОЗ представила МКБ-11, в редакцию которой вошло не только ПТСР, но и КПТСР (комплексное посттравматическое стрессовое расстройство), являющееся последствием пролонгированной травмы и включающее, помимо симптомов ПТСР, такие нарушения, как эмоциональная дисрегуляция, нарушения

самовосприятия, нарушения в отношениях, соматический дистресс, диссоциация и изменения в смысловой сфере.

Выделяют несколько типов ПТСР. Основными являются четыре из них:

- ◆ Тревожный тип характеризуется высоким уровнем соматической и психической тревоги, раздражительностью и напряженностью, а также тревожными мыслями о своем состоянии.
- ◆ Астенический тип характерен доминированием чувства вялости и слабости, безразличием к событиям, которые интересовали раньше, пассивностью, равнодушным отношением к людям и к своей профессиональной деятельности. В сознании доминируют мысли о собственной несостоятельности.
- ◆ Дисфорический тип ПТСР характеризуется недовольством и раздражением на фоне мрачного настроения. Люди с таким типом ПТСР часто не могут контролировать свои вспышки агрессии, что сводит их контакты с окружающими до минимума.
- ◆ Соматоформный тип ПТСР отличается наличием соматоформных расстройств, в котором неприятные ощущения возникают в основном в области сердца, головы и желудочно-кишечного тракта.

Помимо типов самого ПТСР также выделяются три типа течения этого расстройства: острый (проявления до 1,5 месяцев), подострый (проявления от 1,5 до 6 месяцев) и хронический (проявления сохраняются 6 и более месяцев). [4, с. 86]

Участие в военных действиях подвергает участников крайне интенсивному воздействию специфических психотравмирующих факторов, впоследствии приводящих к появлению посттравматического стрессового расстройства. Исследования боевого стресса (В.Г. Василевский, А.Б. Долгополюк, Г.А. Ростовцев, Т.Б. Дмитриева, С.В. Литвинцев, А.М. Тимченко, А.Н. Харитонов) показали, что боевые ПТСР более разнообразны, нежели ПТСР мирного времени в связи с аккумулярованными переживаниями, физическим и психическим напряжением, горем утрат и сопереживанием. Психологи указывают, что отдельные проявления боевого ПТСР могут сохраняться и после исчезновения классической клинической картины [10, с. 255] .

Переживание человеком боевых действий является особым событием, так как война является одним из самых суровых и жестоких испытаний личности, ее нравственных устоев, силы воли и духа, а также и тела. Психологическая особенность войны определяется

спецификой многократной повторяемости и длительности психотравмирующих действий, сопряженных с реальной угрозой для жизни и обязательностью проявления насилия в сочетании с тяжелым психическим и физическим утомлением. Совокупное действие вышеперечисленных факторов обуславливает пролонгированный травматический стресс.

Исходя из современных представлений, мы рассматриваем боевую психическую травму как прорыв травмирующим агентом защитного слоя психики, который сопровождается формированием патологических механизмов регуляции поведения и разрушением системы базовых ценностей. Наряду с изменениями в нервной системе происходят и гуморальные сдвиги, являющиеся следствием стресса, вызываемого не только тяжелой психотравмирующей ситуацией, но и дополнительными факторами (сильная боль, тяжелые интоксикации и т.д.) .

Исследователями были выделены психотравмирующие факторы вооруженных конфликтов, вызывающие посттравматические расстройства у их участников. Они включают широкий спектр переменных, определяющие те или иные реакции, состояние поведение участников вооруженного конфликта. Значимость влияния на психику тех или иных боевых стрессоров зависит от индивидуально-психологических особенностей и личностных качеств, типа нервной системы, профессиональной и психологической готовности личности, характера и уровня мотивации; степени боевой активности конкретного участника вооруженного конфликта, а также от значимости боевых действий для участника вооруженного конфликта [6, с. 145]. Интенсивность переживания участником боевого стресса зависит от взаимодействия двух основных факторов: силы и длительности воздействия боевых стрессоров на психику участника вооруженного конфликта и особенности реагирования участника вооруженного конфликта на их влияние.

Существующая группа по разработке международных протоколов ведения пациентов с посттравматическими нарушениями выделяет три основные фазы работы:

1. Стабилизация состояния.
2. Конфронтация с травматическим опытом.
3. Поиск новых жизненных ориентиров, которые обеспечивают посттравматический рост. [3, с. 115]

Выделяют много направлений и методов, которые эффективно использовались и используются для коррекции ПТСР. Одним из первостепенных методов является психотерапия, дополняющаяся психофар-

макотерапией для устранения отдельных симптомов. В настоящее время используют десенситизацию с репроцессингом движениями глаз (ДРДГ), когнитивно-поведенческую терапию, фокусированную на травме (КПТ-ФТ) и экспозиционную терапию. Из дополнительных методов выделяют: образовательное, холистическое и социальное направления. Образовательное направление способствует ознакомлению с характеристикой и симптоматикой посттравматического стрессового расстройства за счет обсуждения книг и статей, знакомства с основными концепциями физиологии и психологии. Холистическое направление формируют у лиц с ПТСР целостное отношение к здоровью. Социальное направление связано с социальной поддержкой и социальной интеграцией таких пациентов.

Таким образом, ПТСР — это синдром, возникающий в результате различных причин, обусловленных природой произошедших событий, характеристиками травмированной личности и качеством окружения, влияющего на процесс выздоровления. Частота стресса, напряженность и интенсивность стресса, социальная ситуация, биологические и личностные особенности пациента — это факторы, влияющие на возникновение ПТСР. Также физическое истощение является одним из рисков развития этих расстройств. На появление ПТСР влияет эмоциональная неустойчивость, повышенная тревожность и психовегетативная незрелость.

Люди нередко при ПТСР прибегают к помощи алкоголя и наркотиков, чтобы снять напряжение, в котором постоянно находятся, а это является уже сопутствующим расстройством, последствием ПТСР. Лица, перенесшие тяжелое психотравмирующее событие, также могут быть склонны к девиантному поведению. [1, с. 209].

Боевой стресс является атрибутом войны и важнейшим механизмом выживания человека, однако он существенно нарушает психическое здоровье индивида. Практически каждый участник боевых действий нуждается в оказании психологической поддержки, а военные, получившие психотравму — в курсе комплексной реабилитации. У участников военных действий в посттравматический период снижена психологическая активность и наблюдается преобладание негативных эмоций, возникают трудности в процессе социальной реадaptации, что подтверждает необходимость психологического сопровождения таких лиц. Своевременная проведенная реабилитация среди участников военных операций способствует формированию осознанного восприятия себя, своего внутреннего состояния, эмоций, чувств, уверенности в себе, а также улучшению психологического здоровья, что станет превенцией появления вторичных психологиче-

ских нарушений и эмоциональных расстройств в посттравматический период. Данный теоретический анализ позволяет психологам и психиатрам выработать новый

психотерапевтический подход для работы с лицами, участвовавшими в боевых действиях, и членов их семей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барыльник, С.Н. Проблема девиантного поведения подростков в условиях школы-интерната / С.Н. Барыльник // Теория права и межгосударственных отношений. — 2022. — Т. 1. — № 9 (21) . — С. 206–213
2. Бостанова, Л.Ш. Теоретический анализ проблемы посттравматического расстройства личности / Л.Ш. Бостанова, С.Н. Бостанова // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. — 2018. — No 10 (164) . — С. 363–369.
3. Жолдошева, А.О. Тревожное реагирование и ПТСР: диагностика и психологическая поддержка / А.О. Жолдошева, В.К. Сабирова // Наука и инновационные технологии. — 2021. — № 3 (20) . — С. 110–117.
4. Журавель, Е.С. Посттравматический синдром или посттравматическое стрессовое расстройство / Е.С. Журавель // Актуальные проблемы здоровьесбережения в современном обществе: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 17 октября 2019 года / Юго-Западный государственный университет. — Курск: Юго-Западный государственный университет, 2019. — С. 85–89.
5. Казаковцев, Б.А. Психологическая и психиатрическая помощь пострадавшим в чрезвычайных ситуациях / Б.А. Казаковцев // Психическое здоровье. — 2009. — Т. 7, № 3 (34) . — С. 9–24.
6. Караяни А.Г. Психология боевого стресса и стрессменеджмента: учебное пособие для вузов / А.Г. Караяни. 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 145 с.
7. Козлов В.В. Некоторые особенности посттравматического стрессового расстройства в современных условиях // Ярославский психологический вестник. 2022. № 2 (53). С. 45–50.
8. Шамрей В.К., Костюк Г.П., Чудиновских А.Г., Синенченко А.Г. Организация психиатрической помощи и структура психических расстройств военнослужащих Красной Армии в годы Великой Отечественной войны. — М., 2010. — № 4 (20). С.146–153.
9. Ярмолова, А.А. Посттравматическое стрессовое расстройство: этиология, диагностика, коррекция / А.А. Ярмолова, З.Н. Байтуманова // Сборник материалов региональной научно-практической конференции с международным участием «Личность в парадигме межкультурной коммуникации: язык — культура — образование — музей (теоретические и прикладные проблемы)», Элиста, 24 апреля 2019 года / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова». — Элиста: Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, 2019. — С. 210–211.
10. Ярмыш, И.А. Психологическая симптоматика у участников вооруженного конфликта с ПТСР в посттравматический период / И.А. Ярмыш // Личностные и ситуационные детерминанты поведения и деятельности человека: Материалы Международной научно-практической конференции, Донецк, 16 декабря 2021 года. — Донецк: Донецкий национальный университет, 2021. — С. 254–259.

© Барыльник Софья Николаевна (sbarylnik@yandex.ru), Баркова Ангелина Олеговна (Angelina.Barkova2013@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АРТЕРИАЛЬНАЯ ГИПЕРТЕНЗИЯ И ФИБРИЛЛЯЦИЯ ПРЕДСЕРДИЙ: ВЗАИМОСВЯЗЬ С ОЖИРЕНИЕМ, РЕМОДЕЛИРОВАНИЕМ ЛЕВОГО ПРЕДСЕРДИЯ И УРОВНЕМ ТИРЕОТРОПНОГО ГОРМОНА

ARTERIAL HYPERTENSION AND ATRIAL FIBRILLATION: RELATIONSHIP WITH OBESITY, LEFT ATRIAL REMODELING, AND THYROID-STIMULATING HORMONE LEVELS

**Yu. Bobylev
E. Koshurnikova
A. Katkova**

Summary. The combination of arterial hypertension (AH) with atrial fibrillation (AF) increases the risk of fatal stroke and cardiovascular mortality, which requires the identification of modifiable risk factors associated with AF. The aim of the study was to determine in patients with hypertension and AF, the relationship of AF with obesity, the size of the left atrium (LA) and the level of thyroid-stimulating hormone. **Material and methods.** A retrospective study was conducted, which included 143 women with hypertension grade 1–3. They were divided into 2 groups: the first — 73 patients with normal sinus rhythm, the second — 70 patients with paroxysmal and persistent forms of AF. **Results.** According to the results of the study, it was found that in patients with overweight and the first degree of obesity, the incidence of AF was almost 1.5 times less than in patients with normal body weight. It was found that the increased risk of AF associated with obesity is mediated by remodeling of the LA. Patients with high-normal thyroid function have an increased risk of developing AF. **Discussion.** The data obtained on the “obesity paradox” in patients with hypertension and AF require further research. A higher body mass index (BMI) is an independent predictor of an increase of the left atrium. The upper-lower size of the LA can be used to assess left atrium remodeling. Patients with high-normal thyroid function require medical supervision. **Conclusions.** Overweight and grade 1 obesity have a better prognosis associated with the incidence of AF than patients with normal body weight and grade 2–3 obesity. Increased BMI is an independent predictor of increased of the left atrium. Within the normal range of thyroid parameters, patients with high-normal function are at higher risk of developing AF.

Keywords: atrial fibrillation, obesity, left atrium, thyroid stimulating hormone.

Бобылев Юрий Михайлович

ФГБОУ ВО «ПГМА им. акад. Е.А. Вагнера» Минздрава
России, Пермь

Кошурникова Екатерина Петровна

ФГБОУ ВО «ПГМА им. акад. Е.А. Вагнера» Минздрава
России, Пермь
ekaterina_koshur@mail.ru

Каткова Анастасия Вениаминовна

ФГБОУ ВО «ПГМА им. акад. Е.А. Вагнера» Минздрава
России, Пермь

Аннотация. Сочетание артериальной гипертензии (АГ) с фибрилляцией предсердий (ФП) повышает риск развития фатального инсульта и сердечно-сосудистой смертности, что требует выявления модифицируемых факторов риска (ФР) связанных с ФП. Цель исследования — определить у пациентов с АГ и ФП, связь ФП с ожирением, размерами левого предсердия (ЛП) и уровнем тиреотропного гормона (ТТГ). **Материал и методы.** Проведено ретроспективное исследование, в которое было включено 143 женщины с АГ 1–3 степени. Они были распределены на 2 группы: первая — 73 пациента с нормальным синусовым ритмом, вторая — 70 пациентов с пароксизмальной и персистирующей формами ФП. **Результаты.** По результатам исследования обнаружено, что у пациентов с избыточной массой тела (ИЗМТ) и первой степенью ожирения частота встречаемости ФП была почти в 1,5 раза меньше, чем у пациентов с нормальной массой тела. Установлено, что повышенный риск развития ФП связанный с ожирением, опосредован ремоделированием левого предсердия (ЛП). Пациенты с высоко-нормальной функцией щитовидной железы имеют повышенный риск развития ФП. **Обсуждение.** Полученные данные о «парадоксе ожирения» у пациентов с АГ и ФП требуют дальнейшие исследования. Более высокий индекс массы тела (ИМТ) является независимым предиктором увеличения ЛП. Верхне-нижний размер левого предсердия можно использовать для оценки ремоделирования ЛП. Пациенты с высоко-нормальной функцией щитовидной железы требуют врачебного наблюдения. **Выводы.** ИЗМТ и 1 степень ожирения имеют лучший прогноз, связанный с частотой встречаемости ФП, чем пациенты с нормальной массой тела и ожирением 2–3 степени. Повышенный ИМТ является независимым предиктором увеличения ЛП. В пределах нормального диапазона параметров щитовидной железы пациенты с высоко-нормальной функцией подвергаются более высокому риску развития ФП.

Ключевые слова: фибрилляция предсердий, ожирение, левое предсердия, тиреотропный гормон.

Артериальная гипертензия (АГ) на сегодняшний день является один из ведущих факторов риска (ФР) сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) и смертности. Распространенность АГ в Российской Федерации среди женщин составляет 44% [1]. Артериальная гипертензия является ФР встречаемости впервые диагностированной фибрилляцией предсердий (ФП). По данным Фремингемского эпидемиологического исследования показано, что АГ является независимым предиктором ФП [2]. Еще одним предиктором ФП и так же наиболее значимым на сегодняшний день является ожирение [3, 4].

Распространенность ФП связана с возрастом и ожидается увеличение в 2,5 раза в течение последующих 50 лет [5]. Фибрилляция предсердий ассоциируется с сердечно-сосудистыми заболеваниями, повышая риск развития инсульта и других тромбоэмболических осложнений, прогрессирование сердечной недостаточности и увеличением смертности [6,7]. Несмотря на установленную причинно-следственную связь между ожирением и ФП, ряд исследований показали, что при ФП встречается «парадокс ожирения», когда избыточная масса тела (ИЗМТ) и 1 степень ожирения имеют лучший прогноз, чем пациенты с нормальной массой тела (МТ) [4].

Явный и субклинический гипертиреоз являются хорошо известными ФР развития ФП, однако почти нет исследований по высоко- нормальной функции щитовидной железы [8].

Цель исследования

Целью нашего исследования явилось изучить у пациентов с АГ и ФП связь между ИМТ, структурными изменениями левого предсердия (ЛП), уровнем тиреотропного гормона (ТТГ) и риском развития ФП.

Материалы и методы

В это ретроспективное исследование были включены 143 пациента (женщины, средний возраст $68,36 \pm 0,80$ лет) с артериальной гипертензией 1–3 степени, проходящие лечение в условиях кардиологического отделения многопрофильного стационара ГАУЗ ГKB № 4 с доступными клиническими и эхокардиографическими данными. Пациенты были рандомизированы на две группы, первая – 73 пациента с нормальным синусовым ритмом и вторая – 70 пациентов с ФП в виде пароксизмальной и персистирующей форм.

Критерии не включения: вторичные формы АГ, пороки сердца, нестабильная стенокардия, стенокардия напряжения III–IV функциональный класс (ФК), постоянная форма ФП, инфаркт миокарда и острое расстрой-

ство мозгового кровообращения в анамнезе, хроническая сердечная недостаточность IIБ–III стадии, III–IVФК.

Индекс массы тела (ИМТ) оценивали согласно классификации ВОЗ (1997). Все пациенты были разделены на 5 групп: первая группа — нормальная масса тела (МТ) 16,5–24,9, вторая — избыточная масса тела (ИЗМТ) 25,0–29,9, третья — 1 степень ожирения 30,0–34,9, четвертая группа — ожирение 2 степени 35,0–39,9 и четвертая — ожирение 3 степени $\geq 40,0$.

Уровень артериального давления учитывали в день поступления пациента в стационар.

Определяли уровень глюкозы, общего холестерина (ОХС), холестерина липопротеидов высокой плотности (ХС ЛПВП), холестерина липопротеидов низкой плотности (ХС ЛПОНП), холестерина липопротеидов очень низкой плотности (ХС ЛПОНП) и триглицеридов (ТГ).

Оценку функции щитовидной железы производили по уровню сывороточного ТТГ. Все участники исследования были разделены на три группы в зависимости от исходного уровня ТТГ: низкий уровень — ТТГ $< 0,4$ мМЕ/л, нормальный — ТТГ от 0,4–2,1 мМЕ/л, высокий уровень — ТТГ $> 4,0$ мМЕ/л.

Всем пациентам проводилось эхокардиографическое исследование (ЭхоКГ) по стандартной методике на аппарате «Vivid 3 Pro». В течение многих лет основным стандартом оценки ремоделирования ЛП считался передне-задний размер ЛП, простой удобный, но недостаточно точный метод [9]. Для оценки ремоделирования левого предсердия в качестве основного стандарта нами использован верхне-нижний размер ЛП.

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета программ STATISTICA 6.0. Количественные данные, имеющие нормальное или близко к нормальному распределения, представлены в виде ($M \pm SD$), где M — средняя величина, SD — стандартное отклонение. При оценке значимости различий между двумя группами использовали тест Стьюдента. При отличии от нормального распределения в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха ($Q1; Q3$) и использовали в этом случае критерий Манни-Уитни. Качественные переменные сравнивали с помощью критерий χ^2 Пирсона. Риск развития ФП оценивали с помощью расчета отношения шансов и их 95% доверительных интервалов. Достоверным считали различия при $< 0,05$.

Результаты

Как видно из таблицы 1, средний возраст был выше в группе пациентов с ФП ($p < 0,003$). По уровням арте-

Таблица 1. Исходные характеристики исследуемых пациентов.

Показатели	Пациенты без ФП n= 73	Пациенты с ФП n= 70	p
Возраст, лет	66,08±9,68	70,73±8,87	0,003
ИМТ, кг/см ²	32,28±6,97	31,16±6,92	0,335
АДС, мм.рт. ст.	170,36±23,32	162,97±23,50	0,130
АДД, мм.рт.ст.	95,03±17,44	92,82±12,07	0,562
Глюкоза, ммоль/л	5,7 [5,3;6,8]	5,8 [4,8;7,0]	0,374
ОХС, ммоль/л	6,11±1,48	5,73±1,50	0,223
ХС ЛПВП, ммоль/л	1,46±0,30	1,45±0,30	0,799
ХС ЛПНП, ммоль/л	3,76±1,20	3,49±1,24	0,306
ХС ЛПОНП, ммоль/л	0,80±0,36	0,71±0,29	0,170
ТГ, ммоль/л	1,92±1,10	1,62±0,79	0,148
ТТГ, мМЕ/л	2,0 [1,5; 3,2]	1,60 [0,7; 2,8]	0,083
Передне-задний размер ЛП, мм	36,21±3,26	39,64±4,95	0,000
Верхне-нижний размер ЛП, мм	47,23±5,48	52,20±6,74	0,000
ФВ ЛЖ,%	58,49±4,61	55,54±5,32	0,000

Сокращения: ИМТ — индекс массы тела, АДС- артериальное давление систолическое, АДД — артериальное давление диастолическое, ОХС — общий холестерин, ХС ЛПВП- холестерин липопротеидов высокой плотности, ХС ЛПНП — холестерин липопротеидов низкой плотности, ХС ЛПОНП — холестерин липопротеидов очень низкой плотности, ТГ — триглицериды, ТТГ — тиреотропный гормон, ЛП — левое предсердие, ФВ ЛЖ — фракция выброса левого желудочка.

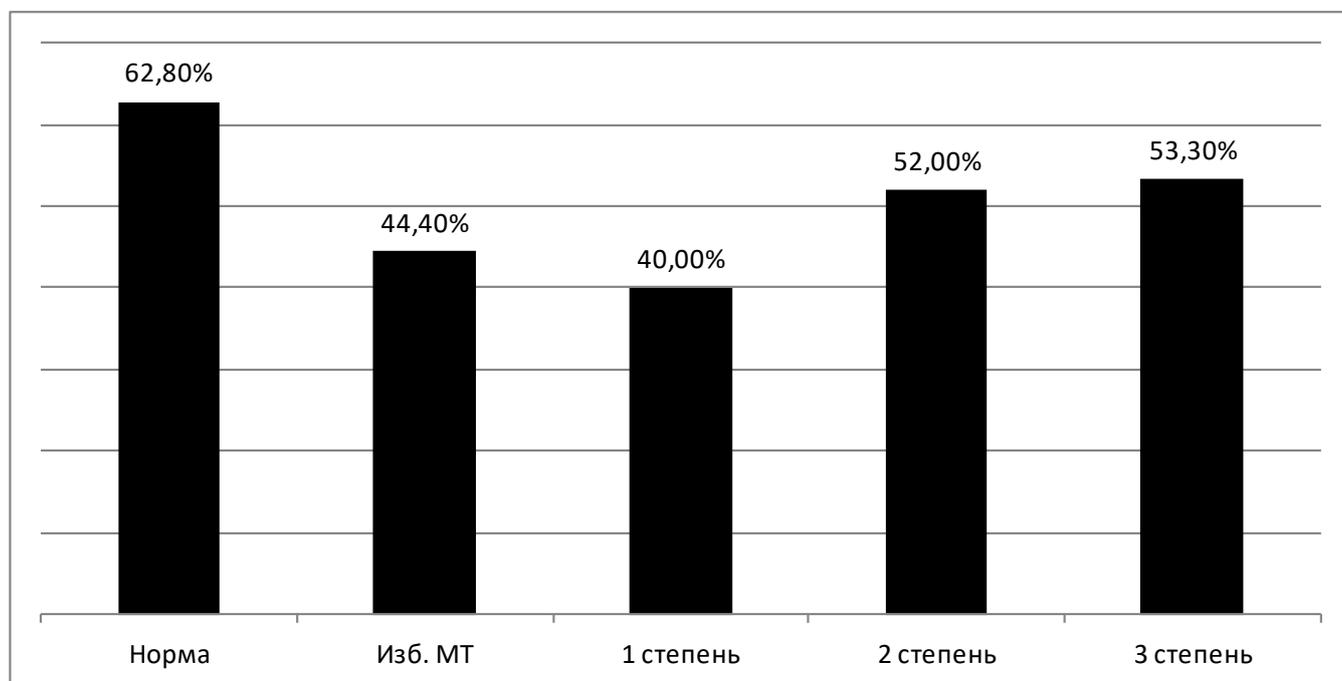


Рис. 1. Частота фибрилляции предсердий в зависимости от массы тела пациентов и степени ожирения.

Таблица 2. Сравнение клинических и эхокардиографических данных в зависимости от размеров левого предсердия.

Показатели	Верхне-нижний размер ЛП ≤ 48мм, n=70	Верхне-нижний размер ЛП > 48мм, n=73	P
Возраст, лет	65,76±9,59	70,85±8,88	0,001
ИМТ, кг/см ²	30,34±5,68	32,84±7,70	0,030
Передне-задний размер ЛП, мм	35,81±3,60	39,74±4,96	0,000
ФВ%	58,16±4,02	55,99±5,90	0,011
ФП n/%	23/32,8%	47/64,5%	$\chi^2=0,001$

Сокращения: ИМТ — индекс массы тела, ЛП — левое предсердие, ФВ — фракция выброса, ФП — фибрилляция предсердий.

риального давления, ИМТ, глюкозы, ОХС, ХС ЛПВП, ХС ЛПНП, ХС ЛПОНП, ТГ и ТТГ обе группы не различались. Передне-задний и верхне-нижний размеры левого предсердия преобладали у пациентов с ФП ($p < 0,000$). ФВ левого желудочка была достоверно ниже у пациентов с ФП ($p < 0,000$).

В нашем исследовании, после разделения пациентов на 5 групп по ИМТ (рис. 1) мы выявили, что наибольшая частота ФП (68,2%) наблюдалась у пациентов с нормальной массой тела. Наименьшая у пациентов с ИзМТ (44,4%) и 1 степенью ожирения — 40,0%. Далее, частота ФП возрастала в зависимости от ИМТ: 2 степень — 52,0%, 3 степень — 53,3%. Пациенты с нормальной массой тела, 2-й и 3-ей степенью ожирения оказались в группе повышенного риска инсульта и тромбоэмболических осложнений. Таким образом, в когорте исследуемых пациентов с АГ и ФП выявлен «парадокс ожирения», согласно которому пациенты с ИзМТ и 1 степенью ожирения связаны с низкими показателями частоты ФП.

Одна из ключевых проблем — это возраст. В нашем исследовании, после разделения пациентов на 5 групп по ИМТ, средний возраст у пациентов с нормальной МТ составил 71,64±2,28 лет и статистически достоверно отличался только от пациентов с 3 степенью ожирения — 61,93±2,19 лет ($p < 0,005$). Однако достоверного различия по возрасту с пациентами с ИзМТ и 1 степенью ожирения не было (66,92±1,67 и 69,20±1,31 против 71,64±2,28, $p > 0,05$).

Таким образом, мы не можем отнести возраст пациентов в нашем исследовании к фактору, обуславливающему присутствие «парадокса ожирения». В последнее время появились работы, в которой говорится «что безжировая МТ» в отличие от конкретных параметров ожирения является преобладающим антропометрическим фактором риска ФП [11].

Как влияет ожирение на геометрию ЛП? Доказано, что более высокий ИМТ является независимым предиктором увеличения ЛП [12]. В течение многих лет основным стандартом оценки ремоделирования ЛП считался передне-задний размер ЛП [9]. Однако известно, что увеличение ЛП чаще происходит не в поперечном, а в продольном направлении, что позволило нам использовать в качестве стандарта верхне-нижний размер ЛП, который к тому же активно используется в практике для вычисления индекса объема левого предсердия.

Первая группа — пациенты с нормальным верхне-нижним размером — ЛП ≤ 48 мм, и вторая — пациенты с увеличенным верхне-нижним размером ЛП — > 48 мм [13].

Наша цель состояла в том, чтобы определить является ли ИМТ предиктором увеличения ЛП (табл. 2). По сравнению с пациентами с нормальными верхне-нижними размерами ЛП у пациентов с увеличенным верхне-нижним размером ЛП был более высокий ИМТ ($p < 0,030$) и снижена ФВ левого желудочка ($p < 0,011$) в пределах референсных значений. В этой же группе был увеличен передне-задний размер ЛП ($p < 0,000$). Частота ФП была почти в 4 раза выше в группе пациентов с увеличенным верхне-нижним размером (ОШ 3,69; 95% ДИ 1,85–7,37, $p < 0,05$). Таким образом, ремоделирование ЛП, снижение ФВ левого желудочка даже в пределах референтных величин, являются промежуточным звеном в цепи событий, исходом которых является ФП.

После разделения пациентов по уровню ТТГ на три группы, самый старший возраст был в группе пациентов с высоким уровнем ТТГ, пациенты с низким уровнем ТТГ были на 7 лет моложе (73,14±4,11 против 65,80±1,76), однако различия в возрасте статистически не значимы ($p = 0,126$).

В настоящее время показано, что низкий уровень ТТГ является независимым фактором риска развития ФП на фоне артериальной гипертензии [14,15]. В нашем исследовании установлено, что у пациентов с низким уровнем ТТГ ($< 0,4$ мМЕ/л), частота ФП составила 90%, в группе с нормальными значениями ТТГ (0,4–4,0 мМЕ/л) — 44,4% и с высоким ТТГ ($> 4,0$ мМЕ/л) — 71,4%.

При оценке частоты выявления ФП у пациентов с низким уровнем ТТГ и эутиреозом выявлена тесная связь ТТГ и ФП — ОШ 11,25; ДИ 95% 1,38–91,47; $p < 0,05$. С высоким уровнем ТТГ и эутиреозом (ОШ 3,12; ДИ 95% 0,58–16,71, $p > 0,05$) статистически достоверной связи ТТГ с частотой ФП не выявлено.

В литературе имеется сообщения, что в пределах нормального диапазона параметров щитовидной железы у пациентов с высоко-нормальной функцией щитовидной железы повышен риск развития ФП [8].

Уровень нормального диапазона параметров ТТГ нами был разделен на квантили. Рост частоты ФП был связан с уровнем ТТГ: показатели ОШ составили 3,12; 95% ДИ 1,09–8,93, самый низкий и самый высокий квантили ($p < 0,05$). Таким образом, в пределах нормального диапазона параметров ТТГ, пациенты с высоко-нормальной функцией щитовидной железы имеют повышенный риск развития ФП.

Мы не выявили в нашем исследовании, что высокий уровень ТТГ является фактором риска ФП, у больных с низкой функцией щитовидной железы ОШ 3,12; 95% ДИ 0,58–16,71; $p > 0,05$. Однако следует отметить, что в данной группе пациентов частота ФП (71,4%) была довольно высокой. Так, в одном из экспериментальных исследований показано как гипертиреоз, так и гипотиреоз приводят к повышенной уязвимости к ФП в модели тиреоидэктомии у крыс [16].

Обсуждение

В проведенном нами исследовании было показано, что пациенты с ИзМТ и 1 степенью ожирения имеют более низкую частоту встречаемости ФП.

Во многих исследованиях и крупных мета-анализах сообщается о парадоксе ожирения при ФП, где говорится, что ИзМТ и ожирение с ФП имеют лучший прогноз, чем пациенты с нормальной массой тела. Так в исследованиях из регистра ORBIT-AF в когорте пациентов с ФП (число наблюдений 9606 из 174 клиник, участвующих в ORBIT, США) риск смертности от всех причин был на 35% ниже среди пациентов с 1 степенью ожирения и ФП по сравнению с пациентами с нормальной массой тела [17].

В других исследованиях так же сообщается об обратной зависимости ИзМТ и исходами сердечно-сосудистых заболеваний у пациентов с ФП [4,10]. В крупном эпидемиологическом исследовании ARISTOTLE представлены данные о «парадоксе ожирения», согласно которому более высокий ИМТ (> 25 кг/м²) был связан с более низкими показателями инсульта и смертности, в первую очередь у женщин. Эти данные были получены при обследовании 17913 пациентов с ФП.

«Парадокс ожирения» чувствителен ко многим искажающим факторам, однако при попытке предпринять довольно значительную тщательную статистическую корректировку, «парадокс ожирения» сохранялся [10]. Авторы перечисленных исследований подтверждают существование «парадокса ожирения», однако механизмы, лежащие в его основе не ясны.

Одна из возможных причин «парадокса ожирения» это возраст и наличие у пациентов субклинических или явных сердечно-сосудистых заболеваний, которые сопровождают старение и представляют собой факторы риска развития ФП, хотя при отборе пациентов мы пытались скорректировать эти факторы риска

Учитывая, что в нашем исследовании пожилой возраст является ключевой проблемой у пациентов с нормальной МТ, необходимы дальнейшие исследования с использованием когорт соответствующего возраста и корректировкой факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний.

На сегодня ожирение является известным ФР сердечно-сосудистых заболеваний. В нашем исследовании ИМТ был выше у пациентов с ФП и измененной геометрией ЛП по сравнению с пациентами с нормальными размерами ЛП. Мы показали, что ИМТ является независимым предиктором увеличения ЛП, используя верхне-нижний размер левого предсердия. Наш вывод о влиянии ИМТ на размеры ЛП подтверждается другим исследованием, которые показали, что ожирение является независимыми предиктором увеличения ЛП [12, 18]. Таким образом, ремоделирование ЛП и снижение ФВ левым желудочком, является промежуточным звеном, исходом которого является ФП. Мы обнаружили, что у пациентов в нижнем квантиле нормального диапазона ТТГ в сыворотке крови риск ФП был в 3 раза выше по сравнению с теми, кто находился в верхнем квантиле. Наши данные совпали с данными Роттердамского исследования [8]. Необходим контроль за пациентами с низкой концентрацией ТТГ пожилого возраста в связи с возможностью развития ФП. Необходимо продолжить исследования по оценке влияния гипотиреоза на частоту развития ФП, так как окончательной ясности в этом вопросе нет.

Выводы

1. Избыточный вес и 1 степень ожирения имеют лучший прогноз, связанный с низкой частотой встречаемости ФП, чем пациенты с нормальной МТ и ожирением 2–3 степени.

2. Повышенный риск ФП, связанный с ожирением, опосредован ремоделированием левого предсердия.

3. В пределах нормального диапазона параметров щитовидной железы у пациентов с высоко-нормальной функцией щитовидной железы выявлен повышенный риск ФП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойцов С.А., Баланова Ю.А., Шальнова С.А. и др. Артериальная гипертония среди лиц 25–64 лет: распространенность, осведомленность, лечение и контроль. По материалам исследования ЭССЕ. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2014; 14 (4):4–14. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2014-4-4-14>.
2. Kannel W.B., Benjamin E.J. Status of epidemiology of atrial fibrillation. // Med. Clin.North.Am. — 2008. — V.92. — N. 1 — P. 17–40.
3. Chrisan Joseph Nalliah, Prashanthan Sanders, Hans Kottkamp, Jonathan M. Kalman, The role of obesity in atrial fibrillation, European Heart Journal, Volume 37, Issue 20, 21 May 2016, Pages 1565–1572, <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv486>
4. Dennis H. Lau, Melissa E. Middeldorp, Prashanthan Sanders Obesity paradox in atrial fibrillation: a distracting reality or fictitious finding? European Heart Journal, V. 37, Issue 38, 7 October 2016, Pages 2879–2881, <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw261>
5. Go A.S., Hylek E.M., Phillips K.A., et al. Prevalence of diagnosed atrial fibrillation in adults: national implications for rhythm management and stroke prevention: the Anticoagulation and Risk Factors in Atrial Fibrillation (ATRIA) Study. JAMA 2001; 285: 2370–2375
6. Nieuwlaar R, Capucci A, Camm A.J. et al. Atrial fibrillation management: a prospective survey in ESC member countries: the Euro Heart Survey on Atrial Fibrillation. Eur Heart J. 2005; 26:2422–2434.
7. Wang T.J., Massaro J.M., Levy D. et al. A risk score for predicting stroke or death in individuals with new-onset atrial fibrillation in the community: the Framingham Heart Study. JAMA. 2003 Aug 27; 290 (8):1049–56. doi: 10.1001/jama.290.8.1049. PMID: 12941677.
8. Heeringa J., Hoogendoorn E.H., van der Deure W.M, et al. Highly normal thyroid function and the risk of atrial fibrillation: The Rotterdam Study. Arch Intern Med.2008;168 (20):2219–2224. doi: 10.1001/archinte.168.20.2219
9. Abhayaratna WP, Seward JB, Appleton CP, Douglas PS, Oh JK, Tajik AJ, Tsang TS. Left atrial size: physiologic determinants and clinical applications. J Am Coll Cardiol. 2006 Jun 20;47 (12):2357–63. doi: 10.1016/j.jacc.2006.02.048. PMID: 16781359.
10. Sandhu R.K., Ezekowitz J., Andersson U. et al. The “obesity paradox” in atrial fibrillation: observations from the ARISTOTLE study (apixaban to reduce incidence of stroke and other thromboembolic complications in atrial fibrillation). European Heart J 2016; 37:2869–2878.
11. Fenger-Grøn M., Overvad K., Tjønneland A. et al. Lean Body Mass Is the Predominant Anthropometric Risk Factor for Atrial Fibrillation. J Am Coll Cardiol. 2017 May, 69 (20) 2488–2497. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.03.558>
12. Kumar P., A. Mundi A., Caldito G. and Reddy P. “Higher Body Mass Index is an Independent Predictor of Left Atrial Enlargement,” International Journal of Clinical Medicine, Vol. 2 No. 5, 2011, pp. 556–560. doi: 10.4236/ijcm.2011.25091.
13. Kou S., Caballero L., Dulgheru R. et al. Echocardiographic reference ranges for normal cardiac chamber size: results from the NORRE study. Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2014 Jun; 15 (6):680–90. doi: 10.1093/ehjci/jet284. Epub 2014 Jan 21. PMID: 24451180; PMCID: PMC4402333.
14. Быстрова Т.В., Трошина Е.А., Абдулхабирова Ф.М. Состояние сердечно-сосудистой системы при субклиническом тиреотоксикозе. Болезни сердца и сосудов. 2006; 1 (3): 51–3.
15. Chiacchieri M., Cecchi F., Arcangeli C. et al. Occult thyrotoxicosis in patients with chronic and paroxysmal isolated atrial fibrillation. Clinical Cardiology 1984; 7: 413–416
16. Zhang Y., Dedkov E.I., Teplitsky D. et al. Both hypothyroidism and hyperthyroidism increase atrial fibrillation inducibility in rats. Circ Arrhythm Electrophysiol. 2013 Oct; 6 (5):952–9. doi: 10.1161/CIRCEP.113.000502. Epub 2013 Sep 14. PMID: 24036190; PMCID: PMC3973490.
17. Pandey A, Gersh B, McGuire D, et al. Association of Body Mass Index With Care and Outcomes in Patients With Atrial Fibrillation. J Am Coll Cardiol EP. 2016 Jun, 2 (3) 355–363. <https://doi.org/10.1016/j.jacep.2015.12.001>
18. Stritzke J., Markus M.R., Duderstadt S. et al. MONICA/KORA Investigators. The aging process of the heart: obesity is the main risk factor for left atrial enlargement during aging the MONICA/KORA (monitoring of trends and determinations in cardiovascular disease/cooperative research in the region of Augsburg) study. J Am Coll Cardiol. 2009 Nov 17;54 (21):1982–9. doi: 10.1016/j.jacc.2009.07.034. PMID: 19909880.

© Бобылев Юрий Михайлович, Кошурникова Екатерина Петровна (ekaterina_koshur@mail.ru),

Каткова Анастасия Вениаминовна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛЕЧЕНИЯ ОСЛОЖНЕНИЙ МЕСТНОЙ АНЕСТЕЗИИ В СТОМАТОЛОГИИ

OPTIMIZATION OF TREATMENT OF COMPLICATIONS OF LOCAL ANESTHESIA IN DENTISTRY

**O. Bogaevskaia
S. Sokhov
T. Kosyreva
M. Lazechko
I. Grydyakyn
A. Rykhlevich**

Summary. Local anesthesia in dentistry is an insufficiently studied problem and has complications. Objective: to study the complications of local anesthesia in dentistry, to optimize the quality of dental care. The work is based on the results of treatment of 798 patients suffering from caries, pulpitis and periodontitis using local anesthesia. Complications of local anesthesia in dentistry were observed in 26 (3.3%) patients. The analysis and developed classification of risks and complications of local anesthesia in dentistry will improve the results of treatment of patients.

Keywords: dentistry, local anesthesia, complications, treatment optimization.

Богаевская Оксана Юрьевна

*К.м.н., доцент, Российский университет дружбы народов
7959369@gmail.com*

Сохов Сергей Талустанович

*Д.м.н., профессор, Московский государственный
медико-стоматологический университет
им. Евдокимова*

Косырева Тамара Федоровна

*Д.м.н., профессор, Российский университет дружбы
народов*

Лазечко Марьяна Игоревна

*К.м.н., доцент, ФБГУ «ГНЦ Лазерной медицины им
О.К. Скобелкина ФМБА России»*

Гридякин Иван Владимирович

*Первый Московский государственный медицинский
университет имени И.М. Сеченова*

Рыхлевич Артем Александрович

*Соискатель, Академия постдипломного
образования ФМБА России*

Аннотация. Местная анестезия в стоматологии является недостаточно изученной проблемой и имеет осложнения. Целью работы было изучить осложнения местной анестезии в стоматологии, оптимизировать качество стоматологической помощи. Работа основана на результатах лечения 798 пациентов, страдающих кариесом, пульпитом и периодонтитом с применением местной анестезии. У 26 (3,3%) пациентов наблюдали осложнения местной анестезии в стоматологии. Анализ и разработанная классификация рисков и осложнений местной анестезии в стоматологии позволят улучшить результаты лечения пациентов.

Ключевые слова: стоматология, местная анестезия, осложнения, оптимизация лечения.

В литературе имеются сообщения об осложнениях применения местного обезболивания в стоматологии [4,7,3,5]. Стоматологические вмешательства в большинстве случаев болезненны и сопровождаются местным обезболиванием. Для безопасности местной инъекционной анестезии стоматолог должен не только правильно оценить состояние пациента, выявить интеркуррентные заболевания, сопутствующую лекарственную терапию, при необходимости направить на консультацию к профильному специалисту, но и правильно подобрать инструменты для проведения местного обезболивания: карпульный инъектор, инъекционная игла, местный анестетик и содержание в нем вазоконстриктора [1]. Кроме этого, стоматологу

необходимы знания анатомо-топографических особенностей челюстно-лицевой области, для правильного выполнения местной анестезии. Таким образом, осложнения при местной анестезии могут быть связаны с состоянием самого пациента, с реакцией на местный анестетик (концентрацией вазоконстриктора, наличием в составе бисульфитов, подбором инъектора и инъекционной иглы) и с неточной техникой выполнения местной анестезии. Пациенты пожилого возраста, дети и беременные подвергаются большему риску при проведении местной анестезии и после нее [2]. Отсутствие у стоматолога опыта также может быть одним из факторов в развитии осложнений [7]. Пациент должен быть хорошо осведомлен о возможных нежелательных яв-

лениях, так как некоторые осложнения от местной анестезии могут стать предметом судебного разбирательства и должны быть сообщены пациенту до подписания информированного добровольного согласия и уведомления о возможных осложнениях [9]. Частота неадекватной анестезии варьирует от 31 до 81%. Любая инъекция местного анестетика может привести к осложнениям [6,8].

Цель

Изучить осложнения местной анестезии в стоматологии при применении местного обезболивания, оптимизировать качество стоматологической помощи.

Материал и методы. Работа основана на результатах лечения и наблюдения 798 пациентов, страдающих кариесом, пульпитом и периодонтитом, с применением местного обезболивания. Исследование проводилось в стоматологических клиниках частной системы здравоохранения. Наблюдение велось врачом-экспертом за приемом семи врачей-стоматологов в течение одного месяца. Критерии включения пациента в исследование: использование местного обезболивания во время стоматологического вмешательства, отсутствие противопоказаний для проведения местной анестезии, подписанное информированное добровольное согласие, возможность контроля состояния пациента в течение пяти дней. Критерии исключения: пациент (или законный представитель) отказывается подписать информированное добровольное согласие, затруднения в общении с пациентом, которые могут помешать оценке и контролю состояния пациента.

Показания для применения местного обезболивания распределились следующим образом: лечение кариеса (K02.1) — 72,6% (n=579), пульпита (K04.0) — 10,5% (n=84), острого апикального периодонтита пульпарного происхождения (K04.4) — 2,4% (n=19), хронического апикального периодонтита (K04.5) — 14,5% (n=116).

У всех исследуемых было получено информированное согласие на участие в исследовании согласно Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации 2013. На данное исследование было получено разрешение этического комитета (Выписка из протокола № 25 заседания Комитета по Этике Медицинского института РУДН от 28 января 2021 г).

Всем пациентам проводили рентгенологическое обследование — ортопантомографию, определяли патологические изменения и “причинный” зуб. Для местного обезболивания использовали анестетик на основе артикаина 4% с концентрацией вазоконтриктора 1:100000–87,8% (n=701), 1:200000–12,2% (n=97). Сред-

нее количество введенного анестетика составило $4,1 \pm 0,3$ мл. Для проведения местной анестезии использовали карпульный инъектор. Он имеет “окошко” в полом цилиндрическом корпусе, упоры для пальцев рук врача, плунжер, дистальный конец штока в виде кольца, съемный наконечник с ниппелями, имеющими универсальную резьбу (рисунок 1). Используемые инъекционные иглы: длина — 8, 12 и 38 мм; диаметр — 0,3 мм; угол среза инъекционной иглы — 10–20°.

Полученные в ходе исследования количественные показатели были статистически обработаны. Определяли значения среднего арифметического (M), стандартного отклонения (δ), а также ошибку среднего арифметического (m). Достоверность различий полученных данных оценивали при помощи t-критерия Стьюдента. За достоверные принимали отличия при $P < 0,01$.

Результаты исследований

Средняя продолжительность стоматологического вмешательства составила $55 \pm 1,4$ минут ($P < 0,01$).

Из 798 пациентов 3,3% (n=26) имели осложнения.

Наблюдались пять осложнений на приеме врача-стоматолога ортопеда, после применении местного обезболивания.

На приеме врача-стоматолога ортопеда после проведения мандибулярной анестезии пациентка К., 1951 года рождения почувствовала давящую боль в левой половине груди, онемение левой руки. Кожные покровы бледные, выраженное потоотделение. Артериальное давление после применения местной анестезии 140/90 мм рт.ст. Пациентка К. госпитализирована по скорой помощи. Диагноз скорой помощи: инфаркт миокарда.

Пациент К., 1936 года рождения, после проведения инфльтрационной анестезии отмечается повышение артериального давления 220/160 мм рт.ст., частота сердечных сокращений 85 ударов в минуту. Координация движений и речь не нарушены. Предполагаемый диагноз: гипертонический криз. Пациент госпитализирован по скорой помощи. Мы наблюдали еще трех пациентов со схожей клинической ситуацией после применения местного обезболивания.

На приеме врача-стоматолога терапевта наблюдались девять общих осложнений после применения местного обезболивания. Пациент З., 1938 года рождения, после применения местного обезболивания при проведении манипуляции пациенту стало плохо, закружилась голова, артериальное давление 190/100 мм

рт.ст. Предполагаемый диагноз: гипертонический криз. Пациент в сознании от госпитализации отказался.

Еще пять пациентов со схожей клинической ситуацией после применения местного обезболивания мы наблюдали.

Пациентка Г., 1965 года рождения после проведения стоматологической манипуляции с применением мандибулярной анестезии, стало плохо, потеря сознания, тошнота, рвота, артериальное давление 90/50 мм рт.ст. Предполагаемый диагноз обморок. Пациентка в сознании от госпитализации отказалась. Мы наблюдали еще двух пациентов со схожей клинической ситуацией после применения местного обезболивания.

На приеме врача-стоматолога хирурга наблюдалось двенадцать общих осложнений после применения местного обезболивания.

На приеме врача-стоматолога хирурга. Пациентка Ш., 1946 года рождения после проведения манипуляции удаления 42 зуба под инфильтрационной анестезией, почувствовала ухудшение самочувствия, боль за грудной. Предполагаемый диагноз: стенокардия.

Пациентка С., 1991 года рождения после проведения инфильтрационной анестезии в области 24 зуба, стало плохо. Кожные покровы бледные, головокружение, тошнота, рвота, артериальное давление 82/54 мм рт.ст. Предполагаемый диагноз: обморок. Еще восемь пациентов со схожей клинической ситуацией после применения местного обезболивания мы наблюдали.

Пациент Е., 1979 года рождения после применения местного обезболивания начались судороги, цианоз кожных покровов, пена изо рта. Пациент госпитализирован бригадой скорой помощи.

Пациент Ю., 1948 года рождения после применения местного обезболивания появились боли под лопаткой, отдающие в левую ногу. Артериальное давление 150/90 мм рт. ст. Пациент госпитализирован бригадой скорой помощи.

На основании проведенного исследования риски и осложнения были ранжированы и классифицированы. Был получен патент на промышленный образец № 132970 от 05.09.2022 «Схема жизнеугрожающих рисков местного обезболивания в стоматологии». Классификация состоит из трех частей. Первая: риски высокой степени опасности, требующие немедленного оказания экстренной медицинской помощи. Вторая: риски средней степени опасности, требующие дополнительных

методов диагностики, консультации смежных специалистов, возможного направления для стоматологического лечения в условиях стационара, применение наркоза и седации, возможно оказание неотложной медицинской помощи. Третья: риски низкой степени опасности, требующие адекватной местной инъекционной анестезии (выбор анестетика, вазоконстриктора, инъекционной иглы, шприца, правильная техника местной анестезии), контроля основных жизненно важных функций организма.

Классификация рисков местного обезболивания в стоматологии

1. Красная зона рисков:

- А. Анафилактический шок.
 - Б. Внезапная остановка сердца и дыхания (включая респираторный дистресс-синдром взрослых) .
 - В. Системная токсичность местного анестетика.
 - Г. Передозировка местного анестетика.
 - Д. Судорожный синдром.
 - Е. Кома.
 - Ж. Нарушения сознания.
- #### 3. Нарушения дыхания.
- И. Нарушения системы кровообращения.
 - К. Психические расстройства, сопровождающиеся действиями пациента, представляющими непосредственную опасность для него или других лиц.
 - Л. Болевой синдром.
 - М. Травмы любой этиологии, отравления, ранения (сопровождаясь кровотечением, представляющим угрозу жизни, или повреждением внутренних органов) .
 - Н. Термические и химические ожоги.
 - О. Кровотечения любой этиологии.
 - П. Роды, угроза прерывания беременности.

2. Желтая зона рисков:

- А. Сопутствующая патология (особенно в состоянии декомпенсации) сопровождающая оказание стоматологической помощи и местное обезболивание.
- Б. Беременные женщины.
- В. Дети, пациенты пожилого и старческого возраста.
- Г. Нарушения ЦНС — головокружение, дурнота, сонливость, спутанность сознания, дизартрия, атаксия, потеря слуха и эйфория, тошнота, рвота.

3. Зеленая зона рисков:

- А. Пациенты, получающие стоматологическое лечение в амбулаторных условиях у всех врачей стоматологических специальностей.

Для внутреннего контроля качества применения местного обезболивания разработан «Реестр рисков

местной анестезии в стоматологии. Клинические риски», свидетельство о депонировании № 020–010761 от «11» ноября 2020 г. ISBN: 978–5–4472–9437–3.

Обсуждение

Стэнли Маламед [8] заявил: «Частота неадекватной анестезии колеблется от 31% до 81%. Любая инъекция местного анестетика связана с увеличением риска системных и местных осложнений, возможные повышенные медицинские осложнения и дискомфорт пациента, и страх», что помещает результаты нашего исследования в средний диапазон. В научной работе [7], авторы сообщают о клиническом случае, когда пациенту сделали инъекцию местного анестетика для лечения зубов, и в течение 30 минут у него развилась анафилактическая реакция. Опекун вернулся в процедурный кабинет и сообщил, что пациент жалуется на зуд и ощущение жара. Когда медицинский работник доставил пациентку в дневной стационар, кожа головы и околоушной области пациентки приобрела красноватый оттенок, она жаловалась на зуд и расчесывала очаг поражения. До подачи кислорода периферическая сатурация кислорода составляла 95%, частота сердечных сокращений — 55 ударов в минуту, артериальное давление — 49/38 мм рт. Когда врач-стоматолог более внимательно изучил историю болезни пациента, после выздоровле-

ния, обнаружил, запись в медкарте о потере сознания в течение 30 минут после стоматологической помощи в местной клинике восемь лет назад. Необходим внутренний контроль применения местного обезболивания, регистрация рисков при проведении местной анестезии для профилактики местных и общих осложнений; учет нежелательных событий при проведении местной инъекционной анестезии, и перечень (информационная база) возможных рисков при различных видах анестезии.

Выводы

Таким образом, наши исследования и анализ литературы показывают, что все риски и их последствия не сгруппированы. Нет оценки последствий рисков. Нет оценки степени жизнеугрожающих состояний, которые могут привести к необходимости оказания экстренной медицинской помощи. Классификация рисков местного обезболивания и их последствий позволит повысить безопасность стоматологического лечения и улучшить результаты стоматологической помощи.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. пациента умерли в стоматологических клиниках России в 2015 году (архив). Дата обращения: 21.10.2019. <https://doctorpiter.ru/articles/15812/>.
2. Габай П.Г. Защита чести, достоинства и деловой репутации врачей и клиник. — М.: Гэотар-Медиа, 2019. — 175с.
3. Лебедев М.В., Захарова И.Ю., Керимова К.И., Кочетов Е.И., Аюшева А.А. Определение наиболее эффективного способа анестезиологического пособия при оперативном лечении бронхоорганных кист шеи//Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. — 2019. — № 2 (50) . — С.62–68.
4. Рабинович С.А. Безопасное обезболивание в стоматологии. — М.: Гэотар-Медиа, 2018. — 154с.
5. Barrabé A, Louvrier A, Allary R, Moussa M, Boutros M, Bénateau H. Infantile and adult mortality in precarious conditions. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* 2020 Feb;121 (1):49–52. doi: 10.1016/j.jormas.2019.04.010. Epub 2019 Apr 26. PMID: 31035021.
6. Keswani ES, Venkateshwar G. Odontogenic Maxillofacial Space Infections: A 5-Year Retrospective Review in Navi Mumbai. *J Maxillofac Oral Surg.* 2019 Sep;18 (3):345–353. doi: 10.1007/s12663–018–1152-x. Epub 2018 Sep 27. PMID: 31371872; PMCID: PMC6639522.
7. Kim H, Lee JM, Seo KS, Kwon SM, Row HS. Anaphylactic reaction after local lidocaine infiltration for retraction of retained teeth. *J Dent Anesth Pain Med.* 2019 Jun;19 (3):175–180. doi: 10.17245/jdapm.2019.19.3.175. Epub 2019 Jun 30. PMID: 31338424; PMCID: PMC6620540.
8. Rao SS, Ramana Reddy KV, Nath P, Bindra S, Jadaun G. Is screening in dental office an effective method of detecting undiagnosed hypertension? *Indian J Dent Res.* 2018 Jul-Aug;29 (4):534–539. doi: 10.4103/ijdr.IJDR_298_17. PMID: 30127209.
9. Renton T. Optimal Local Anaesthesia for Dentistry. *Prim Dent J.* 2019 Feb 19;7 (4):51–61. PMID: 30835668.

© Богаевская Оксана Юрьевна (7959369@gmail.com), Сохов Сергей Талустанович,
Косырева Тамара Федоровна, Лазечко Марьяна Игоревна,
Гридякин Иван Владимирович, Рыхлевич Артем Александрович.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ НЕВЫНАШИВАНИЯ БЕРЕМЕННОСТИ В УСЛОВИЯХ НАЛИЧИЯ ХРОНИЧЕСКОГО ЭНДОМЕТРИТА БАКТЕРИАЛЬНО-ВИРУСНОЙ ЭТИОЛОГИИ

POSSIBLE CAUSES OF MISCARRIAGE IN THE PRESENCE OF CHRONIC ENDOMETRITIS OF BACTERIAL-VIRAL ETIOLOGY

**A. Gadzhieva
A. Esedova
U. Gadzhieva
F. Mamedov**

Summary. Chronic endometritis is one of the most common diseases among women of reproductive age with a history of miscarriage. The development of morphological and functional changes in the endometrium of an inflammatory nature caused by chronic inflammation causes a number of serious complications in the female body, which justifies the relevance of studying the significance of bacterial and viral agents in the etiology of chronic endometritis. The purpose of the work is to determine the significance of chronic endometritis of bacterial and viral etiology in the aspect of miscarriage. According to the obtained results, the relationship between the presence of bacterial-viral agents and the development of chronic endometriosis was established, the relevance of gynecological and histological examination in case of a history of miscarriage was shown, and the study of the hormonal status in women with chronic endometritis was proposed as a further study.

Keywords: chronic endometritis, miscarriage, infertility, bacterial-viral vaginosis.

Гаджиева Аминат Магомедгаджиевна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Дагестанский
государственный медицинский университет»
Минздрава России, Махачкала
amina.gadzhieva1989@mail.ru

Эседова Асият Эседовна

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Дагестанский
государственный медицинский университет»
Минздрава России, Махачкала
asiyat_idrisova@bk.ru

Гаджиева Умаган Абдулмуслимовна

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Дагестанский
государственный педагогический университет»
Минобразования России, Махачкала
gapisova65@icloud.com

Мамедов Ферзи Султанович

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный
медицинский университет» Минздрава России,
Махачкала
zaynal.zaynalov@mail.ru

Аннотация. Хронический эндометрит является одним из наиболее распространенных заболеваний среди женщин репродуктивного возраста, имеющих в анамнезе невынашивание беременности. Развитие морфофункциональных изменений эндометрия воспалительного характера, вызванных хроническим воспалением, вызывает ряд серьезных осложнений в женском организме, что обосновывает актуальность исследования значения бактериально-вирусных агентов в этиологии хронического эндометрита. Цель работы — определить значение хронического эндометрита бактериально-вирусной этиологии в аспекте невынашивания беременности. Согласно полученным результатам, установлена взаимосвязь между присутствием бактериально-вирусных агентов и развитием хронического эндометриоза, показана актуальность гинекологического и гистологического обследования в случае присутствия в анамнезе невынашивания беременности, предложено в качестве дальнейшего направлений исследований изучение гормонального статуса у женщин с хроническим эндометритом.

Ключевые слова: хронический эндометрит, невынашивание беременности, бесплодие, бактериально-вирусный вагиноз.

Невынашивание беременности представляет собой наиболее неблагоприятный исход течения беременности и является одной из важнейших проблем репродуктивной медицины [7]. При этом в развитии репродуктивных потерь роль «маточного фактора» составляет от 24 до 62%, а лидирующим по частоте встречаемости среди заболеваний матки является хронический эндометрит (ХЭ), преимущественно бессимптомное течение и несовершенство диагностики которого усугубляет проблему в его своевременной терапии и предупреждении невынашивания беременности [4].

ХЭ представляет собой клинко-морфологический синдром, объединяющий комплекс морфофункциональных изменений эндометрия воспалительного характера, вызванных хроническим воспалением функционального и базального слоев эндометрия [1, 3]. Частота выявления ХЭ среди женщин репродуктивного возраста в зависимости от критериев постановки диагноза варьирует в разных странах от 0,2% до 66,3%, составляя в среднем около 14%, при этом пик заболеваемости приходится на возраст 16–25 лет [5, 6]. Триггером ХЭ является наличие инфекционного агента бактериальной или вирусной этиологии, вызывающего воспаление слизистой оболочки матки, в том числе вследствие перехода условно-патогенной микрофлоры влагалища в патогенную при неадекватной антибиотикотерапии, травмировании слизистой, снижении местного иммунитета и т.д. [7].

Цель работы

Определить значение ХЭ бактериально-вирусной этиологии в аспекте невынашивания беременности.

Материалы и методы

Обследовано 150 женщин в возрасте 18–35 лет (средний возраст $30,3 \pm 0,5$ лет), с наличием диагноза «невынашивание беременности» в анамнезе. Женщин поровну разделили на три группы исследования: основную, группу сравнения и контрольную группу. В основную группу вошли женщины ($n=50$, средний возраст $31,4 \pm 1,57$ лет) с 2–3 и более выкидышами в анамнезе, в группу сравнения — женщины ($n=50$, средний возраст $30,7 \pm 1,53$ лет) с 1 выкидышем в анамнезе, в контрольную группу — здоровые женщины ($n=50$, средний возраст $28,8 \pm 1,44$ лет).

На первом этапе исследования был собран гинекологический анамнез обследуемых (генитальная патология, менструальная функция, наличие инвазивных и оперативных вмешательств в полость матки, особенности плодоразрешения, наличие аборт, количество

выкидышей, и т.д.), оценивались предъявляемые ими жалобы. На втором этапе исследования провели гинекологический осмотр обследуемых. На третьем этапе выполнили ряд лабораторных и инструментальных методов исследования.

Согласно полученным результатам, у обследуемых из основной группы обнаружена достоверность различий ($p < 0,05$) в частоте следующих жалоб: выделения из половых путей (у 84% обследованных в основной группе, относительно 46% и 14% соответственно в группе сравнения и контрольной группе), диспареуния (68% в контрольной группе, относительно 42% и 10% соответственно в группе сравнения и контрольной группе), бесплодие (56% в основной группе, относительно 30% и 6% соответственно в группе сравнения и контрольной группе). Наличие дискомфортных ощущений при менструации отметили 48% обследованных в контрольной группе, относительно 22% — в группе сравнения и 10% в контрольной группе; болевые ощущения внизу живота и наличие мажущих выделений имелись у 42% женщин из основной группы (в группе сравнения и контрольной группе болевые ощущения присутствовали соответственно у 18% и 4% обследованных, а мажущие выделения — у 32% и 2% соответственно).

Дополнительно проанализировали частоту выявления признаков воспаления стенок влагалища (гиперемия, бели), при этом различия между основной группой и двумя другими группами оказались также статистически достоверными ($p < 0,05$) и составили 76% (гиперемия) и 64% (бели); в группе сравнения и контрольной группе частота аналогичных признаков составила соответственно 38% и 16% (гиперемия), 28% и 10% (бели).

При бактериоскопическом исследовании мазок «нормоцитоз», отражающий нормальное состояние микробиоценоза влагалища, достоверно чаще ($p < 0,05$) присутствовал в контрольной группе (у 78% обследованных), что превышало частоту встречаемости в 1,26 раз у обследуемых группы сравнения и в 1,95 раз — у обследуемых основной группы (частота встречаемости соответственно составила 62% и 40%). Мазки «бактериальный вагиноз» и «неспецифический вагинит», отражающие наличие патологической микрофлоры, достоверно чаще присутствовали у женщин основной группы (у 28% и 18% обследованных соответственно). Необходимо отметить, что в случае бактериального вагиноза у пациенток основной группы гораздо чаще регистрировали явления декомпенсации и субкомпенсации процесса (достоверность различий соответственно составила $p < 0,05$ и $p < 0,01$). При этом была обнаружена прямая зависимость между количеством жалоб женщин и «патологическими» мазками.

В мазках женщин основной группы преобладали *E. coli* (в 21,43% случаев, $p < 0,01$), а также *Enterococcus Faecalis* и *Staphylococcus Saprophyticus* (в 14,29% случаев, $p < 0,05$). Среди прочих микроорганизмов у обследованных из основной группы достоверно чаще ($p < 0,05$) обнаруживали наличие микроорганизмов *Herpes simplex virus I-II*, *Cytomegalovirus* (в 17,48% и 15,53% и случаев соответственно), а также *Chlamidia Trachomatis* и *Candida Albicans* (в 14,56% случаев). В 18,45% случаев, с достоверностью $p < 0,01$, у обследуемых основной группы обнаружили присутствие *Ureaplasma Urealiticum*.

При бимануальном исследовании увеличение матки и придатков, а также увеличение толщины эндометрия были выявлены преимущественно у женщин из основной группы ($p < 0,05$), что может являться следствием хронического воспалительного процесса. По результатам ультразвукового исследования органов малого таза нормальное положение матки достоверно чаще присутствовало у обследованных из контрольной группы (у 96% обследованных, $p < 0,05$), в то время как у женщин из основной группы и группы сравнения отмечалось большее число случаев положения матки «retroversio» и «retroflexio» (соответственно у 36% и 18% обследованных, $p < 0,05$). При оценке размеров и наличии кист в левом и правом яичниках в контрольной группе достоверно чаще ($p < 0,05$) отмечались нормальные их размеры и отсутствие кист, в то время как в основной группе присутствовали кисты (в 18% и 16% соответственно в правом и левом яичнике, $p < 0,05$), с одновременным достоверным уменьшением размеров фолликулов у обследуемых из основной группы относительно обследуемых из группы контроля (соответственно $9,08 \pm 0,45$ мм и $15,14 \pm 0,76$ мм, $p < 0,05$).

По результатам общеклинического анализа крови установлено достоверное ($p < 0,05$) увеличение сегментоядерных нейтрофилов ($5,3 \pm 0,25 \times 10^9/\text{л}$) и моноцитов ($0,43 \pm 0,02 \times 10^9/\text{л}$), при одновременном снижении лимфоцитов ($2,25 \pm 0,12 \times 10^9/\text{л}$), что может являться следствием присутствия в организме хронического инфекционного процесса. При анализе показателей клеточного и гуморального иммунитета, а также при анализе показателей цитокинового спектра у женщин из основной группы обнаружены достоверные ($p < 0,05$) увеличения показателей Т-хелперов, цитотоксических и натуральных киллерных клеток, отмечено увеличение количества IgM (гуморальное звено иммунитета), а также достоверное ($p < 0,01$) увеличение уровня цитокинов (ИЛ-2, ИЛ-4, ИЛ-6). Полученные результаты в их совокупности отражают наличие острого и хронического инфицирования у обследованных основной группы, при этом наличие острого воспалительного процесса статистически достоверно ($p < 0,01$) домини-

ровало также у женщин из основной группы (частота встречаемости острого воспалительного процесса в основной группе, группе сравнения и контрольной группе соответственно составила 70%, 28% и 6%).

При сравнительном анализе характера воспалительного процесса было выявлено статистически достоверное преобладание его вирусной и вирусно-бактериальной этиологии (30% и 12% соответственно, $p < 0,01$). При этом достоверно чаще среди бактериальной флоры обследованных из основной группы были выявлены *Staphylococcus aureus* (в 18% случаев, $p < 0,05$), на втором месте — *Ureaplasma parvum* (16%), на третьем — *Klebsiella pneumonia* и *Mikoplasma genitalium* (в 8% случаев). Среди вирусной флоры достоверно чаще ($p < 0,05$) отмечено наличие *Herpes virus I-II* (в 56% случаев), *Cytomegalovirus* (в 42% случаев), *Epstein-Barr virus* (в 34% случаев), а также *Human papillomavirus 16, 18, 31, 33, 35* (в 28% случаев).

По результатам гистологического исследования в отношении степени выраженности воспалительного процесса у женщин из основной группы достоверно чаще выявлено наличие сильно выраженной воспалительной реакции (в 56% случаев, $p < 0,01$), а также умеренно и слабо выраженной воспалительной реакции (32% и 38% соответственно, $p < 0,05$). У пациентов из контрольной группы, в свою очередь, отмечено статистически достоверное отсутствие воспалительной реакции (в 80% случаев, $p < 0,05$). При этом наличие сильно выраженного воспаления сопровождалось воспалительной инфильтрацией стромы диффузного характера. В случае умеренно выраженной воспалительной реакции отмечено наличие воспалительной инфильтрации преимущественно периваскулярно и в области вокруг желез; в строме отмечено наличие единичных мелких лимфоидных фолликулов. При слабо выраженной реакции воспаления были обнаружены эозинофилы, плазмоциты и лимфоциты.

Заключение

Согласно результатам выполненного исследования, необходимо отметить наличие взаимосвязи между присутствием бактериально-вирусных агентов и развитием хронического эндометрита, являющегося одной из основных причин невынашивания беременности. Было выявлено, что наличие прямой зависимости между количеством жалоб, обследуемых при оценке гинекологического анамнеза, и наличием патологической микрофлоры влагалища свидетельствует об актуальности проведения у пациенток с невынашиванием беременности в анамнезе первичного гинекологического обследования. Кроме того, выявленное наличие бактериального компонента в цервикальном канале обследуемых

дующих из основной группы может рассматриваться как предпосылка к распространению инфекции в полость матки, что, в случае отсутствия своевременных терапевтических мероприятий, представляет собой высокий риск развития хронического эндометрита. Обнаруженный вирусно-бактериальный характер хронического воспалительного процесса также способствует

увеличению развития бесплодия. Увеличение толщины эндометрия, а также уменьшение размеров фолликула у женщин из основной группы могут также рассматриваться как следствие гормонального дисбаланса в гипоталамо-гипофизарно-овариальной областях, что является предпосылкой к дополнительному исследованию гормонального статуса женщин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данусевич И.Н. Частота встречаемости хронического эндометрита у женщин с различными вариантами репродуктивных нарушений. Бюллетень ВСЦН СО РАМН. 2013; 4 (92): 111–113.
2. Колесниченко А.А., Петров Ю.А. Хронический эндометрит и невынашивание беременности. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019; 10: 313–317.
3. Мальцева Л.И., Шарипова Р.И., Железова М.Е. Хронический эндометрит — смена привычных представлений. Практическая медицина. 2018; 16 (6): 99–105.
4. Оразов М.Р., Токтар Л.Р., Михалева Л.М., Силантьева Е.С., Семенов П.А., Лагутина Е.В., Орехов Р.Е. Хронический эндометрит и дисфункция эндометрия — есть ли причинно-следственная связь? Акушерство и гинекология: Новости. Мнения. Обучения. 2020; 3 (29): 61–69.
5. Плясунова М.П., Хлыбова С.В. Хронический эндометрит как одна из актуальных проблем в современной гинекологии. Вятский медицинский вестник. 2013; 1: 44–53.
6. Cicinelli E., Matteo M., Tinelli R., Pinto V., Marinaccio M., Indraccolo U., De Zielger D., Resta L. Chronic Endometritis Due to Common Bacteria Is Prevalent in Women With Recurrent Miscarriage as Confirmed by Improved Pregnancy Outcome After Antibiotic Treatment. *Reprod. Sci.* 2014; 21 (5): 640–647.
7. Silver RM, Branch DW, Goldenberg R, Iams JD, Klebanoff MA. Nomenclature for pregnancy outcomes: time for a change. *Obstet Gynecol.* 2011; 118 (6): 1402–1408.

© Гаджиева Аминат Магомедгадиевна (amina.gadzhieva1989@mail.ru), Эседова Асият Эседовна (asiyat_idrisova@bk.ru), Гаджиева Умаган Абдулмуслимовна (gapisova65@icloud.com), Мамедов Ферзи Султанович (zaynal.zaynalov@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Дагестанский государственный медицинский университет

СИНДРОМ МЬЮИРА-ТОРРЕ

Дивинская Валентина Александровна

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Институт «Медицинская академия имени С.И. Георгиевского», Симферополь

Балакчина Анна Игоревна

Ассистент, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Институт «Медицинская академия имени С.И. Георгиевского», Симферополь

anna.balakchina@mail.ru

Баландина Анастасия Геннадьевна

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Институт «Медицинская академия имени С.И. Георгиевского», Симферополь

anastasya.nazarova-1@yandex.ru

Благовестная Екатерина Игоревна

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Институт «Медицинская академия имени С.И. Георгиевского», Симферополь

Katy_katy1718@mail.ru

Серёда Елизавета Владимировна

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Институт «Медицинская академия имени С.И. Георгиевского», Симферополь

liza.sereda.98@mail.ru

Энзель Дарья Анатольевна

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Институт «Медицинская академия имени С.И. Георгиевского», Симферополь

darya.enzel@yandex.ru

MUIR-TORRE SYNDROME

V. Divinskaya

A. Balakchina

A. Balandina

E. Blagovestnaya

E. Sereda

D. Enzel

Summary. Muir-Torre syndrome (SMT) was first described in 1967 by Muir, and in 1968 by Torre. Muir-Torre syndrome is a disease with an autosomal dominant type of inheritance, which is a phenotypic variant of hereditary non-polypous colorectal cancer (HNPCC), also known as Lynch syndrome. The syndrome is caused by mutations in DNA mismatch repair genes, which leads to microsatellite instability. Distinctive features of Muir-Torre syndrome are skin neoplasms and visceral malignant neoplasms, the most common of which is colon carcinoma. The association of mismatch repair gene mutations and visceral malignancies requires earlier and more frequent assessment for malignancy.

Keywords: Muir-Torre syndrome, Lynch syndrome, keratoacanthomas, immunohistochemistry, MLH1, MSH2, MSH6 and PMS2.

Аннотация. Синдром Мьюира-Торре (СМТ) был впервые описан в 1967 году Мьюиром, а в 1968 году Торре. Синдром Мьюира-Торре это заболевание с аутосомно-доминантным типом наследования, которое является фенотипическим вариантом наследственного неполипозного колоректального рака (HNPCC), также известного как синдром Линча. Синдром вызван мутациями в генах восстановления несоответствия ДНК, что приводит к микросателлитной нестабильности. Отличительными чертами синдрома Мьюира-Торре являются новообразования кожи и висцеральные злокачественные новообразования, наиболее распространенная из которых карцинома толстой кишки. Связь мутаций гена репарации несоответствия и висцеральных злокачественных новообразований требует более ранней и частой оценки на предмет злокачественности.

Ключевые слова: синдром Мьюира-Торре, синдром Линча, кератоакантомы, иммуногистохимия, MLH1, MSH2, MSH6 и PMS2.

Синдром Мьюира-Торре вызван генетическим дефектом в генах восстановления несоответствия и чаще всего наследуется по аутосомно-доминантному типу. Гены, наиболее часто мутирующие при синдроме Мьюира-Торре, включают MLH1, MSH2, MSH6 и PMS2. Совсем недавно были описаны некоторые аутосомно-рецессивные случаи синдрома Мьюира-Торре, которые не приводят к микросателлитной нестабильности и обусловлены дефектами в базовом гене эксцизионной репарации, известном как МҮН. По оценкам, на эти случаи приходится примерно 35% случаев синдрома Мьюира-Торре, и они получили название MTS II. Также были описаны спорадические случаи, которые обычно наблюдаются в условиях иммуносупрессии, основными нарушителями которой являются такролимус и циклоспорин [1].

Большинство задокументированных случаев синдрома Мьюира-Торре зафиксировано у пациентов европеоидной расы из развитых стран. Частота встречаемости среди мужчин выше, чем у женщин в соотношении 3:2. Средний возраст начала злокачественных новообразований составляет 53 года, при этом самый ранний зарегистрированный случай заболевания приходится на 23 года, а самый поздний — на 89 лет. Синдром Мьюира-Торре наблюдается у 9,2% пациентов с HNPCC [2].

Как следует из их названия, гены репарации несоответствия продуцируют белки, которые отвечают за исправление ошибок, допущенных во время подбора пар оснований при репликации ДНК. Дефекты в этих генах приводят к увеличению числа неисправленных ошибок, которые вызывают повышенную вероятность возникновения опухолей. Биаллельные дефекты в гене МҮН вызывают аутосомно-рецессивную форму синдрома Мьюира-Торре (MTS II). Функция белка, экспрессируемого этим геном, заключается в восстановлении иссечения основания. Микросателлитная нестабильность не наблюдается в этом подмножестве синдрома Мьюира-Торре [3].

Кожные новообразования, о которых сообщалось при синдроме Мьюира-Торре, включают аденомы сальных желез, эпителиомы сальных желез, карциномы сальных желез, кистозные опухоли сальных желез, базально-клеточные карциномы с дифференцировкой сальных желез и кератоакантомы, обычно демонстрирующие некоторую дифференцировку сальных желез. Аденомы сальных желез являются наиболее распространенными среди этих опухолей. Критерии для постановки диагноза синдрома Мьюира-Торре включают, по крайней мере, одно новообразование сальных желез и, по крайней мере, одну внутреннюю злокачественную опухоль в какой-то момент жизни пациента,

без других причинных факторов, таких как лучевая терапия или иммуносупрессия. Диагноз также может быть поставлен при сочетании множественных кератоакантом, висцеральной злокачественности и семейного анамнеза МТС. Следует отметить, что гиперплазия сальных желез и невус сальных желез Ядассона не считаются признаками синдрома Мьюира-Торре [4].

Аденомы сальных желез представляют собой хорошо разграниченные разрастания, демонстрирующие многочисленные дольки, состоящие из клеток сальных желез, окруженных базалоидными клетками. Разрастание часто внедряется в эпидермис. Количество дифференцированных (сальных) и недифференцированных (базалоидных) клеток примерно одинаково. Описаны три гистологических варианта, включая солидный, кистозный и кератоакантомоподобный. Эпителиомы сальных желез имеют те же архитектурные особенности, что и аденомы сальных желез; однако количество недифференцированных клеток составляет более половины клеток, наблюдаемых при пролиферации. Карциномы сальных желез проявляются пролиферацией базалоидных клеток и клеток сальных желез, расположенных в виде пластинок, и с признаками злокачественности, такими как митотические фигуры, гиперхроматизм, некроз, клеточный плеоморфизм [5].

Кератоакантомы, наблюдаемые при синдроме Мьюира-Торре, не только клинически выглядят как спорадический вариант, но и гистологически выглядят аналогично. Иногда внутри кератоакантомы может наблюдаться некоторая дифференцировка сальных желез. Когда эти признаки видны, их следует рассматривать как маркер синдрома Мьюира-Торре, и следует провести соответствующее тестирование на несоответствие генов репарации [6].

Клиническая картина может отличаться из-за вариабельной экспрессии дефектов в генах восстановления несоответствия, а количество новообразований сальных желез может варьироваться от единичного поражения до сотен. Поражения сальных желез часто проявляются в виде медленно растущих, безболезненных, желтоватого цвета папул или узелков, которые могут иметь или не иметь изъязвления. Наиболее распространенной локализацией является лицо, но на любом участке кожи с сальной железой может развиваться опухоль. Большинство спорадических опухолей сальных желез у пациентов без синдрома Мьюира-Торре наблюдается на носу и веке, и любая опухоль сальных желез ниже шеи должна вызывать подозрение на синдром Мьюира-Торре. Клиническая картина кератоакантом сходна со спорадическим аналогом, и они могут рассматриваться как одиночные поражения или множественные [6].

При обследовании любого пациента с подозрением на наличие синдрома Мьюира-Торре необходимо собрать тщательный анамнез. Хотя наиболее распространенной злокачественной опухолью является карцинома толстой кишки, было описано множество других видов рака, связанных с синдромом Мьюира-Торре, включая злокачественные новообразования, поражающие эндометрий, шейку матки, яичники, молочные железы, тонкую кишку, кости, гепатобилиарные пути, головной мозг, поджелудочную железу, верхние отделы уроэпителиального тракта, кровь (лимфома и лейкемия) и легкие.

Иммуногистохимия (ИГХ) может быть выполнена на новообразованиях сальных желез для выявления дефектов в генах восстановления несоответствия, обычно участвующих в синдроме Мьюира-Торре, и текущие рекомендации рекомендуют этот тест. Однако этот метод не является диагностическим для синдрома Мьюира-Торре, поскольку поступали сообщения о мутациях гена восстановления несоответствия в новообразованиях сальных желез у пациентов, у которых не было дефекта в других клетках в других частях тела. Это открытие позволяет предположить, что дефекты генов были соматическими, а не мутациями зародышевой линии. У этих пациентов более высокий риск развития злокачественных новообразований внутренних органов не наблюдается. Из-за диагностических ограничений ИГХ для синдрома Мьюира-Торре некоторые авторы выступают за тестирование ИГХ на новообразованиях сальных желез на наличие генов восстановления несоответствия в сочетании с получением подробных личных и семейных историй. Если результат ИГХ выявляет мутации гена восстановления несоответствия, тогда требуется генетическое тестирование, прежде чем проводить дальнейшие исследования, такие как скрининговые тесты на злокачественность. Как только диагноз синдрома Мьюира-Торре будет подтвержден генетическим тестированием, следует проводить ежегодные обследования на наличие злокачественных новообразований. У пациентов с синдромом Мьюира-Торре следует применять более низкий порог для биопсии клинически выраженных опухолей сальных желез, поскольку карциномы сальных желез часто изначально проявляются аналогично их доброкачественным аналогам, и это часто приводит к задержке в постановке диагноза. Более низкий порог особенно важен для периокулярных поражений, поскольку это наиболее распространенное место для карциномы сальных желез; однако карциномы сальных желез могут возникать из любой сальной железы [7].

После установления диагноза пациенты с синдромом Мьюира-Торре должны проходить ежегодное обследование на предмет злокачественных новообразо-

ваний внутренних органов и кожи. Следует провести эндоскопию верхних и нижних отделов желудочно-кишечного тракта. Колоноскопию можно начинать уже в 18 лет, в то время как верхняя эндоскопия рекомендуется в возрасте от 25 до 30 лет. Мужчины должны проходить ежегодное обследование яичек и предстательной железы, а женщины должны проходить ежегодное обследование молочных желез и органов малого таза, а также трансвагинальное ультразвуковое исследование и забор эндометрия на предмет подозрительных результатов. Другие потенциально полезные тесты включают рентген грудной клетки, цитологию шейки матки и мочи, уровни карциноэмбрионального антигена, анализ скрытой крови в кале, функциональные тесты печени и общий анализ крови [7].

Кожные проявления синдрома Мьюира-Торре могут быть трудно поддающимися лечению из-за потенциального количества и обезображивания, которые могут вызвать многочисленные новообразования сальных желез. Местное иссечение и криотерапия могут быть выполнены для пациентов, желающих удалить доброкачественные образования. Кератоакантомы также следует лечить консервативно с помощью местного иссечения. Карциномы сальных желез могут давать локальные и отдаленные метастазы, и их следует лечить более агрессивно с помощью широкого локального иссечения с краями 5–6 миллиметров или микрографической хирургии по Моосу. Лучевая терапия также может быть использована, но только в качестве вспомогательной терапии после удаления рецидивирующей карциномы сальных желез или региональных метастазов. Облучение в качестве монотерапии первичной кожной карциномы сальных желез было связано с более высокими показателями смертности и рецидивов. Кроме того, сообщалось, что интерферон-альфа в сочетании с пероральным изотретиноином снижает развитие кожных и висцеральных злокачественных новообразований [8,9].

Дифференциальный диагноз синдрома Мьюира-Торре будет включать другие синдромы, при которых на лице и / или теле появляются множественные кожные папулы и узелки, такие как синдром Каудена, синдром Бирта-Хогга-Дубе, туберозный склероз, синдром Брука-Шпиглера и синдром Горлина. У пациентов с многочисленными кератоакантомами следует учитывать такие синдромы, как генерализованные эруптивные кератоакантомы типа Гржибовского и множественные эруптивные кератоакантомы типа Фергюсона-Смита. Также следует учитывать спорадические варианты опухолей сальных желез и кератоакантом, хотя первые не распространены среди населения в целом. Как отмечалось ранее, спорадические новообразования сальных желез чаще всего возникают на голове, в то время как они редко встречаются ниже шеи.

Новообразования сальных желез, обнаруженные ниже шеи, должны вызывать подозрение на синдром Мьюира-Торре [10,11].

Таким образом, синдром Мьюира-Торре (MTS) является формой синдрома Линча и характеризуется опухолями кожи сальных желез в сочетании с раком внутренних органов. Наиболее распространенным поражением внутренних органов является желудочно-кишечный тракт (почти у половины пораженных людей колоректальный рак), за которым следует мочеполовой тракт. Поражения кожи могут развиваться до или после постановки диагноза рака внутренних органов. МТС вызывается изменениями в генах MLH1 или MSH2

и наследуется аутосомно-доминантным образом. Генетическое изменение в любом из этих генов дает человеку повышенный пожизненный риск развития кожных изменений и видов рака, связанных с этим заболеванием. Диагностика этого редкого заболевания требует поиска сопутствующих внутренних злокачественных заболеваний: особенности кожных поражений и их биомолекулярная характеристика с анализом микросателлитной нестабильности и иммуногистохимией могут быть использованы для выявления семейного синдрома Мьюира-Торре, что позволит врачам разработать индивидуальную программу скрининга злокачественных заболеваний кожи и внутренних органов у пациентов высокого риска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шельгин Ю.А., Кашников В.Н., Фролов С.А., Кузьминов А.М., Сачков И.Ю., Порхаева А.А., Завадский С.В., Шубин В.П., Поспехова Н.И., Цуканов А.С. Молекулярно-генетическое исследование наследственной предрасположенности к разным формам полипоза толстой кишки // Колопроктология. 2013. № 1. С. 9–14.
2. Кузьминов А.М., Фролов С.А., Сачков И.Ю., Чубаров Ю.Ю., Поспехова Н.И., Цуканов А.С., Шельгин Ю.А. Ослабленная форма семейного аденоматоза: клинико-генетические особенности и лечебная тактика // Вопросы онкологии. 2013. Т. 59. № 6. С. 745–750.
3. Поспехова Н.И., Шубин В.П., Ачкасов С.И., Кашников В.Н., Фролов С.А., Цуканов А.С., Шельгин Ю.А. Синдром Линча среди российских больных колоректальным раком с отягощенным анамнезом // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2014. № 1. С. 59–64.
4. Wield A, Hodeib M, Khan M, Gubernick L, Li AJ, Kandukuri S, Sebaceous carcinoma arising within an ovarian mature cystic teratoma: A case report with discussion of clinical management and genetic evaluation. *Gynecologic oncology reports*. 2018 Nov; [PubMed PMID: 30225334]
5. Шубин В.П., Поспехова Н.И., Цуканов А.С., Рыбаков Е.Г., Панина М.В., Сушкова О.И., Ачкасов С.И., Жданкина С.Н., Кашников В.Н., Фролов С.А., Шельгин Ю.А. Частота и спектр мутаций в гене KRAS при раке толстой кишки разной локализации и раке анального канала // Медицинская генетика. 2014. № 5. С. 31–35.
6. Поспехова Н.И., Цуканов А.С., Шубин В.П., Сачков И.Ю., Ачкасов С.И., Кашников В.Н., Фролов С.А., Шельгин Ю.А. Молекулярно-генетическая диагностика основных наследственных форм колоректального рака // Медицинский алфавит. 2014. Т. 1. № 2. С. 11–15.
7. Kudibal MT, Venzo A, [Muir-Torre syndrome]. *Ugeskrift for laeger*. 2018 Jul 2; [PubMed PMID: 29984696]
8. Torre K, Ricketts J, Dadras SS, Muir-Torre Syndrome: A Case Report in a Woman Without Personal Cancer History. *The American Journal of dermatopathology*. 2019 Jan; [PubMed PMID: 29933315]
9. Tjarks BJ, Kerkvliet AM, Jassim AD, Sebaceous Carcinoma in Situ Masquerading Clinically and Histologically as Paget Disease of the Breast. *South Dakota medicine: the journal of the South Dakota State Medical Association*. 2018 Aug; [PubMed PMID: 30110525]
10. Le S, Ansari U, Mumtaz A, Malik K, Patel P, Doyle A, Khachemoune A, Lynch Syndrome and Muir-Torre Syndrome: An update and review on the genetics, epidemiology, and management of two related disorders. *Dermatology online journal*. 2017 Nov 15; [PubMed PMID: 29447627]
11. Brown S, Brennan P, Rajan N, Inherited skin tumour syndromes. *Clinical medicine (London, England)*. 2017 Dec; [PubMed PMID: 29196359]

© Дивинская Валентина Александровна, Балакчина Анна Игоревна (anna.balakchina@mail.ru),

Баландина Анастасия Геннадьевна (anastasya.nazarova-1@yandex.ru), Благовестная Екатерина Игоревна (Katy_katy1718@mail.ru),

Середа Елизавета Владимировна (liza.sereda.98@mail.ru), Энзель Дарья Анатольевна (darya.enzel@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ И РАСПРОСТРАНЕННОСТИ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЫ В РЕСПУБЛИКЕ МОРДОВИЯ СРЕДИ ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ

EPIDEMIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE INCIDENCE AND PREVALENCE OF BRONCHIAL ASTHMA IN THE REPUBLIC OF MORDOVIA AMONG THE ADULT POPULATION

A. Dyachkova
A. Barabash
E. Dyachkova
M. Ryabova
A. Ovtina
A. Prokopjeva

Summary. Bronchial asthma (BA) is a common human disease of great social and economic importance due to the persistent incidence and mortality from this disease throughout the world, as well as a long period of temporary disability, frequent disability and high cost of patient treatment. The study of the epidemiological features of AD helps to improve approaches to the diagnosis and treatment of this disease. The article reflects the results of an epidemiological study on the prevalence and incidence of asthma for 2019–2021 in the Republic of Mordovia depending on gender, age and disease structure.

Keywords: bronchial asthma, epidemiology, adults, prevalence, incidence.

Дьячкова Анна Альбертовна

Кандидат медицинских наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск
dalim4@mail.ru

Барабаш Анастасия Васильевна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск
anast.barabash@gmail.com

Дьячкова Елизавета Игоревна

«Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации»
betti-d-01@mail.ru

Рябова Мария Алексеевна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск
Riabova8@mail.ru

Овтина Анастасия Владимировна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск
nastenikao@yandex.ru

Прокопьева Анна Аркадьевна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск
Prokopjevaanna2000@yandex.ru



Введение

Бронхиальная астма (БА) — хроническая болезнь, с которой больные вынуждены справляться в течение всей жизни и влияние которой может быть уменьшено или контролируемо в большинстве случаев. Более 348 млн. человек во всем мире страдают от этого заболевания, прогнозируется, что эта цифра достигнет 400–450 млн. к 2025 году [1]. Наблюдается тенденция к неуклонному росту распространенности БА. На это указывают и данные официальной статистики, и результаты эпидемиологических исследований отечественных ученых. Возможной причиной данной тенденции принято считать урбанизацию и ухудшение экологической обстановки. Недоступность медицинской помощи, несвоевременная постановка диагноза, непонимание тактики ведения и недоступность необходимых лекарств, приводят к неблагоприятным исходам и осложнениям [2].

Бронхиальная астма это не только медико-социальная проблема, но и экономическая. Обострения заболевания сопровождаются гипоксией, ограничивают подвижность, влияют на психоэмоциональное состояние, снижают работоспособность, социальную активность, сужают круг доступных профессий. Хроническое или прогрессирующее течение приводит к инвалидизации больных. Согласно данным ВОЗ, ежегодно теряется 15 млн. DALY (Disability Adjusted Life Year) — показатель представляет собой линейную сумму потенциальных лет жизни, утраченных из-за преждевременной смерти и нетрудоспособности [3].

Цель исследования

Изучить распространённость и заболеваемость БА у взрослого населения республики Мордовия и особенности распределения показателей в зависимости от пола, возраста, структуры заболевания и района проживания.

Аннотация. Бронхиальная астма (БА) — распространенное заболевание человека, имеющее важное социально-экономическое значение в связи с не снижающимся уровнем заболеваемости и смертности от этой болезни во всем мире, а также длительным периодом временной нетрудоспособности, частой инвалидизацией и высокой стоимостью лечения пациентов. Изучение эпидемиологических особенностей БА помогают усовершенствовать подходы к диагностике и лечению данного заболевания. В статье отражены результаты эпидемиологического исследования по распространенности и заболеваемости БА за 2019–2021 год в Республике Мордовия в зависимости от пола, возраста и структуры заболевания.

Ключевые слова: бронхиальная астма, эпидемиология, взрослые, распространенность, заболеваемость.

Материалы и методы

Было выполнено эпидемиологическое описательное исследование, охватывающее трехгодичный период (2019–2021). Анализ заболеваемости БА взрослого населения (от 18 лет и старше), проведен на основании данных ежегодных отчетных форм Федерального статистического наблюдения № 12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в районе обслуживания лечебного учреждения» по взрослому населению, а также с учетом данных «Статистического ежегодника» [4]. Собранный материал подвергался статистической обработке и математическому анализу на персональном компьютере с использованием программ Microsoft Excel2013 и STATISTIKA.

В исследование включены 16698 пациентов с верифицированным диагнозом БА (согласно листу уточненных диагнозов), проживающих на территории республики Мордовия, за период 2019–2021 год. Мужчины в исследовании составили 32,9% (n=5500), женщины — 67,1% (n=11198).

В соответствии с критериями ВОЗ в исследовании мы применили градацию пациентов на следующие возрастные периоды:

1. 18–44 года — молодость;
2. 45–59 лет — средний возраст;
3. 60–74 года — пожилой возраст;
4. 75 лет и старше — старческий возраст.

Результаты и обсуждение

Численность взрослого населения республики Мордовия, согласно статистической отчетности, в 2019 году составила 663013, мужчин — 305217 (46,03%), женщин — 357796 (53,94%), в 2020 году — 656765, мужчин — 304065 (46,3%), женщин — 352700 (53,7%), в 2021 году — 647125, мужчин — 298934 (46,2%), женщин — 348191 (53,8%). Всего с диагнозом БА зарегистри-

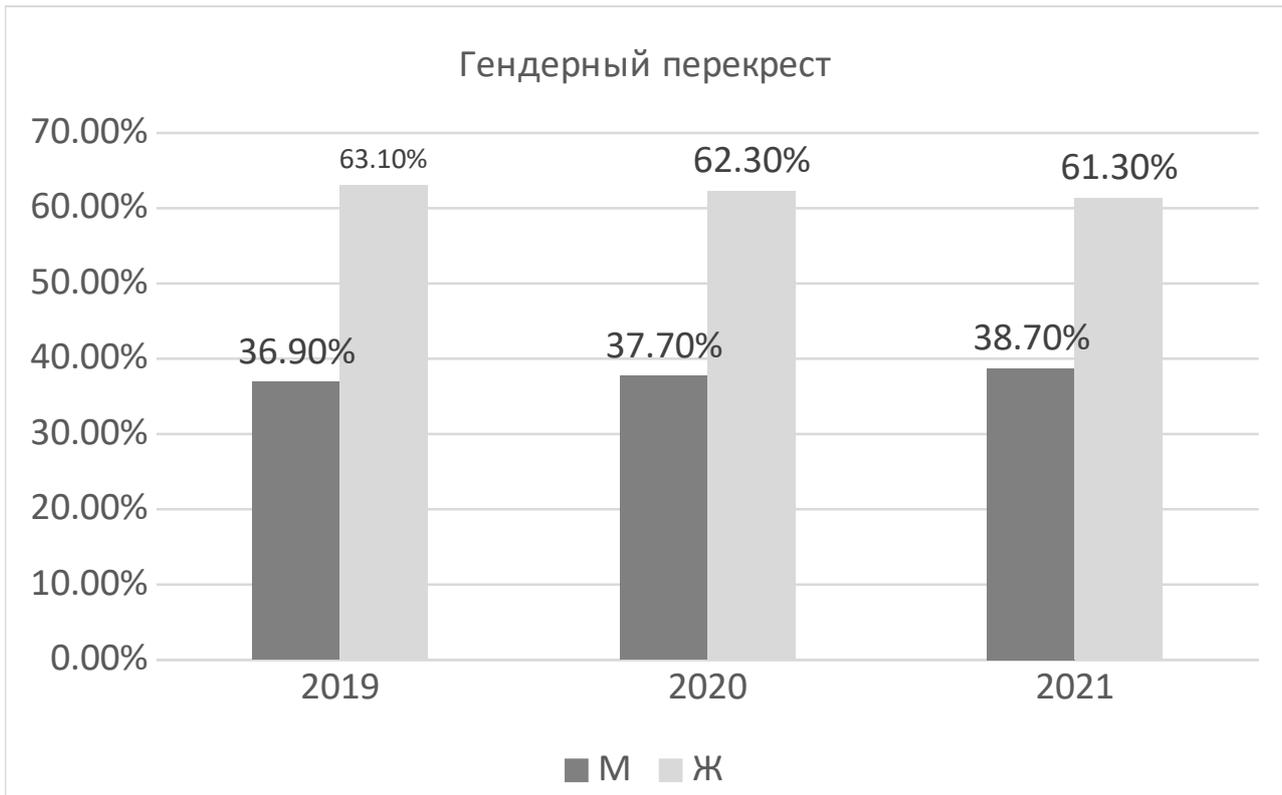


Рис. 1

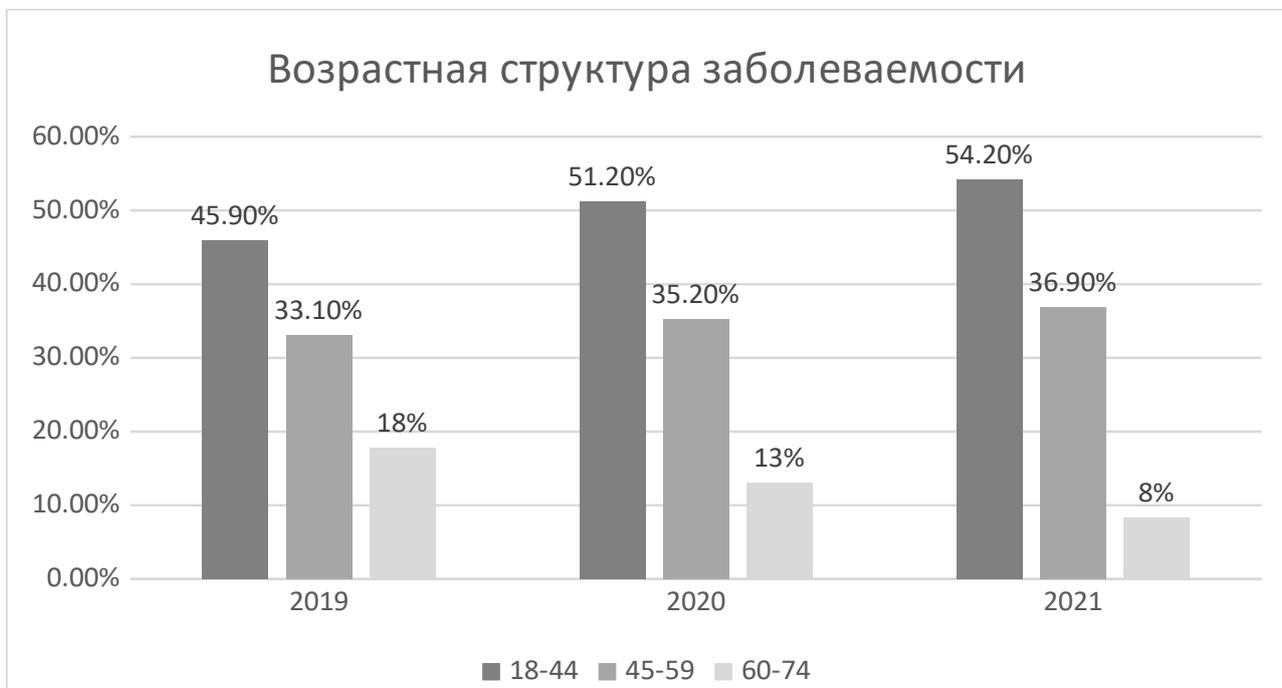


Рис. 2

стрировано в 2019 году 5557 человек, что составляет 0,85% от населения старше 18 лет, в 2020 году — 5535 человек, что составляет 0,84%, в 2021 году — 5606 человек, что составляет 0,87% от взрослого населения республики Мордовия.

Результаты проведенного исследования подтверждают данные литературы о тенденции к росту числа пациентов с бронхиальной астмой. Мужчин среди больных БА в 2019 году — 1803 (32,4%), женщин — 3754 (67,6%), что составило 0,59% и 1,05% от мужского и женского населения соответственно, в 2020 году — мужчин среди больных БА — 1844 (33,3%), женщин — 3691 (66,7%), что составило 0,61% и 1,05% соответственно, в 2021 году — мужчин среди больных БА — 1853 (33,1%), женщин — 3753 (66,9%), что составило 0,62% и 1,08% от мужского и женского населения соответственно.

При анализе заболеваемости БА взрослого населения: в 2019 году было зарегистрировано 157 человек, среди них 99 (63,1%) женщин и 58 (36,9%) мужчин; в 2020—162, среди них 101 (62,3%) женщина и 61 (37,7%) мужчина; в 2021—168, среди них 103 (61,3%) женщины и 65 (38,7%) мужчин. Следует отметить, что несмотря на то, что абсолютное количество женщин с болеющих БА преобладает над таковым показателем у мужчин, однако показатель заболеваемости последних имеет тенденцию к увеличению (рис. 1).

В возрастной структуре преобладают пациенты в возрасте 45–59 лет: в 2019 году 2007 человек, 2020 году — 1996 человек, 2021 году — 2033 человека, что составляет 36,1%, 36,1% и 36,3% соответственно от общего количества пациентов республики Мордовия, у которых диагностирован диагноз “бронхиальная астма”. Реже регистрировались пациенты в возрасте 18–44 года, 60–74 лет и старше 75 лет. Так, в группе 18–44 лет в 2019 году 1647 (29,6%) человек, 2020 году — 1711 (30,9%), 2021 году — 1768 (31,5%); в группе от 60 до 74 лет в 2019 году 1539 (27,7%) человек, 2020 году — 1463 (26,4%), 2021 году — 1447 (25,8%); старше 75 лет в 2019 году 364 (6,6%), 2020 году — 365 (6,6%), 2021 году — 358 (6,4%) (рис. 2).

Несмотря на то, что количество больных БА превалирует в группе от 45–59 лет, анализ возрастной структуры заболеваемости показал, что пик приходится на 18–44 года: в 2019 году 40 (69,0%) человек, 2020 году — 48 (78,7%), 2021 году — 52 (80,0%) и 45–59 лет в 2019 году 39 (39,4%) человек, 2020 году — 47 (46,5%), 2021 году — 51 (49,5%) у мужского и женского населения соответственно. Таким образом, возрастная группа от 18–44 лет может рассматриваться как группа риска по формированию БА у взрослых в республике Мордовия.

Согласно полученным данным, в структуре заболеваемости преобладала смешанная форма астмы (J45.8): в 2019 году 99 (63,1%) человек, 2020 году — 96 (59,3%), 2021 году — 111 (66,1%). Реже регистрировалась неаллергическая форма астмы: в 2019 году 37 (23,6%) человек, 2020 году — 47 (29,0%), 2021 году — 41 (24,4%). Наименьшая распространенность наблюдалась в отношении аллергической формы астмы: в 2019 году — 21 (13,4%) человек, 2020 году — 19 (11,7%), 2021 году — 16 (9,5%).

Согласно нашим данным, аллергическая форма БА во взрослом возрасте диагностируется реже, чем смешанный и неаллергический фенотип БА, что объясняется этиопатогенетическими особенностями. Провоцирующими факторами для развития клинической симптоматики при данных формах БА служат возбудители острых респираторно вирусных инфекций, влияние экологии, стрессовые факторы, чрезмерные физические нагрузки, эндокринные нарушения, нервно-психические расстройства.

Гендерных различий по частоте различных нозологических форм бронхиальной астмы не выявлено, неаллергическая форма диагностировалась в равной степени как у мужчин, так и женщин: в 2019 году 20,7% и 31,3%, 2020 году — 31,2% и 27,7%, 2021 году — 24,6% и 24,3% соответственно. Однако астма с преобладанием смешанного компонента чаще регистрировалась у женщин, чем у мужчин в 2019 году 55,2% и 61,6%, в 2020 году — 55,7% и 61,4%, в 2021 году — 60,0% и 69,9% соответственно, аллергическая, наоборот, реже в 2019 году 24,1% и 7,1%, в 2020 году — 13,1% и 10,9%, в 2021 году — 15,4% и 5,8% соответственно.

Заключение

В ходе работы выявлена тенденция увеличения заболеваемости БА в Республике Мордовия за период 2019–2021 год. Среди пациентов с диагнозом БА преобладали лица женского пола (67,1%), однако прослеживается закономерность роста заболеваемости среди мужчин. Наиболее часто БА диагностируется в возрасте от 18 до 44 лет, меньше всего в возрастной группе 75 лет и старше. В структуре заболеваемости преобладала смешанная форма БА. Таким образом, полученные эпидемиологические данные о заболеваемости БА взрослого населения Республики Мордовия свидетельствуют об актуальности данной проблемы и необходимости продолжения исследовательской работы в области эпидемиологии БА в различных регионах Российской Федерации, что поможет получить адекватные сравнительные данные о распространенности БА на территории нашей страны [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Global Initiative for Asthma. Global Strategy for Asthma Management and Prevention, 2020. Available from: www.ginasthma.org
2. Биличенко Т.Н., Тубекова М.А., Афанасьева М.В. Эпидемиология бронхиальной астмы и других аллергических заболеваний среди людей молодого возраста Москвы. Профилактическая медицина. 2021;24 (6) . — 66–74 с.
3. Papadopoulos N.G. Asthma in childhood // Global atlas of asthma. — Zurich, 2013. — 16 с.
4. Здоровье населения Республики Мордовия и деятельность организаций здравоохранения в 2021 году. Стат. сборник. Саранск, 2021. — 56 с.
5. Д.В. Ушакова, Е.Л. Никонов. Эпидемиология бронхиальной астмы. Терапия № 2 / 2018. — 90–95 с.
6. Емельянов, А.В. Тяжелая бронхиальная астма / А.В. Емельянов, Г.Р. Сергеева, Е.В. Лешенкова // Мед. совет. — 2014. — № 16. — С. 18–23.
7. Федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению бронхиальной астмы, М. — 2021 г.

© Дьячкова Анна Альбертовна (dalim4@mail.ru), Барабаш Анастасия Васильевна (anast.barabash@gmail.com),
Дьячкова Елизавета Игоревна (betti-d-01@mail.ru), Рябова Мария Алексеевна (Riabova8@mail.ru),
Овтина Анастасия Владимировна (nastenikaoo@yandex.ru), Прокопьева Анна Аркадьевна (Prokorpjevaanna2000@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва

ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ У ДЕТЕЙ С АНОРЕКТАЛЬНЫМИ АГЕНЕЗИЯМИ

OPTIMIZATION OF THE COMPLEX OF REHABILITATION MEASURES IN CHILDREN WITH ANORECTAL ATRESIA

**M. Yesayan
N. Barova
A. Stryukovsky
V. Starchenko
A. Kiselev**

Summary. We have experience in postoperative rehabilitation of 139 children with various anatomical variants of anorectal malformations. To compare the effectiveness of the proposed rehabilitation methods, 2 groups of patients identical in gender and nosology were formed from them. The main group consisted of 74 patients, rehabilitation was carried out according to the methods developed in the clinic and in the time worked out. The control group consisted of 65 patients, rehabilitation measures were carried out according to traditional methods. The use of the developed tactics of rehabilitation measures and the methods worked out in the clinic made it possible to reduce the time of rehabilitation and social adaptation of this contingent of patients by more than 2 times.

Keywords: children, anorectal agenesis, rehabilitation, augmentation, correction of anal sphincter insufficiency.

Есаян Михаил Оганесович

Аспирант, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный
медицинский университет», г. Краснодар
mishana61@mail.ru

Барова Натуся Каплановна

К.м.н., ФГБОУ ВО «Кубанский государственный
медицинский университет», г. Краснодар

Стрюковский Андрей Евгеньевич

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный медицинский университет»,
г. Краснодар

Старченко Валерий Михайлович

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный медицинский университет»,
г. Краснодар

Киселев Андрей Николаевич

Детский хирург, зав отделением КПО-2 ГБУЗ ДККБ,
г. Краснодар

Аннотация. Располагаем опытом проведения послеоперационной реабилитации 139 детей с различными анатомическими вариантами аноректальных пороков развития. Для сравнения эффективности предложенных методов реабилитации из них были сформированы 2 идентичные по гендерным показателям и нозологии группы больных. Основная группа — 74 пациента, реабилитация проводилась по разработанным в клинике методикам и в отработанные сроки. Контрольная группа — 65 пациентов, реабилитационные мероприятия проводились по традиционным методикам. Использование выработанной тактики реабилитационных мероприятий и отработанных в клинике методик позволило сократить сроки проведения реабилитации и социальной адаптации данного контингента больных более чем в 2 раза.

Ключевые слова: дети, аноректальные агенезии, реабилитация, бужирование, коррекция недостаточности анальных сфинктеров.

Актуальность

Значимость проблемы послеоперационной реабилитации детей с аноректальными агенезиями обусловлена целым рядом проблем. К ним относятся: высокая частота встречаемости данного порока развития — 1:4000–5000 новорожденных и отсутствие тенденции к её снижению [1]. Широко применяемые в настоящее время методы реабилитации: пальцевое бужирование, бужирование расширителями Гегара, общее ФТЛ, коррекция дисбиоза кишечника по методикам тотальной деконтаминации или с использованием различных фагов не всегда позволяют добиться

желаемых результатов или значительно увеличивают длительность проведения реабилитационных мероприятий [2]. До настоящего времени нет единого мнения о сроках начала и тактике проведения комплекса реабилитационных мероприятий у детей с аноректальными мальформациями [3].

Материалы и методы

Располагаем опытом проведения реабилитационных мероприятий у 139 детей с аноректальными пороками развития (АРПР). В зависимости от использованных методов лечения они были разделены на две

идентичные по возрастно-половому составу и нозологии группы.

Основную группу составили 74 ребёнка с аноректальными агенезиями. Наложение противоестественного заднего прохода проводилось по разработанным нами показаниям, использовалась левосторонняя колостомия. Детям с низкими формами аноректальных мальформаций и поступивших в ранние сроки после рождения выполнялась одномоментная проктопластика. Для коррекции аноректальных аномалий использовалась промежностная проктопластика по А. Рена. При этапном хирургическом лечении противоестественный задний проход «закрывался» отдельным этапом оперативного лечения, через 2 месяца после выполнения промежностной проктопластики. Реабилитационные мероприятия начинали проводить в межоперационный период (коррекция дисбиоза кишечника) и сразу после выполнения промежностного этапа оперативного лечения.

Контрольную группу составили 65 пациентов с АРПР, сопоставимые по нозологии, анатомическим вариантам пороков развития, возрасту и полу с основной группой больных. Наложение противоестественного заднего прохода выполнялось по традиционным показаниям. Коррекция аноректального порока проводилась по различным методам промежностных и брюшно-промежностных проктопластик. [4] Курсы реабилитации начинали проводить через 3–6 месяцев после завершения хирургического лечения, по традиционным методикам.

Основными задачами медицинской реабилитации, для детей перенёсших операции на аноректальной зоне считаем: профилактику развития и лечение стенозов прямой кишки и кожно-слизистого перехода; купирование недостаточности функционирования сфинктерного аппарата прямой кишки; нормализацию колонизационной резистентности микрофлоры толстой кишки; восстановление метаболитных нарушений и гиподиспротеинемии.

Для решения этих задач был разработан и внедрён в клиническую практику следующий алгоритм проведения реабилитационных мероприятий: раннее профилактическое бужирование; эндоректальные биполярные/ монополярные электростимуляции [5]; коррекция дисбиоза кишечника; коррекция электролитных нарушений и гиподиспротеинемии.

С целью профилактики рубцового стенозирования прямой кишки и неануса, у детей, составивших основную группу, применяли раннее профилактическое бужирование. У детей с аноректальными агенезиями

его начинали проводить в межоперационный период, после проведения промежностного этапа хирургической коррекции аноректальной мальформации, не дожидаясь закрытия колостомы. Его начинали проводить в стационарных условиях, после купирования местных признаков воспаления в аноректальной зоне и общих проявлений воспаления по результатам термометрии и лабораторных показателей, на 6–7 сутки послеоперационного периода. При проведении реабилитации в данной группе больных мы полностью отказались от пальцевого бужирования и применения ранорасширителей Гегара. Первично проводилось калибровочное бужирование специально изготовленными металлическими бужами откалиброванными через 1 мм. При пробном бужировании точно подбирался первичный диаметр бужа. После этого ребёнок переводился на вибробуживание разработанным и внедрённым нами в клиническую практику вибробужом со сменными эластичными насадками. Последний состоит из вибрационного элемента с регулятором мощности, съёмной ручки, сменных бужирующих насадок различного диаметра. Длительность сеанса вибробуживания 5 минут у детей младшей возрастной группы и 10 минут — в старшей возрастной группе. Частота вибрирования колебалась от 80 до 95 Гц в зависимости от индивидуального болевого порога пациента.

После выписки больного из стационара бужирование проводили в амбулаторных условиях. Первые 2 недели его проводили 2 раза в день, в последующем 1 раз в день с постепенным увеличением диаметра бужа. Увеличение диаметра бужа проводилось только хирургом в стационарных условиях или во время амбулаторного приёма. По достижению физиологического размера зоны колоанального анастомоза ребёнок переводился на профилактическое бужирование по схеме: первый триместр — 1 раз в 3 дня; второй триместр — 1 раз в неделю. В последующем ребёнок переводился на контрольные осмотры *per rectum*.

Для коррекции функциональной недостаточности тонуса анальных сфинктеров применялся комплекс мероприятий направленных на «воспитание» адекватных актов дефекации. [6] Он включал в себя эндоректальные биполярные или монополярные электростимуляции. Биполярные эндоректальные электростимуляции использовались при проведении реабилитации у детей с недостаточностью анальных сфинктеров третьей степени. Для реабилитации детей с первой и второй степенями недостаточности анальных сфинктеров применялись монополярные эндоректальные электростимуляции.

Для проведения эндоректальных электростимуляций у детей в возрасте до 18 месяцев использовался аппарат «Ультратон», а у пациентов более старшего воз-

раста — «Эндотон-01Б». Длительность одного сеанса составляла 10 минут у детей в возрасте до 18 месяцев и 15 минут — у больных более старшего возраста. Эндоректальные стимуляции проводились импульсным током с прямоугольной формой импульсов. Сила тока колебалась в пределах 10–15 мА — у детей младшей возрастной группы. У пациентов более старшего возраста — 15–20 мА. Колебания силы тока подбирались строго индивидуально, в зависимости от порога болевой чувствительности. Аналогичным образом проводился подбор частоты тока при проведении эндоректальных электростимуляций. Последняя колебалась от 12,5 до 25 Гц у детей до 18 месяцев и от 25 до 50 Гц — у больных более старшего возраста.

Частота повторных курсов электростимуляций зависела от степени выраженности функциональной недостаточности сфинктерного аппарата прямой кишки. [7] При недостаточности анальных сфинктеров 3 степени интервал между курсами эндоректальных стимуляций составлял 2 месяца; при 2 степени — 3 месяца, а при 1 степени — 5–6 месяцев.

Местное физиотерапевтическое воздействие дополнялось контрастными ванночками, кратность проведения которых так же зависела от выраженности недостаточности анальных сфинктеров. У детей с 3-й степенью недостаточности они проводились 5–6 раз в день; при второй степени 2–3 раза в сутки, а при 1-й — 1 раз в день.

У больных старшей возрастной группы, способных выполнять волевые команды, проводились тренировочные клизмы. При 3-й степени недостаточности анальных сфинктеров — 1 раз в день; при 2-й — 2 раза в сутки, а при 1-й — 3 раза. Тренировочные клизмы делались в строго фиксированное время, что так же способствовало выработке рефлекса на акт дефекации.

Одновременно с местным воздействием на сфинктерный аппарат, в реабилитации основной группы больных, широко использовались общие физиотерапевтические процедуры, массаж, лечебная физкультура.

Проведённое в послеоперационном периоде бактериологическое обследование позволило диагностировать дисбиоз кишечника у всех больных, в 100% случаев. Наличие патогенной микрофлоры выявлено не было. Дисбактериоз кишечника был обусловлен избыточным количеством кокковой флоры, *E. coli* и грибами рода *Candida* в различных сочетаниях.

Коррекцию дисбиоза микрофлоры толстой кишки проводили по методике селективной деконтаминации.

Коррекция дисбактериоза кишечника по методике селективной деконтаминации всегда сочеталась с проведением ферментотерапии и энтеросорбции.

Восстановление количественного и видового состава микрофлоры толстой кишки начинали проводить между этапами хирургического лечения и продолжали в послеоперационном периоде в стационарных и амбулаторных условиях под контролем анализа кала на дисбактериоз.

Коррекцию электролитных нарушений и гиподиспротеинемии проводили комплексно на всех этапах лечения под контролем ионограммы и протеинограммы. В раннем послеоперационном периоде для купирования указанных нарушений использовали инфузионную терапию в состав которой включались аминокислотные растворы, препараты калия, комплексные витамины, негормональные анаболические препараты. Сразу после купирования послеоперационного пареза кишечника, с 2–3-х суток после операции, начинали кормление детскими адаптированными смесями с повышенным содержанием белка и витаминов. По мере стабилизации больного и отмены инфузионной терапии переходили на таблетированные комплексы витаминов и микроэлементов, препараты калия, карнитин, метаболические препараты, производные пиримидина.

Для оценки качества созданного комплекса реабилитационных мероприятий проведена сравнительная оценка клинической эффективности проведённой реабилитации у детей основной и контрольной групп. Критериями эффективности созданной программы реабилитационных мероприятий были выбраны: длительность проведения лечебно-профилактического бужирования; продолжительность общего и местного лечения функциональной недостаточности анальных сфинктеров; сроки коррекции дисбиоза кишечника в стационарных и амбулаторных условиях; длительность лечения электролитных нарушений и гиподиспротеинемии.

При сравнении длительности проведения лечебно-профилактического бужирования в основной (реабилитация проводилась по разработанной программе) и контрольной (реабилитация проводилась по традиционным методам) группах больных были получены следующие результаты: лечебно-профилактическое бужирование у детей контрольной группы проводилось — $18,34 \pm 1,29$ месяца, а у детей составивших основную группу — $9,56 \pm 0,94$ месяца.

Продолжительность общего и местного лечения функциональной недостаточности анальных сфинктер-

ров в контрольной группе составила — $23,48 \pm 1,95$ месяца, а в основной только — $11,29 \pm 1,07$ месяца.

Сроки коррекции дисбактериоза кишечника, в стационарных и амбулаторных условиях, среди детей контрольной группы — $36,25 \pm 2,17$ месяцев, а у детей основной группы — $14,36 \pm 1,14$ месяца.

Длительность коррекции электролитных нарушений и гиподиспротеинемии, в контрольной группе, составила — $14,16 \pm 0,57$ месяцев, а в основной — $6,34 \pm 0,28$ месяцев.

Внедрение разработанного комплекса реабилитационных мероприятий в клиническую практику позволило сократить сроки: проведения лечебно-профилактического бужирования в 2 раза, длительность лечения функциональной недостаточности анальных сфинктеров более чем в 2 раза, продолжительность коррекции дисбиоза кишечника в 2,5 раза, длительность коррекции электролитных нарушений и гиподиспротеинемии более чем в 2 раза, среди детей основной группы, по сравнению с группой контроля. Общая продолжительность реабилитации сократилась с 3–4-х лет до 18–20 месяцев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Врожденные пороки развития аноректальной области / Ю.Г. Дегтярев [и др.]; под ред. Ю.Г. Дегтярева; Мин-во здравоохран. Республики Беларусь, ГУ «Респ. науч. — практич. центр детской хирургии» — Минск: Четыре четверти, 2017. — 180 с.: ил. — ISBN 978–985–581–237–2.
2. Менник А.В., Порошина Н.В. Отделенные результаты лечения аноректальных пороков у детей. // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии, реаниматологии. — 2011. — Приложение. — С.55–56.
3. Врожденные пороки развития аноректальной области / Ю.Г. Дегтярев [и др.]; под ред. Ю.Г. Дегтярева; Мин-во здравоохран. Республики Беларусь, ГУ «Респ. науч. — практич. центр детской хирургии» — Минск: Четыре четверти, 2017. — 180 с.: ил. — ISBN 978–985–581–237–2.
4. Акулов Е.А., Коновалов А.К., Константинова И.Н. Особенности предоперационной подготовки детей с пороками развития толстой кишки и аноректальной зоны. // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. Приложение. Материалы X всероссийской Научно-практической конференции «Актуальные проблемы хирургии детского возраста». Москва. 2012. С.99–100.
5. Есяян М.О. Эндоректальные стимуляции в лечении функциональной недостаточности анальных сфинктеров у детей с аноректальными агенезиями // Современные технологии в медицинском образовании. — 2021. — С.938–940.
6. Оценка качества жизни детей с нарушениями акта дефекации/ И.В. Киргизов [и др.] // Детская хирургия — 2011. — № 2. — С. 21–23.
7. Реабилитация детей с аноректальными пороками развития /
8. А.Н. Никифоров [и др.] // Мед. журн. — 2005. — № 4. — С. 82–85.

© Есяян Михаил Оганесович (mishana61@mail.ru), Барова Натуся Каплановна,
Стрюковский Андрей Евгеньевич, Старченко Валерий Михайлович, Киселев Андрей Николаевич.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПСЕВДОГИПОПАРАТИРЕОЗ КАК ИТОГ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ (КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ)

PSEUDOHYPOPARATHYROIDISM AS A RESULT OF DIFFERENTIAL DIAGNOSIS (CLINICAL CASE)

**A. Kravchenya
O. Trushina
M. Polidanov
D. Kravchenya**

Summary. Pseudohypoparathyroidism is a group of rare diseases associated with parathyroid hormone resistance, characterized by genetic heterogeneity and clinical polymorphism. In the Russian literature to date, the analysis of large cohorts of patients with pseudohypoparathyroidism has not been carried out, which is why this disease is unique. The article presents a clinical observation of a patient with pseudohypoparathyroidism.

Keywords: pseudohypoparathyroidism, seizures, hypocalcaemia, Albright hereditary osteodystrophy.

Кравченя Алия Римовна
К.м.н., ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им.
В.И. Разумовского

Трушина Оксана Владимировна
К.м.н., ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им.
В.И. Разумовского

Полиданов Максим Андреевич
ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского
maksim.polidanoff@yandex.ru

Кравченя Данила Сергеевич
ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского

Аннотация. Псевдогипопаратиреоз — генетически гетерогенная эндокринопатия, связанная с резистентностью к паратгормону, характеризующаяся клиническим полиморфизмом. В российской и зарубежной научной литературе представлены единичные случаи рассматриваемой патологии. Представлено клиническое наблюдение девочки-подростка с псевдогипопаратиреозом.

Ключевые слова: псевдогипопаратиреоз, судорожный синдром, гипокальциемия, наследственная остеоидистрофия Олбрайта.

Псевдогипопаратиреоз (ПГП) — синдром с аутосомно-доминантным типом наследования, который характеризуется нарушением фосфорно-кальциевого обмена, обусловленного невосприимчивостью клеток-мишеней к паратгормону (ПГТ) [1, 2]. Распространенность ПГП составляет 1–9: 1 000 000. Среди мальчиков заболевание встречается в 2 раза реже, чем среди девочек [3]. Своевременная диагностика и рациональный фармакологический контроль ПГП позволяют обеспечить благоприятный прогноз [6–8]. В отечественной и зарубежной литературе ПГП посвящены единичные работы. Клинически манифестация нарушений фосфорно-кальциевого обмена при ПГП в 72% случаев представлена судорожным синдромом и синкопальными состояниями [2]. Сочетание ПГП с резистентностью к тропным гормонам (ТТГ, ЛГ и ФСГ) и гонадолиберину выделено в нозологическую форму — наследственная остеоидистрофия Олбрайта (НОО). Заболевание характеризуется развитием триады признаков — фиброзная дисплазия костей, преждевременное половое развитие и пигментные пятна. Резистентность к тиреотропному гормону проявляется в виде гипотиреоза, чаще субклинического [4], резистентность к глюкагону — без клинических проявлений), резистентность к гонадолиберину — в виде аменорея, резистентность к антидиуретическому гормону

в виде нарушения концентрационной функции почек [5].

Цель исследования

Представление клинического случая ПГП у девочки-подростка для обмена опытом и формирования информационной базы данных.

Клиническое наблюдение

Возраст пациентки на момент первичного обращения 13 лет 2 месяца, коренная жительница региона. Перинатальный анамнез не отягощен: беременность 1-я, протекавшая без осложнений, роды 1-е в срок, через естественные родовые пути в головном предлежании. При рождении масса тела 3420 грамм, рост 47 см, оценка по шкале Апгар 8–8 баллов. В раннем возрасте перенесла ОРВИ, ветряную оспу. Наследственность по эндокринной патологии отягощена по линии матери — у бабушки сахарный диабет 2 типа, у матери — узловой зоб, у родственников по линии матери — низкорослость. С раннего возраста отмечались отставание от сверстниц по росту и избыточный вес. Девочка наблюдалась врачом-неврологом по поводу перинатальной энцефалопатии, врачом-офтальмоло-

гом по поводу расходящегося содружественного косоглазия, смешанного астигматизма OU и амблиопии OU, врачом ортопедом по поводу распространенного остеохондроза. В возрасте 4-х лет 6-ти месяцев перенесла верифицированный грипп H1N1 в тяжелой форме с менингоэнцефалитом. При проведении неврологического обследования в периоде реконвалесценции по данным магнитно-резонансной томографии впервые выявлен врожденный порок развития центральной нервной системы — киста промежуточного паруса размерами 1,2 x 1,1 x 0,8 мм, по данным электроэнцефалографии — признаки общемозговых изменений. Получала курсовую нейротропную терапию с положительным клиническим эффектом. Пубертат ранний активными темпами инвертированный. Менархе в возрасте 12 лет 6 месяцев. Менструальный цикл не установился регулярным с менархе с задержками до 1,5 месяцев. Периодически отмечались приступы тонического напряжения в конечностях, тревожность, когнитивные расстройства, головная боль, головокружение. поводом для госпитализации в неврологическое отделение. Очередной эпизод ухудшение самочувствия в виде головокружения, звона в ушах, появления тонического напряжения верхних конечностей, отсутствия реакции на окружающих длительно — около 10 минут стал поводом для госпитализации в неврологическое отделение. При поступлении состояние средней степени тяжести за счет неврологической симптоматики. Физическое развитие низкое (SDS роста = -2,8), дисгармоничное за счет избытка массы тела (SDS ИМТ = +1,9). Телосложение гиперстеническое. Обращали на себя внимание фенотипические особенности: лунообразное лицо, монобровь, неправильный рост зубов, дефект эмали, широкая грудная клетка, укорочение верхних и нижних конечностей, брахидактилия IV и V пальцев кистей и стоп, брахиметафалангизм, симптомы Хвостека и Труссо отрицательные. По результатам лабораторного обследования диагностировано снижение сывороточного уровня ионизированного кальция до 0,51 ммоль/л (РИ 1,12–1,32 ммоль/л), гиперфосфатемия 3,07 ммоль/л (РИ 1,3–2,26 ммоль/л). Начата терапия препаратами кальция («Кальцецин» по 500 мг 2 раза в день) и альфакальцидолом («АльфаД3 тева 0,25 мкг 2 раза в день»). Однократно в ночные часы развился приступ гипокальциемических судорог с тризмами мышц лица, спастического пареза в виде «руки акушера», гипотонии, купированный парентеральным (внутривенным) введением 20 мл 10% раствора кальция глюконата. Важно отметить, что клонического компонента судорожного синдрома не наблюдалось. По данным магнитно-резонансной томографии выявлены признаки синдрома Фара — двусторонний симметричный кальциноз вещества головного мозга в виде очагов гиперинтенсивности на T 2 ВИ диаметром до 3 мм перивентрикулярно передним рогами и треугольникам боковых желудочков и в белом веществе полушарий боль-

шого мозга, преимущественно в лобных долях и зоны пониженного SWI сигнала от субкортикальных отделов полушарий большого мозга, базальных структур и ядер мозжечка. По данным электрокардиографии отмечены парциальный WPW-феномен, признаки обменно-электролитных нарушений в миокарде. По результатам электроэнцефалографии с видеомониторингом диагностированы признаки умеренных общемозговых изменений биоритмики головного мозга с регистрацией во время бодрствования и во сне гиперсинхронных заостренных комплексов в альфа-, бета- и дельта-диапазоне по правому полушарию головного мозга с диффузным распространением; сон и бодрствование дифференцированы, стадии сна определялись, физиологические паттерны сна сформированы правильно, выражены достаточно; типичная эпилептиформная активность не зарегистрирована. По данным рентгенографии кистей рук и лучезапястных суставов костный возраст соответствовал 15,5–16 годам, выявлена аномалия развития I, IV и V пястных костей обеих кистей. При ультразвуковом исследовании вилочковой железы выявлены признаки тимомегалии II степени. После исключения эпилепсии верификация генеза нарушения фосфорно-кальциевого обмена была продолжена в эндокринологическом отделении. Результаты лабораторного обследования: субклинический гипотиреоз (ТТГ 5,36 мкЕД/мл; Т 4 свободный 17,2 пмоль/л); повышение уровня паратгормона до 164 пг/мл (РИ 16,0–87,0 пг/мл), нормальный уровень кальцитонина — 6,5 пг/мл (РИ менее 11,5 пг/мл), гипомагниемия — 0,66 ммоль/л (РИ 0,77–1,03 ммоль/л), дефицит витамина D (25-ОН витамин D, суммарный 17,7 пг/мл). По результатам лабораторно-клинического обследования был выставлен клинический диагноз: Основное заболевание: Псевдогипопаратиреоз: резистентность к ПТГ, остеодистрофия Олбрайта, ожирение. Осложнения: Синдром Фара. Сопутствующие заболевания: Парциальный WPW-феномен. Субклинический гипотиреоз. Смешанный астигматизм OU. Расходящееся содружественное косоглазие. Амблиопия слабой степени OU. Тимомегалия II степени. Кардиомиопатия при метаболических нарушениях. Проведена коррекция заместительной терапии за счет увеличения дозы кальция глюконата, включения в лечебную схему пероральной формы альфакальцидола в суточной дозе 1,0 мг, распределенной на 4 приема. В этот период пациентка перенесла новую коронавирусную инфекцию, вызванную SARS-COV-2 (вирус идентифицирован методом ИХА) в средне-тяжелой форме без инфильтративных изменений в легких. На фоне противовирусной терапии (умифеновир) достигнуто клиническое и лабораторное выздоровление. Достигнута стабилизация кальциемии на уровне 0,9–1,0 ммоль/л. Судорожный синдром купирован, уменьшились общая слабость, адинамия, слабость в конечностях, головокружение. Пациентка выписана из стационара на дальнейшее амбулатор-

ное лечение с рекомендациями перорального приема альфакальцидола и препаратов кальция под лабораторным контролем за уровнем ионизированного кальция, фосфатемии и паратгормона. Для оценки фосфорно-кальциевого обмена прошла обследование в ФГБУ «Научный медицинский исследовательский Центр эндокринологии». По результатам обследования диагноз псевдопарагипотиреоза и тактика ведения пациентки были подтверждены.

Особенностью представленного клинического случая является то, что клинические симптомы болезни, которые позволяют заподозрить псевдогипопаратиреоз, были «замаскированы» под неврологическую патологию. Судорожный синдром, синкопальные состояния вследствие гипокальциемии стали причиной ошибочно установленного диагноза «эпилепсии», по поводу которого пациентка наблюдалась несколько лет. По данным научной литературы среди пациентов с ПГП ошибочная интерпретация причины судорожного синдрома

при его манифестации до выявления гипокальциемии встречается в 40% случаев [2]. Коморбидно к ПГП описана болезнь Фара — редкая в детской возрастной группе патология, обусловленная симметричной кальцификацией церебральных структур с полиморфизм клинической картины.

ВЫВОДЫ

Псевдогипопаратиреоз — заболевание с прогрессирующим диффузным отложением кальцинатов и развитием осложнений со стороны нервной и эндокринной системы. Ранняя диагностика болезни и своевременно начатая патогенетическая терапия позволяет предотвратить тяжелое течение и продлить жизнь пациента. Трудности постановки дифференциального диагноза псевдогипопаратиреоза требуют осторожности и мультидисциплинарного подхода.

Конфликт интересов не заявляется.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявцева Н.А., Королькова Е.Ю., Никитинская В.И. и др. Псевдогипопаратиреоз (болезнь Олбрайта). Вестник Новгородского государственного университета. 2015; 2 (85): 110–113.
2. Маказан Н.В., Орлова Е.М., Тозлян Е.В., Меликян М.А., Карева М.А., Калинин Н.Ю., Петеркова В.А. Клинический полиморфизм псевдогипопаратиреоза у детей. Проблемы Эндокринологии. 2017;63 (3):148–161.
3. Chagin AS, Kronenberg HM. Role of G-proteins in the differentiation of epiphyseal chondrocytes. J Mol Endocrinol. 2014;53 (2):39–45.
4. Пономарев В.В., Карасев Ю.А. Болезнь Олбрайта: клинический случай и анализ литературы. Международный неврологический журнал. 2017;3 (89):125–129.
5. Тыртова Л.В., Оленев А.С., Дитковская Л.В. и др. Псевдогипопаратиреоз 1а типа с ранним дебютом у сестер. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2017;62: (4):93–98.
6. Пономарев В.В. Редкие неврологические синдромы и болезни. СПб.: Фолиант, 2005. — С. 105–109.
7. Лихачев С.А., Дрозд И.С., Корбут Т.В. Наследственная остеоидистрофия Олбрайта (псевдогипопаратиреоз типа 1 а) с кальцификацией базальных ганглиев. Неврологический журнал. 2007;5:21–25.
8. Казанцева Л.З., Новиков П.В., Белова Н.А. и др. Наследственная остеоидистрофия Олбрайта (псевдогипопаратиреоз) у детей. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 1998; 5: 43–45.

© Кравченко Алия Римовна, Трушина Оксана Владимировна,
Полиданов Максим Андреевич (maksim.polidanoff@yandex.ru), Кравченко Данила Сергеевич.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВЛИЯНИЕ МЕТОДИКИ ПРЕПАРИРОВАНИЯ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ЗУБНЫХ ВЕНИРОВ

INFLUENCE OF PREPARATION TECHNIQUE ON DURABILITY OF DENTAL VENEERS

O. Neprelyuk
O. Irza
S. Neprelyuk
A. Abibullaev
E. Kazakov
A. Feyzulaev
A. Narayeva

Summary. Currently, the use of adhesive technologies allows to preserve as much of the tooth structure as possible, while meeting the patient's needs for restoration and aesthetic wishes. For indirect restorations, clinicians must select a material and technique that allows for a variety of preparation techniques and meets the aesthetic requirements of the patient.

Differing opinions have been reported on the superiority of the preparation design over others. In fact, due to the wide variety of materials and preparation techniques, favorable approaches to restoring teeth with veneers have been controversial.

The purpose of this review is to compare the durability of dental veneers according to different preparation techniques and different types of materials. The sub-goal is to achieve a favorable preparation technique and material based on scientific evidence.

Keywords: dental ceramics, porcelain veneers, aesthetic treatment, multilayer veneers, front teeth, restoration procedure, survival of dental veneers.

Непрелюк Ольга Анатольевна

Кандидат медицинских наук, доцент, ФГАОУ
ВО «Крымский федеральный университет имени
В.И. Вернадского», Институт «Медицинская академия
имени С.И. Георгиевского», город Симферополь
Oneprelyuk@mail.ru

Ирза Оксана Леонтьевна

Кандидат медицинских наук, доцент, ФГАОУ
ВО «Крымский федеральный университет имени
В.И. Вернадского», Институт «Медицинская академия
имени С.И. Георгиевского», город Симферополь
oksanastomat@yandex.ru

Непрелюк Сергей Ярославович

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет
имени В.И. Вернадского», Институт «Медицинская
академия имени С.И. Георгиевского», город
Симферополь
sneprelyuk@inbox.ru

Абибуллаев Али Арсенович

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет
имени В.И. Вернадского», Институт «Медицинская
академия имени С.И. Георгиевского», город
Симферополь
141210141210@mail.ru

Казakov Эдип Джеммиевич

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет
имени В.И. Вернадского», Институт «Медицинская
академия имени С.И. Георгиевского», город
Симферополь
edipkazakov@gmail.com

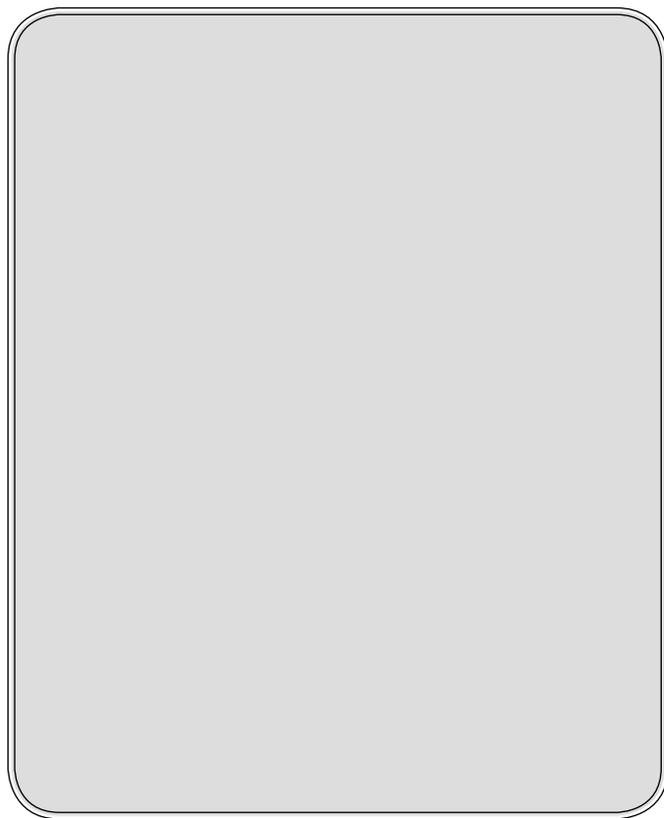
Фейзулаев Ахтем Эскендерович

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет
имени В.И. Вернадского», Институт «Медицинская
академия имени С.И. Георгиевского», город
Симферополь
Mr.ahtem@yandex.ru

Нараева Алина Владимировна

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет
имени В.И. Вернадского», Институт «Медицинская
академия имени С.И. Георгиевского», город
Симферополь
naraeva.a@bk.ru

Аннотация. В настоящее время использование адгезивных технологий позволяет сохранить как можно больше структуры зуба, удовлетворяя при этом потребности пациента в реставрации и эстетические пожелания. При непрямых реставрациях врачи должны выбирать материал и технику, которые позволяют проводить различные методики препарирования и удовлетворяют эстетическим требованиям пациента.



С 1930-х годов зубные виниры используются для улучшения эстетики и защиты зубов (Calamia, 1988). Показания к применению зубных виниров включают: 1) изменение цвета зубов из-за многих факторов, таких как окрашивание тетрациклином, флюороз, несовершенный амелогенез, возраст и другие 2) восстановление скол и трещин зубов 3) аномальная морфология зуба 4) исправление незначительного неправильного положения. Неблагоприятные условия для зубных виниров включают 1) пациентов с парافункциональными привычками, такими как бруксизм 2) плохая гигиена полости рта [1]

Одним из важных аспектов для изучения является препарирование зубных виниров и то, как это может повлиять на устойчивость материала к разрушению и укрепление опорного зуба. К сожалению, клинических исследований, в которых изучается выживаемость зубных виниров в соответствии с методиками препарирования, немного, критерии исследования будут включать более одного фактора, который может повлиять на исход лечения. Напротив, было проведено много исследований *in vitro* для оценки влияния различных методик препарирования. Хотя такие исследования не имитируют фактические клинические условия и факторы, они могут предоставить критерии и рекомендации для клинициста и дальнейших клинических исследований. [2]

Сообщалось о различных мнениях о превосходстве конструкции препарирования над другими. Фактически, из-за большого разнообразия материалов и методики препарирования, благоприятные подходы к восстановлению зубов с помощью виниров были противоречивыми.

Цель этого обзора — сравнить долговечность зубных виниров в соответствии с различными методиками препарирования и различными типами материалов. Подцелью является достижение благоприятного методики препарирования и материала на основе научных данных.

Ключевые слова: стоматологическая керамика, фарфоровые виниры, эстетическое лечение, многослойные виниры, передние зубы, реставрационная процедура, выживаемость зубных виниров.

Хотя существуют разные мнения и разные результаты в исследованиях, которые исследуют влияние методики препарирования на долговечность реставрации. Похоже, что препарирование с перекрытием реза обеспечивает наилучшую поддержку реставрации и распределяет окклюзионные усилия по большей площади поверхности. При препарировании окна окклюзионное напряжение сильно концентрируется на режущей трети, что может привести к разрушению реставрации. Кроме того, прозрачность реза может быть лучше достигнута, когда режущий край уменьшен. Troedson and Dérand (1999) и Zarone et al., (2005) сообщили, что для реставрации требуется приемлемая линия отделки фаски, чтобы выдерживать окклюзионное напряжение. [3]

Напротив, Castelnuovo et al., (2000) предположили, что наличие финишной линии фаски не увеличивает долговечность реставрации. [4]

Кроме того, они сообщили, что виниры с финишной линией стыкового соединения могут обеспечивать более одного пути установки. Однако наличие единственного пути установки можно рассматривать как преимущество, поскольку это предотвращает любое смещение винира во время фиксации. В конечном счете, исследование показало, что препарирование внахлест с финишной линией фаски не снижает долговечность и предсказуемость лечения. [5]

На рынке доступен ряд материалов для восстановления эстетических / функциональных осложнений с помощью винирования зубов; наиболее распространенным материалом является фарфор, композитная смола. Каждый тип материала имеет свой уникальный состав, оптические характеристики и процесс изготовления. Таким образом, можно ожидать, что результат лечения и долговечность будут отличаться в зависимости от используемого материала (Font et al. 2006). [6]

Одним из наиболее распространенных материалов, используемых для изготовления многослойных виниров, является полевошпатовый фарфор. [7]

Основным компонентом полевошпатового фарфора является полевой шпат; природное стекло, которое содержит оксид кремния, оксид алюминия, оксид калия и оксид натрия (Layton & Walton 2012). Полевошпатовый фарфор имеет много преимуществ; материал очень тонкий, поэтому он может быть почти прозрачным, что приводит к появлению естественного восстановления. Кроме того, это требует минимальной подготовки зубов. Таким образом, эмаль может быть сохранена. Кроме того, полевошпатовый фарфор можно травить плавиковой кислотой, которая придает большую прочность сцеплению с оставшейся эмалью (Calamia 1982, Nicholls 1988, Stacey 1993, Layton & Walton 2012). [8] Тем не менее, полевошпатовый фарфор имеет некоторые недостатки. Изготовление полевошпатового фарфора может быть выполнено двумя методами: методом огнеупорной штамповки и методом платиновой фольги (Horn 1983, Plant & Thomas 1987, Clyde & Gilmour 1988), эти методы чувствительны к технике, и изготовленный шпон требует тщательного предварительного ухода (Layton & Walton 2012). Кроме того, маскировка сильно обесцвеченных зубов может быть затруднена из-за того, что фарфор очень тонкий. Более того, сообщалось, что травление внутренней поверхности фарфора может вызвать микротрещины, которые могут привести к снижению прочности фарфора на изгиб и, в конечном итоге, к разрушению винира (Yen et al., 1993). [9]

Недавно были разработаны новые керамические системы, такие как IPS e.max press от Ivoclar Vivadent, лейцит добавляется в стеклянную матрицу для повышения прочности керамики (Rasetto et al., 2001), однако в таких новых системах отсутствуют хорошо проведенные клинические исследования, которые исследуют успех их использования в качестве ламинированных виниров. Таким образом, необходимы дальнейшие исследования в этой области. [10]

Во многих исследованиях изучалась долговечность фарфоровых виниров. Beier et al., (2011) сообщили в ретроспективном клиническом исследовании о вы-

живаемости 94,4% через пять лет и 93,5% через десять лет; они обнаружили, что основной причиной неудачи является перелом керамики. Рандомизированное клиническое исследование, проведенное Лейтоном и Уолтоном (2012), показало аналогичные результаты: выживаемость 96% через десять лет и 91% через 20 лет. Кроме того, Smales и Etemadi (2003) сообщили о выживаемости 95% для фарфоровых виниров в течение 7 лет. [11] Важно подчеркнуть, что в этих и других исследованиях, в которых сообщалось о высокой выживаемости фарфоровых виниров, проводилась строгая оценка оставшейся эмали и систем склеивания. В результате для обеспечения предсказуемых результатов требуется тщательная, консервативная подготовка и оптимальная изоляция во время цементации. [12]

Существуют и другие исследования, в которых сообщается о более низкой выживаемости фарфоровых виниров. Ретроспективное исследование 2563 виниров у 1177 пациентов, проведенное Берком и Лукаротти (2009), показало выживаемость 53% в течение 10 лет. Тип материала виниров не сообщался. Кроме того, в исследовании оценивались виниры, выполненные общей стоматологической службой, и, следовательно, возможно, что препарирование зубов не соответствовало критериям уровня специалистов. Другое ретроспективное исследование, проведенное Shaini et al., (1997), показало выживаемость 47% за 7 лет. Виниры были изготовлены студентами бакалавриата и сотрудниками Бирмингемского университета в Соединенном Королевстве. Исследование показало, что более 90% виниров были установлены на неподготовленных зубах, это может быть причиной высокой частоты отказов, поскольку предполагается, что связь с апризматической эмалью намного слабее, чем с подготовленной эмалью (Perdigão & Geraldini 2003, Layton & Walton 2012). [13,14,15]

Композиты на основе смолы — это реставрационные материалы, которые в основном состоят из следующих трех компонентов: 1) полимерная матрица 2) неорганический наполнитель 3) связующий агент. Наиболее часто используемым мономером в смоле является Бис-ГМА, который имеет более высокую молекулярную массу, чем метилметакрилатные смолы. Следовательно, полимеризационная усадка Бис-ГМА (7,5%) значительно меньше, чем у метилметакрилатных смол (22%). На протяжении многих лет в композиты добавлялся широкий ассортимент наполнителей, таких как кварц. Добавление наполнителей дает много преимуществ, таких как: 1) уменьшение усадки при полимеризации 2) снижение коэффициента теплового расширения мономера 3) улучшение механических характеристик 4) некоторые металлические наполнители, такие как барий, обеспечивают лучшую рентгеноконтрастность. Сцепле-

ние между смолой и наполнителем достигается за счет использования связующих веществ, то есть солевых растворов, наиболее часто используемым в полимерных композитах является γ -MPTS. Стоматологические композиты можно классифицировать в зависимости от размера частиц наполнителя: у традиционных композитов средний размер частиц составляет 10–20 мкм, с другой стороны, у композитов с микронаполнением средний размер частиц составляет 0,02 мкм. на протяжении многих лет стоматологическая компания выпускает новые поколения композитов, стремясь улучшить эстетические и физические свойства (Bonsor & Pearson 2012, Van Noort 2013). [16,17,18]

Выживаемость композитных виниров во многих клинических исследованиях постоянна. Peumans et al. (1997) установили 87 прямых композитных виниров для 23 пациентов; они сообщили о выживаемости 89% через 5 лет. Wolff et al., (2010) провели ретроспективное исследование 327 прямых композитных виниров для 101 пациента; предполагаемая выживаемость составила 80% через 5 лет. Недавнее рандомизированное контрольное исследование для сравнения двух различных типов композитов показало выживаемость 87% в течение 3 лет (Gresnigt et al., 2012). [19] Использование полимерного композита для облицовки передних зубов

оправдано; это быстрая процедура с хорошим эстетическим результатом и разумной долговечностью. [20]

Таким образом, влияние методики препарирования и типа материала на успех зубных виниров противоречиво. Тем не менее, виниры с резцовым покрытием, по-видимому, имеют лучшие эстетические и более предсказуемые результаты, в то время как наличие приемлемой финишной линии фаски кажется ненужным, и более разумно ограничивать подготовку финишной линией стыкового соединения. [21,22] Согласно многочисленным клиническим исследованиям, фарфоровые виниры обеспечивают отличные эстетические результаты, долговечность лечения и удовлетворенность пациента; наиболее важными факторами, обеспечивающими успешное лечение, являются сцепление с эмалью и отсутствие парафункциональных привычек. [23,24] Соответственно, композитные виниры обеспечивают хороший эстетический результат и удовлетворенность пациента; однако, из-за своих физических свойств и прочности сцепления по сравнению с фарфоровыми винирами, композитные виниры, как правило, разрушаются значительно быстрее, чем фарфоровые виниры. [25,26] Необходимы дальнейшие клинические испытания для оценки различных типов композитов и новых керамических систем для увеличения времени наблюдения. [27]

ЛИТЕРАТУРА

1. Рабинович И.М., Липкинд Ж.А. // Клинич. стоматология. — 2013. — № 1. — С.9–10.
2. Руле Ж-Ф, Ванхерле Г. Дегезивные технологии в эстетической стоматологии. — М.: Медпресс-информ, 2010. — 199 с.
3. Салова А.В., Рехачев В.М. Прямые виниры фронтальных зубов: практический атлас. — СПб.: Человек, 2007. — 80 с.
4. Тэй Ф. // ДентАрт. — 2003. — № 2. — С.13–16
5. Храменко С.Н., Казеко ЛА, Горегляд А.А. Современные адгезивные системы: учеб. — метод. пособие / 2-е изд., перераб. и доп. — Минск: БШУ 2008. — 47 с.
6. Шумилович Б.Р., Бессонова Л.В. // Институт стоматологии. — 2010. — № 18. — С.4–5.
7. Чернявский Ю.П. Восстановление дефектов твердых тканей зуба винирным покрытием: автореф. дис. канд. мед. наук. — 2004. — 19 с.
8. Юдина Н.А. // Современ. стоматология. — 2012. — № 2. — С.53–57.
9. Blaine Cook N. // J. Esthet. Restorat. Dent. — 2013. — V25 (1) . — P.31.
10. Besek J. Mario. // Dental Praxis. — 2011. — V.7–8. — P.5–13.
11. Gupta A., Prithviraj D. R, Gupta D, Shruti D.P. // J. Indian Prosthodont Soc. — 2013. — N13 (1) . — P.36–42.
12. Souza D, Kumar M. // MJAFI. — 2010. — V66. — P.239–243.
13. Бородулина, И.И. Сравнительная оценка микроциркуляции и гемодинамики в тканях пародонта при хроническом пародонтите и гингивите по данным доплерографии [Текст] / И.И. Бородулина // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. — 2007. — № 21. — С. 34–36.
14. Вагнер, В.Д. Путеводитель по стоматологии ортопедической [Текст] / В.Д. Вагнер, В.М. Семенюк, О.В. Чекунов. — Н. Новгород: Медицина, 2004. — 578 с.
15. Ван Нурт, Р. Основы стоматологического материаловедения [Текст]: пер. с англ. / Р. Ван Нурт. — 2-е изд. — М.: Изд-во КМК-Инвест, 2004. — 233 с.
16. Висе, М.Б. Ошибки протезирования. Лечение пациентов с несостоятельностью реставраций зубного ряда [Текст] / М.Б. Висе. — М., 2005. — Т. 1.
17. Висе, М.Б. Ошибки протезирования. Лечение пациентов с несостоятельностью реставраций зубного ряда [Текст] / М.Б. Висе. — М., 2007 — Т. 2. — 232 с.
18. Введенская, С.В. Долговечная реставрация, мифы и реальность [Текст] / С.В. Введенская // Новости Dentsply. — М., 2006. — № 12. — С. 24–26.
19. Володин, В.П. Экструзия профильных изделий из термопластов [Текст] / В.П. Володин. — СПб.: Изд. Профессия, 2005. — 74 с.
20. Воложин, А.И. Нарушение реологических свойств крови при хроническом генерализованном пародонтите в сочетании заболеваниями гастро-дуоденальной области [Текст] / А.И. Воложин, В.Ю. Широков // Пат. физиол. — 2005. — Вып. 4. — С. 10–11.
21. Ворошилин, Ю.Г. Протезирование пациентов с малыми включенными дефектами зубных рядов волокнокомпозитными адгезивными мосто-видными протезами с односторонней опорой [Текст]: автореф. дис. ... канд. мед. наук / Ворошилин Юрий Геннадьевич. — Тверь, 2013. — 23 с.

22. Гажва, С.И. Анализ ошибок и осложнений при протезировании с применением несъемных ортопедических конструкций [Текст] / С.И. Гажва, Г.А. Пашиян, О.А. Алешина // Стоматология. — 2010. — № 2. — С. 65–66.
23. Гветадзе, Р.Ш. Сравнительная оценка процессов адаптации опорных тканей при ортопедическом лечении с использованием имплантатов по данным микроциркуляторных показателей [Текст] / Р.Ш. Гветадзе, Е.К. Кречина, Е.М. Келенджреидзе // Стоматология. — 2008. — № 2. — С. 57–60.
24. Гилмор, А. Эстетическая стоматология в Великобритании: керамика и композиты [Текст] / А. Гилмор // Дент Арт. — 2004. — № 2. — С. 61–67.
25. Головин, М. Сочлененные мосты в металлокерамических конструкциях [Текст] / М. Головин // Зубной техник. — 2007. — № 5 (64). — С. 46–52.
26. Гордеева, Л.Т. Материаловедение [Текст] / Л.Т. Гордеева, И.С. Раевская. — Калинин: КПИ, 1982. — 65 с.
27. Гордеева, Л.Т. Методическая разработка по методам анализа материалов [Текст] / Л.Т. Гордеева, И.С. Раевская. — Калинин, 1982. — 35 с.

© Непрелюк Ольга Анатольевна (Oneprelyuk@mail.ru), Ирза Оксана Леонтьевна (oksanastomat@yandex.ru),
 Непрелюк Сергей Ярославович (sneprelyuk@inbox.ru), Абибуллаев Али Арсенович (141210141210@mail.ru),
 Казаков Эдип Джеммиевич (edipkazakov@gmail.com), Фейзулаев Ахтем Эскендерович (Mr.ahtem@yandex.ru),
 Нараева Алина Владимировна (naraeva.a@bk.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Крымский Федеральный Университет им. В.И. Вернадского

СТРУКТУРА ВРОЖДЕННЫХ ПОРОКОВ РАЗВИТИЯ ПЛОДА, ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДИАГНОСТИКИ И ИХ ВКЛАД В СТРУКТУРУ МЛАДЕНЧЕСКОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ЗА 2019–2021 ГОД НА БАЗЕ ОБЛАСТНОГО ПЕРИНАТАЛЬНОГО ЦЕНТРА Г. ЯРОСЛАВЛЯ

THE STRUCTURE OF CONGENITAL MALFORMATIONS OF THE FETUS, THE EFFECTIVENESS OF DIAGNOSIS AND THEIR CONTRIBUTION TO THE STRUCTURE OF INFANT MORBIDITY IN 2019–2021 ON THE BASIS OF THE REGIONAL PERINATAL CENTER OF YAROSLAVL

*E. Palyutina
I. Kozlovskaya
M. Tikhomirova
T. Bogatinova*

Summary. Currently there are no measures for the complete prevention of congenital malformations of the fetus. As a result of assessing the contribution of congenital malformations and chromosomal abnormalities to the structure of morbidity in young children and the effectiveness of their detection during ultrasound diagnostics, we have proposed preventive measures that include all components of obstetric and gynecological care and allow reducing the percentage of newborns with congenital malformations and, as a consequence, reducing infant morbidity.

Keywords: congenital malformations, infant morbidity, ultrasound examination.

Палютина Елена Юрьевна

*К.м.н., ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России
reyu260562@mail.ru*

Козловская Ирина Александровна

*К.м.н., врач акушер-гинеколог, ГБУЗ Ярославской области «Областной перинатальный центр»
kia801980@mail.ru*

Тихомирова Милена Дмитриевна

*ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России
m.thmrv@mail.ru*

Богатинова Татьяна Александровна

*ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинской университет» Минздрава России
tbogatinovavootb@icloud.com*

Аннотация. В настоящее время не существует мер полной профилактики врожденных пороков развития плода. В результате оценки вклада врожденных пороков развития и хромосомных аномалий в структуру заболеваемости детей раннего возраста и эффективности их выявления при ультразвуковой диагностике нами предложены профилактические мероприятия, включающие все компоненты акушерско-гинекологической помощи и позволяющие снизить процент новорожденных с врожденными пороками развития и, как следствие, снизить младенческую заболеваемость.

Ключевые слова: врожденные пороки развития, младенческая заболеваемость, ультразвуковое исследование.

Врождённые пороки развития (ВПР) плода считаются важнейшей медико-социальной проблемой, поскольку занимают ведущее место в структуре причин перинатальной, неонатальной и младенческой заболеваемости, смертности и инвалидизации [2]. Высокие затраты на лечение, уход и реабилитацию детей с ВПР определяют приоритетные задачи здравоохранения во всем мире по разработке и совершенствованию методов пренатальной диагностики и профилактики ВПР у плода [3]. По данным статистики Минздрава наблюдается рост числа детей первого года жизни с врожденными аномалиями и хромосомными нарушениями с 84,7 тысяч в 2005 году до 141,4 тысяч в 2018 году на фоне снижения рождаемости.

В 2022 году издан Приказ Минздрава России от 21 апреля 2022 года № 274н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи пациентам с врожденными и (или) наследственными заболеваниями», регламентирующий междисциплинарный подход в работе гинекологов, специалистов ультразвуковой диагностики, генетиков, педиатров и детских хирургов. С 01 января 2021 года в соответствии с приказом Минздрава РФ № 1130н утвержден новый порядок оказания медицинской помощи в акушерстве и гинекологии, в котором подробно рассмотрен порядок диагностики врожденных пороков развития и признаков хромосомной аномалии у плода при комплексном скрининге первого триместра беременности, как метода вторичной про-



Диаграмма 1. Структура врожденных пороков развития;

филактики ВПР и оказания медицинской помощи при их подтверждении. Многие авторы сходятся во мнении, что увеличение числа ВПР плода связано не только с увеличением возраста первородящих — 30–35 лет, но и с совершенствованием методов диагностики. Возможности современной медицины позволяют корректировать многие ранее неизлечимые состояния, продлевая жизнь пациентам с ВПР, увеличивая тем самым их общее количество в мире. Из-за отсутствия системы обратной связи с пациентками, родившими детей с ВПР фактическая частота врожденных пороков значительно выше, поскольку диагностика в основном ориентирована на те случаи, когда аномалии видны невооруженным глазом. Их часто обнаруживают при манифестации заболевания у детей старших возрастных групп при углубленном обследовании или посмертно на аутопсии. Медицина стремительно развивается, аппараты для УЗ-исследования экспертного класса совершенствуются, и с каждым годом появляется все больше возможностей для раннего выявления тех или иных аномалий развития плода. Это дает время и возможность родителям своевременно, уже на ранних сроках до 11 недель 6 дней принять решение о целесообразности пролонгирования беременности или определить тактику наблюдения за развитием плода после рождения, дополнительных обследований и консультаций для коррекции порока. Таким образом, исходы ВПР новорожденных напрямую зависят от их своевременного антенатального выявления и грамотного консультирования супружеской пары на пренатальном консилиуме с участием акушеров, генетиков и детских хирургов [5].

Цель исследования

Оценить вклад в структуру младенческой заболеваемости врожденных пороков развития, хромосомных аномалий и эффективность выявления их при ультразвуковой диагностике за 2019–2021 год в Областном перинатальном центре города Ярославля.

Объект исследования

Для достижения поставленной цели был проведен ретроспективный анализ годовых отчетов неонатального отделения, отделения реанимации и интенсивной терапии новорожденных и 185 диспансерных книжек пациенток, родивших новорожденных с врожденными пороками развития и хромосомной патологией, требующих оказания специализированной медицинской помощи в реанимационном отделении областного перинатального центра. Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью программы SPSS 22.

Исследования и обсуждение

В результате проведенного исследования были получены следующие данные: за три года в областном перинатальном центре родилось 13054 живых новорожденных, из них 6,0% (n=787) имели врожденные пороки развития различной степени тяжести и хромосомные аномалии [3], что согласуется с данными других авторов. Наибольший процент 39,1% (n=297) состав-



Диаграмма 2. Структура врожденных пороков развития, потребовавших интенсивной терапии в отделении реанимации.

ляют пороки сердечно-сосудистой системы, на втором месте 19,2% (n=151) мочеполовой системы, 10,8% (n=82) костно-мышечной системы 9,9% (n=77) и хромосомные аномалии 2,2% (n=17). (диаграмма 1.)

Рождение ребенка с врожденным пороком развития является серьезным, длительным, иной раз пожизненным испытанием, в первую очередь, для родителей, которые сразу задают вопрос — почему? Как правило мы слышим: я наблюдалась в женской консультации, прошла все методы исследования, почему не диагностировали во время беременности? Различают диагностируемые и не диагностируемые пороки плода во время беременности, которые либо не имеют клинических проявлений во время беременности, либо имеют лишь косвенные признаки неблагополучия, такие как маловодие, многоводие, угроза прерывания беременности. Эффективность ультразвукового исследования плода напрямую зависит не только от используемого оборудования и квалификации специалиста, но от ответственного отношения самой беременной. Анализируя полученные данные, следует отметить, что часть плодов родились с грубыми, “визуализируемыми” пороками развития, что в дальнейшем приведет к длительному, дорогостоящему лечению, тяжелой инвалидности и даже младенческой смертности. Среди 20 врожденных аномалий нервной системы (Q00-Q07) следует выделить случаи агенезии мозолистого тела, врожденной гидроцефалии. За три года был пропущен лишь один случай spina bifida, что лучше всего иллю-

стрирует отработанную методику диагностики этого порока в первом триместре беременности. Но остается проблемой выявление в первом триместре хромосомной аномалии (Q90-Q99) — родилось 12 новорожденных с синдромом Дауна, 2 с неуточненной хромосомной аномалией и 3 с синдромом Эдвардса, умерших в течении первого года жизни. Среди врожденных аномалий глаза, шеи, уха наибольший процент из 43 случаев это дакриостеноз, который может быть диагностирован только после рождения плода. Среди аномалий системы кровообращения (Q20-Q28) наибольший процент составили дефекты межжелудочковой перегородки, которые в настоящее время успешно корригируются, но к сожалению, родились 3 новорожденных с транспозицией магистральных сосудов, с общим AV — каналом и тетрадой Фалло, которые немедленно были переведены в специализированное лечебное учреждение федерального уровня. Среди пороков мочеполовой системы (Q50-Q56) — 8,3% (n=65), (Q60-Q64) 10,9% (n=86), наибольший процент составили случаи врожденного гидронефроза, поликистоза почек, гипоспадии, у 15 новорожденных — агенезии почки, а у одного новорожденного экстракция мочевого пузыря. Среди аномалий и деформаций костно-мышечной системы (Q65-Q79) — 9,9% (n=65) наибольший процент приходится на косолапость, полидактилия и синдактилия. Наиболее затратными оказались 23,5% (n=185) новорожденных, находившихся на лечении в отделении реанимации. В основном это были: пороки сердечно — сосудистой системы 44,9% (n=83), мочеполовой систе-



Диаграмма 3. Процент выявляемости врожденных пороков развития на УЗИ.

мы 22,7% (n=83,) желудочно-кишечного тракта 10,8% (n=20), и множественные пороки развития 4,9% (n=9). Все 17 (9,2%) новорожденных с хромосомными аномалиями проходили обследование и процесс стабилизации состояния в условиях отделения интенсивной терапии. Следует отметить, что основными причинами смерти 44 новорожденных за три года были внутрижелудочковые кровоизлияния III степени, генерализованная внутриутробная инфекция и ранний сепсис. Все новорожденные с тяжелыми пороками развития были переведены в специализированные учреждения, что свидетельствует об отлаженной системе оказания медицинской помощи в неонатальном периоде.

При проведении ретроспективного анализа ультразвуковых исследований в течении беременности у 185 пациенток, родивший детей с врожденными пороками развития и потребовавших специализированной интенсивной терапии в условиях реанимационного отделения, выявлено лишь 70,3% (n=130) пороков. При более детальном анализе было выявлено, что низкий процент обнаружения пороков в первом триместре беременности обусловлен тем, что 25,9% (n=48) беременных просто его не прошли, в результате чего возникает вопрос об отсутствии информированности беременных о важности проведения данного исследования и доступности его в медицинских учреждениях 3 уровня, учитывая, что 53% (n=98) из 185 пациенток были иногородние или проживали в муниципальных образованиях. Во втором триместре беременности до 22 недель не обследовались 14,1% (n=26) пациенток, в третьем триместре 7,0% (n=13) беременных. К сожалению, 44,3% (n=82) пороков были выявлены лишь

в третьем триместре беременности, когда уже невозможно изменить существующую ситуацию и остается только одно — информировать беременную о возможных методах коррекции врожденных пороков. У 29,7% (n=55) новорожденных пороки развития были обнаружены только после рождения, у 4,3% (n=8) новорожденных мамы вообще не делали ни одного УЗИ-исследования.

Наиболее проблемными, в плане выявления были пороки желудочно-кишечного тракта: атрезия пищевода, 12-перстной кишки и диафрагмальные грыжи [1] и мочевой системы, такие как агенезия почки, которые выявлялись в стационаре практически перед родами или не выявлялись вообще.

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы: что в настоящее время не существует мер полной профилактики врожденных пороков развития плода. Но нижеследующие профилактические мероприятия, охватывающие все составляющие акушерско-гинекологической помощи, позволят снизить процент новорожденных с врожденными пороками развития и, как следствие, сократить младенческую заболеваемость. Это массовый прием метилированной формы фолиевой кислоты [2, 4] женщинами репродуктивного возраста, в качестве первичной профилактики врожденных пороков развития плода. Просветительская работа, с использованием информационных буклетов, плакатов в женской консультации о важности постановки на диспансерный учёт в ранние сроки беременности, о целях и сроках своевременного проведения всех УЗИ-исследований и биохимического

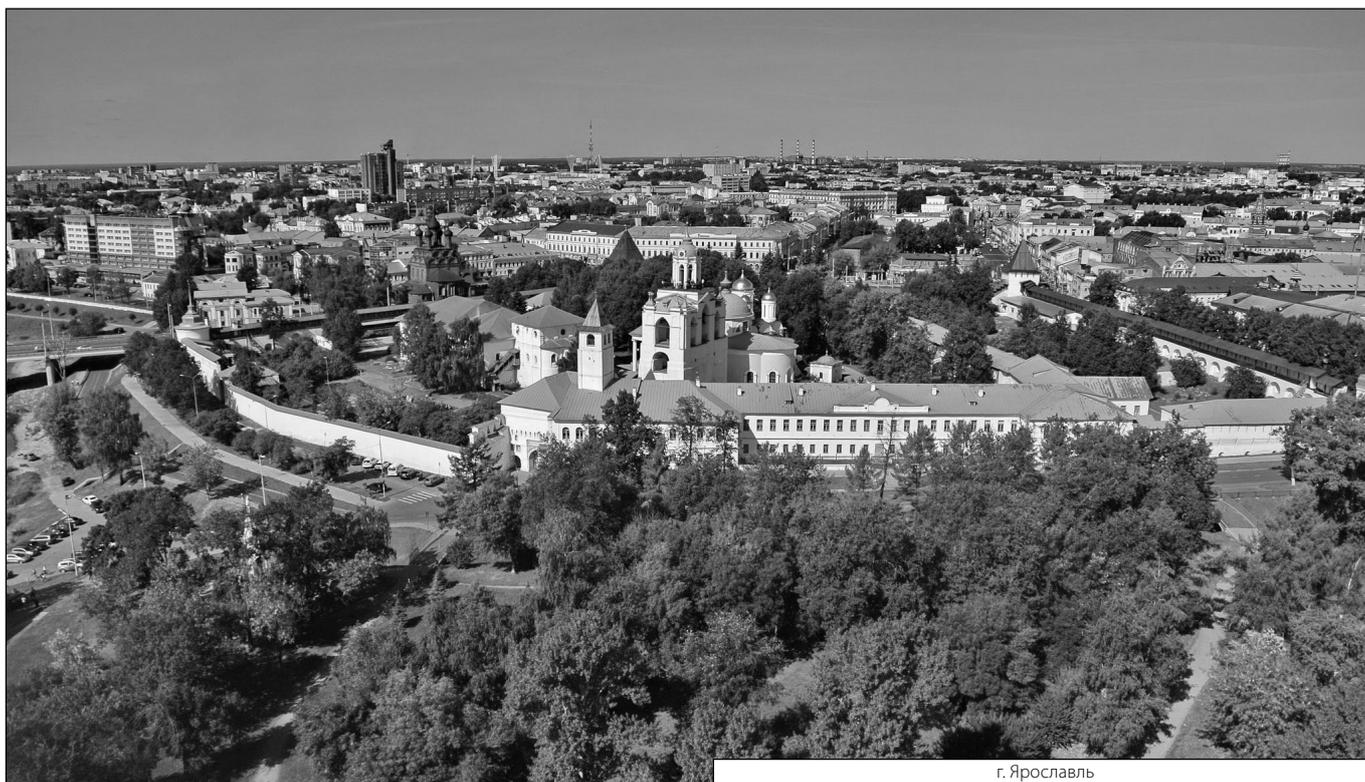
скрининга, о последствиях отказа от предложенного прерывания беременности по медицинским показаниям как методов вторичной профилактики врожденных пороков развития плода. Перспективным является проведение анализа возможной связи низких показателей свободной β -субъединицы ХГЧ и PAPP с врожденными аномалиями у женщин, родивших младенцев с ВПР без сопутствующей акушерской патологией (ВЗРП, преэклампсия, ФПН) в сравнении с группой нормальных ро-

дов без аномалий развития плода. Обеспечение 100% доступности УЗ-исследования и биохимического скрининга первого триместра беременности в медицинские учреждения 3 уровня беременным, проживающим в области. Формирование групп высокого риска по ВПР плода (маловодие, многоводие, угроза прерывания беременности) для проведения УЗ-исследования в третьем триместре беременности на УЗ-аппаратах экспертного класса в условиях перинатального центра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисевич М.А. Кумейко И.Д., Изенов А.М., Киреев Д.Е., Альшев М.А. и другие/Врожденные атрезии желудочно-кишечного тракта у новорожденных // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2019. — № 6 — С. 78–84 URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=12771>
2. Воеводин С.М., Шеманаева Т.В. Профилактика врожденных пороков развития у плода (обзор литературы). «Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики» 2018 г., № 2 С.86–93 УДК 616–007–053.1
3. Жученко Л.А., Тамазян Г.В. Диагностика врожденных пороков развития в системе комплексных мероприятий, направленных на охрану здоровья детской популяции / Российский вестник акушера-гинеколога 2, 2010 С.7–10
4. Каюмова Д.Т., Мирзаева С.С. Результаты применения витаминно-минерального комплекса на прегравидарном этапе и в I триместре у женщин с ВРТ. Тезисы VIII Общероссийского конференц-марафона «Перинатальная медицина: от прегравидарной подготовки к здоровому материнству и детству» (10–12 февраля 2022 года, г. Санкт-Петербург). — М.: Редакция журнала StatusPraesens, 2022. — 160 с. — С.28. УДК:614.2/616/618
5. Нагорнева С.В., Прохорова В.С., Шелаева Е.В., Худоверкова А.М. Анализ частоты выявления врожденных пороков развития у плодов за последние 5 лет (2013–2017) // Журнал акушерства и женских болезней. — 2018. — Т. 67. — №3. — С. 44–48. DOI: 10.17816/JOWD67344–48

© Палютина Елена Юрьевна (reyu260562@mail.ru), Козловская Ирина Александровна (kia801980@mail.ru), Тихомирова Милена Дмитриевна (m.thmrv@mail.ru), Богатинова Татьяна Александровна (tbogatinovavootb@icloud.com).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Ярославль

ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ БЕРЕМЕННОСТИ У ЖЕНЩИН С УМЕРЕННЫМ АЛИМЕНТАРНЫМ ОЖИРЕНИЕМ

FEATURES OF THE COURSE OF PREGNANCY IN WOMEN WITH MODERATE ALIMENTARY OBESITY

A. Ryabov
A. Ibragimova
T. Ivanova
E. Fedorova
L. Tselkovich
R. Balter
O. Tyumina

Summary. The problems of prevention of gestational complications, which are associated with disorders of carbohydrate metabolism in pregnant women with moderate alimentary obesity, are considered. In the course of a comparative analysis of the course of pregnancy of 214 patients of childbearing age, ultrasound markers of placental insufficiency were examined, complications of pregnancy by trimester were analyzed. It is determined that pregnant women with this diagnosis in 43.4% of cases develop gestational diabetes mellitus (GDM). It has been established that alimentary obesity is a fundamental condition for the development of not only GDM, but also fetal macrosomia, placental insufficiency. It is concluded that the reduction in the level of development of gestational complications is greatly facilitated by the early detection of carbohydrate metabolism disorders with subsequent necessary correction, as well as systemic prevention of placental insufficiency.

Keywords: gestational diabetes mellitus, alimentary obesity, fetal macrosomia, placental insufficiency.

Рябов Алексей Юрьевич

Соискатель, Самарский государственный
медицинский университет, г. Самара
samaraobsgyn2@yandex.ru

Ибрагимова Алина Ришатовна

К. м. н., Самарский государственный медицинский
университет, г. Самара
a.r.ibragimova@samsmu.ru

Иванова Татьяна Владимировна

К. м. н., Самарский государственный медицинский
университет, г. Самара
t.v.ivanova@samsmu.ru

Фёдорова Елена Вячеславовна

Соискатель, Самарский государственный
медицинский университет, г. Самара
samaraobsgyn2@yandex.ru

Целкович Людмила Савельевна

Д. м. н., Самарский государственный медицинский
университет, г. Самара
samaraobsgyn2@yandex.ru

Балтер Регина Борисовна

К. м. н., профессор, Самарский государственный
медицинский университет, г. Самара
samaraobsgyn2@yandex.ru

Тюмина Ольга Владимировна

Д. м. н., главный врач медицинского центра
«Династия», г. Самара
samaraobsgyn2@yandex.ru

Аннотация. Рассматриваются проблемы профилактики гестационных осложнений, которые связаны с нарушениями углеводного обмена у беременных с умеренным алиментарным ожирением. В ходе сравнительного анализа течения беременности у 214 пациенток детородного возраста исследованы УЗИ-маркеры плацентарной недостаточности, проанализированы осложнения беременности по триместрам. Определено, что у беременных с данным диагнозом в 43,4% случаев развивается гестационный сахарный диабет (ГСД). Установлено, что алиментарное ожирение является принципиальным условием развития не только ГСД, но и макросомии плода, плацентарной недостаточности. Сделан вывод о том, что снижению уровня развития гестационных осложнений в значительной степени способствует раннее выявление нарушений углеводного обмена с последующей необходимой коррекцией, а также системная профилактика плацентарной недостаточности.

Ключевые слова: гестационный сахарный диабет, алиментарное ожирение, макросомия плода, плацентарная недостаточность.

Научные исследования говорят о том, что в Самарской области за последние пятнадцать лет почти в 25 раз увеличилось количество беременных с диагнозом *гестационный сахарный диабет* [1]. Тенденция роста данной категории пациенток прослеживается во всем цивилизованном мире [2]. В ряде стран она достигла уровня эпидемии [3]. Отмечено, что у женщин с ГСД частота акушерских и перинатальных осложнений не снижается. Последние данные статистики говорят о том, что, не смотря на высокий уровень оказания квалифицированной медицинской помощи, сегодня частота данных осложнений приблизилась к 80%. Столь неутешительные цифры побуждают медицинское сообщество думать о новых, более современных, путях профилактики развития патологий не только у самих женщин, но и у их новорожденных [4–6].

Физиологическую беременность ряд специалистов рассматривают как вариант обратимого метаболического синдрома. В литературе последних лет указано, что имеются корреляционные связи между *умеренным алиментарным ожирением, развитием инсулинорезистентности и гестационным сахарным диабетом* [7].

Рассматривая физиологию глюкозотолерантности в период гестации ученые указывают на тот факт, что генетически обусловленный запас β -клеток поджелудочной железы компенсаторно увеличивает выработку инсулина в ответ на продукцию плацентарного лактогена, который, в свою очередь, по составу идентичен соматотропину [8–10]. С данным механизмом связано постепенное увеличение (почти в три раза, по сравнению с догестационным периодом) секреции инсулина после двадцатой недели беременности [11, 12]. В то же время чувствительность тканей к инсулину снижается. Данная тенденция начинает проявляться уже во втором триместре беременности, и эти процессы сопровождаются активацией липолиза и кетогенеза. Зафиксировано, что резистентность к инсулину в большей степени выражена по отношению к поперечно-полосатым мышцам и жировой ткани, в это время в печени усиливается выработка эндогенной глюкозы [13].

Все вышеперечисленные метаболические процессы присущи беременности, не отягощенной сопутствующими заболеваниями. Они есть у женщин и с выраженным алиментарным ожирением (с увеличением *индекса массы тела* (ИМТ) более $29,9 \text{ кг/м}^2$), и с нормальной массой тела [14].

Исходя из вышеизложенного, необходимо поставить вопрос о том, что проблемы, относящиеся к профилактике гестационных осложнений, которые, в свою очередь, вытекают из нарушений углеводного обмена

[15], необходимо тщательно исследовать. В связи с этим у беременных с умеренным алиментарным ожирением ($24,9 < \text{ИМТ} < 35,0$) был проведен *проспективный анализ течения беременности*. Количество женщин в исследуемой группе насчитывало 214 человек, их возраст — от 25 до 36 лет — в среднем составил 31 (0,5) год. У пациенток основной группы (93 женщины) развился ГСД на различных сроках беременности. У беременных группы сравнения (121 пациентка) углеводный обмен нарушен не был.

Условия отбора в группы:

- ◆ ранняя постановка на учет по беременности (до 12 недель);
- ◆ самопроизвольная первая / повторная беременность;
- ◆ ИМТ до беременности составил 25,0–34,9;
- ◆ отсутствие глюкозотолерантности или инсулинорезистентности;
- ◆ репродуктивный возраст.

Условия исключения из группы:

- ◆ беременность раннего / позднего репродуктивного возраста;
- ◆ в анамнезе зафиксированы случаи глюкозотолерантности или инсулинорезистентности;
- ◆ отсутствие *сахарного диабета* (СД) I типа;
- ◆ наступление беременности после применения *вспомогательных репродуктивных технологий* (ВРТ);
- ◆ наличие ГСД в прошлую беременность;
- ◆ ожирение II степени и более (ИМТ ниже 25,0 или выше 34,9);
- ◆ медикаментозная коррекция в период гестации основных форм хронических сопутствующих экстрагенитальных патологий, диагностированных до наступления беременности (заболевания, связанные с сердечно-сосудистой, бронхолегочной, мочевыделительной и эндокринной системами);
- ◆ позднее начало диспансерного наблюдения по беременности (позже 12 недель);
- ◆ наличие хронических интоксикаций, в том числе курение и алкоголь.

Обе группы беременных обследованы на основании Приказа Министерства здравоохранения РФ от 20.10.2020 г. № 1130н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи по профилю «акушерство и гинекология». Лечение проводилось на основании положительно зарекомендовавших себя клинических рекомендаций и протоколов, включая «Гестационный сахарный диабет: диагностика, лечение, акушерская тактика, послеродовое наблюдение» (2020 г.).

Таблица 1. Осложнения во втором триместре у беременных групп сравнения

Показатель	Основная группа (n=93)	Группа сравнения (n=121)	p
	Число беременных в группе,%		
Угроза прерывания беременности	39 41,9 (5,1)	9 7,4 (2,4)	<0,001
Анемия легкой степени	22 23,6 (4,4)	11 9,1 (2,6)	0,004
Кандидозный вульвовагинит	28 30,1 (4,8)	12 9,9 (2,7)	<0,001
Инфекции мочевыводящих путей	21 22,5 (4,3)	4 3,3 (1,6)	<0,001
Вызванная беременностью гипертония	8 8,6 (2,9)	-	-
Многоводие	4 4,3 (2,1)	-	-
Нет осложнений	35 37,6 (5,0)	97 80,1 (3,6)	<0,001

Примечание. p — показатель статистической значимости различий в сравниваемых группах

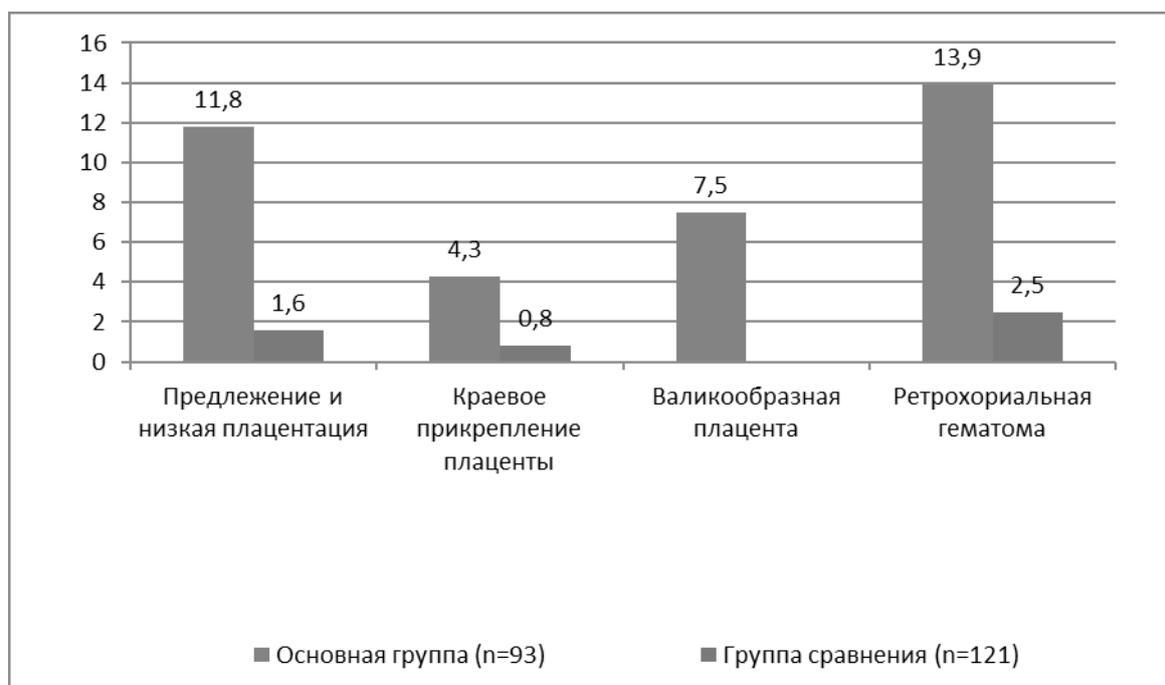


Рис. 1. УЗ-маркеры плацентарной недостаточности в первом триместре беременности у женщин с ГСД, %

Во время подсчета и обработки имеющихся данных применялся стандартный пакет статистических программ SPSS Statistica 10,0 для Windows фирмы StatSoft (Америка).

Установлено, что в группе исследования все пациентки зафиксировали факт беременности на сроке до двенадцати недель, обратившись для этого в жен-

скую консультацию, затем они были взяты под диспансерное наблюдение и всесторонне обследованы. Интересно, что рассматривая развитие беременности по триместрам, появилась возможность отметить, что 37,6 (5,0)% беременных основной группы и лишь 4,9 (1,9)% пациенток группы сравнения имели ультразвуковые признаки формирования *плацентарной недостаточности* (ПН) ($p < 0,001$) с начала беременности.

Таблица 2. Осложнения у пациенток с гестационным сахарным диабетом

Показатель	Основная группа (n=93)	Группа сравнения (n=121)	p
	Число беременных в группе,%		
Угроза прерывания беременности	41,9 (5,1)	7,4 (2,4)	<0,001
Кандидозный вульвовагинит	30,1 (4,8)	9,9 (2,7)	0,001
Гипертония, вызванная беременностью	8,6 (2,9)	-	-
Многоводие	4,3 (2,1)	-	-

Примечание. p — показатель статистической значимости различий в сравниваемых группах

Таблица 3. Осложнения в третьем триместре у беременных групп сравнения

Показатель	Основная группа (n=93)	Группа сравнения (n=121)	p
	Число беременных в группе,%		
Отеки, спровоцированные беременностью, протеинурия без гипертензии	9 9,7 (3,1)	2 1,6 (1,2)	0,01
Отеки, вызванные беременностью	26 27,9 (4,7)	19 15,7 (3,3)	0,03
Преэклампсия легкой степени	21 22,5 (4,3)	3 2,5 (1,4)	<0,001
Преэклампсия умеренной степени	16 17,2 (3,9)	-	-
Тяжелая преэклампсия	2 2,1 (1,5)	-	-
Анемия легкой степени	25 26,9 (4,6)	11 9,1 (2,6)	0,001
Анемия средней степени тяжести	19 20,4 (4,2)	3 2,5 (1,4)	<0,001
Кандидозный вульвовагинит	15 16,1 (3,8)	12 9,9 (2,7)	0,18
Инфекции мочевыводящих путей	16 17,2 (3,9)	4 3,3 (1,6)	0,001
Гипертония, вызванная беременностью	39 41,9 (5,1)	3 2,5 (1,4)	<0,001
Многоводие	34 36,6 (5,0)	2 1,6 (1,1)	<0,001
Маловодие	1 1,1 (1,1)	3 2,5 (1,4)	0,43
Макросомия плода	69 74,1 (4,5)	6 4,9 (2,0)	<0,001
Ретинопатия	7 7,3 (2,8)	-	-
Нет осложнений	-	39 32,2 (4,2)	-

Примечание. p — показатель статистической значимости различий в сравниваемых группах

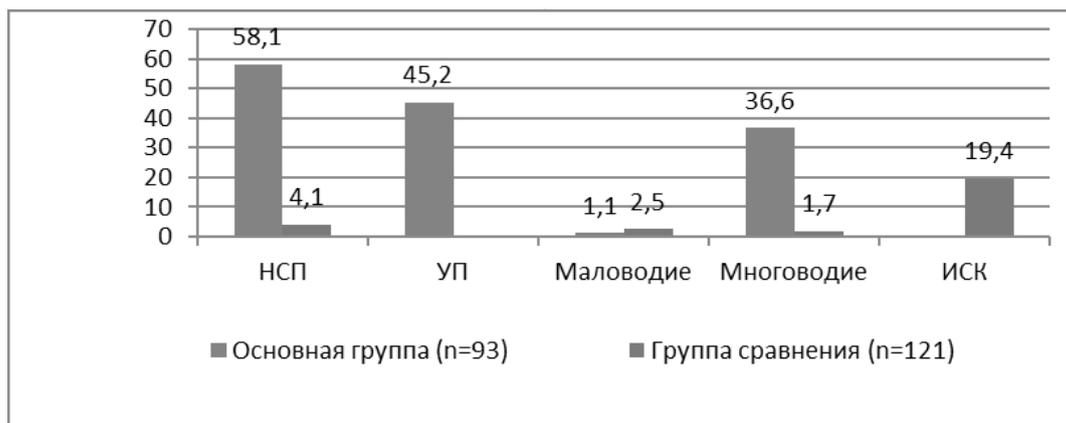


Рис. 2. Ультразвуковые маркеры плацентарной недостаточности пациенток групп сравнения (третий триместр беременности),%

Во время проведения исследования была сделана ультразвуковая диагностика (и на стадии появления признаков угрозы прерывания беременности по показаниям (рис. 1), и на стадии взятия женщины под диспансерное наблюдение — с 4 по 9 недели, в первую волну инвазии цитотрофобласта).

Необходимо зафиксировать тот факт, что в течение данного периода беременности у 10 (10,7%) пациенток наблюдался манифест ГСД, который был определен лабораторно гипергликемией, подтвержден нагрузочным тестом.

У некоторых пациенток дальнейшее течение беременности тоже имело определенные особенности (табл. 1).

При анализе клинического течения второго триместра беременности у женщин выбранных групп можно сделать вывод о том, что, согласно статистике, количество беременных, у которых не наблюдалось осложнений в течение данного периода гестации, в обеих группах существенно возросло. Это, вероятно, связано с адаптацией организма к процессу гестации, а также с коррекцией нарушений, которые удалось обнаружить в первом триместре. Во втором триместре не зафиксировано осложнений у 80,1 (3,6)% женщин в группе сравнения, у 37,6 (5,0)% — в основной группе. У пациенток с ГСД ряд осложнений был обнаружен (табл. 2).

Следует обратить внимание на то, что в сроки 19–26 недель 77 (82%) беременным из основной группы выставлен диагноз «гестационный сахарный диабет». Далее этим пациенткам назначена консультация эндокринолога, проведена необходимая поддерживающая терапия.

Что касается третьего триместра беременности, то осложнения, имеющиеся в этот период, отражены в табл. 3.

Заметим, что при анализе состояния здоровья пациенток в III триместре беременности, отмечен факт того, что у 41,9 (5,1)% женщин основной группы и у 2,4 (1,4)% — группы сравнения гестация была осложнена преэклампсией различной степени тяжести ($p < 0,001$). Также у 27,9 (4,7)% беременных в основной группе и у 15,7 (3,3)% женщин группы сравнения наблюдались отеки, которые были спровоцированы гестацией ($p = 0,03$); протеинурия — у 9,7 (3,1) и 1,6 (1,2)% беременных соответственно ($p = 0,01$). Выявлена анемия легкой степени у 26,9 (4,6)% пациенток основной группы, а также у 9,1 (2,6)% женщин группы сравнения ($p = 0,001$). Анемия средней степени тяжести диагностирована у 20,4 (4,2) и 2,5 (1,4)% женщин соответственно ($p < 0,001$).

В обеих группах сравнения диагностирована инфекция мочевыводящих путей — у 17,2 (3,9) и 3,3 (1,6)% женщин соответственно ($p = 0,001$). У 7,3 (2,8)% пациенток основной группы выявлена специфическая для ГСД ретинопатия.

Если говорить о фетоплацентарной системе, то необходимо отметить, что практически у всех беременных основной группы, а также у 7–5,7 (2,1)% пациенток группы сравнения, обнаружены **ультразвуковые признаки плацентарной недостаточности**:

- ◆ расширение межворсинчатого пространства плаценты;
- ◆ изменения скорости плацентарного кровотока (ИСК) (рис. 2);
- ◆ нарушение созревания плаценты (НСП);
- ◆ нарушение работы плодных оболочек (маловодие и многоводие);

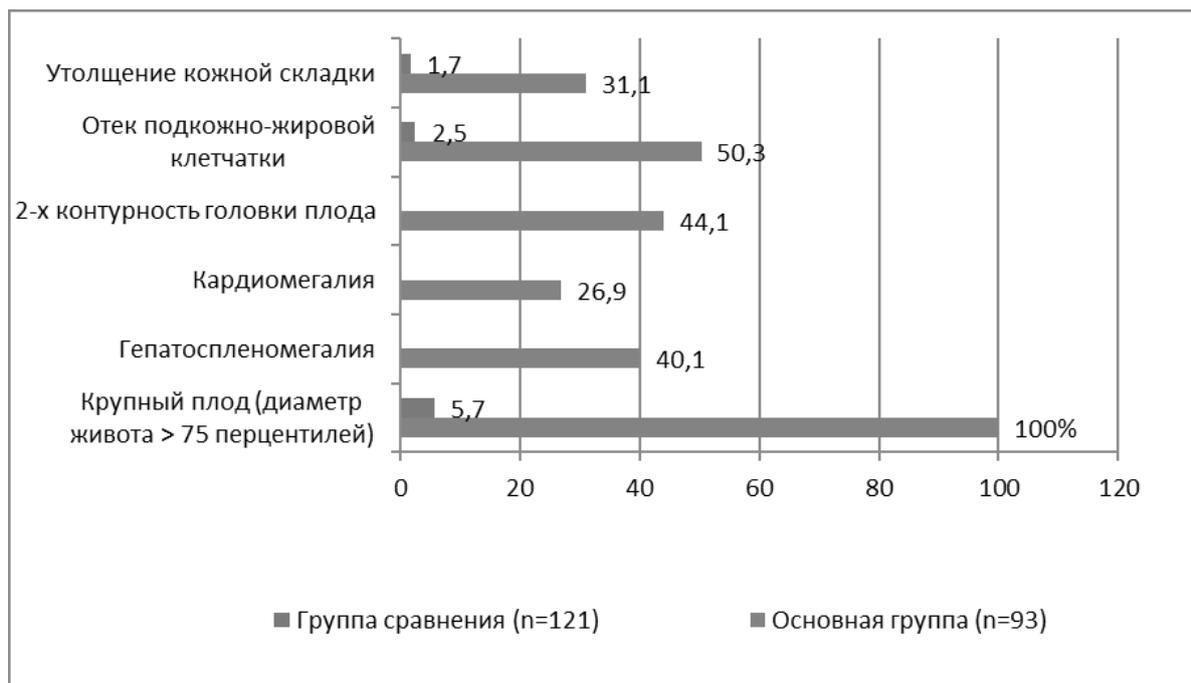


Рис. 3. УЗ-маркеры диабетической фетопатии плода у женщин сравниваемых групп (31–32 недели беременности),%

- ♦ утолщение плаценты (УП) более 5 см.

Кроме плацентарной недостаточности, отдельно необходимо отметить *ультразвуковые маркеры формирования диабетической фетопатии (ДФ)* плодов у беременных с ГСД. Обратим внимание: в группе сравнения макросомия плодов (МП) встречалась. Тем не менее, совокупность признаков, характерных для ДФ, была обнаружена лишь в основной группе (критерии определены на основании рекомендаций Российского консенсуса «Гестационный сахарный диабет: диагностика, лечение, послеродовое наблюдение») [16].

В ходе наблюдения зафиксировано, что из шести-десяти девяти плодов с МП, с асимметричным типом оказалось немногим меньше пятидесяти — сорок семь. Признаки симметричного типа макросомии встречались у всех остальных, в том числе у плодов женщин группы сравнения. При выявлении как минимум четырех ультразвуковых маркеров диагностировалась ДФ. Также учитывалось наличие впервые выделенного многоводия, которое не было связано с другими факторами.

Необходимо отметить, что признаки МП появлялись, начиная с 31–32 недели беременности [17]. Выявление асимметричной макросомии плода принято считать неблагоприятным прогностическим признаком состояния здоровья новорожденного. Её наличие зна-

чительно меняет тактику сроков и методов родоразрешения, пациенткам назначается инсулинотерапия. Поэтому беременные с данным диагнозом обследовались более тщательно, а затем получали лечение не только у акушера-гинеколога, но и у эндокринолога (рис. 3).

Сделан вывод, что у беременных с умеренным алиментарным ожирением в 43,4% случаев фиксируется гестационный сахарный диабет. Самым распространенным и грозным осложнением в первом триместре беременности [18] являлась угроза прерывания. Она регистрировалась у 35–37,6 (5,0)% женщин основной группы, в свою очередь, в группе сравнения таких пациенток было 8–6,6 (2,3)% ($p < 0,001$). Во втором триместре беременности ультразвуковые признаки формирования плацентарной недостаточности встречались у 37,6 (5,0)% женщин основной группы, а также у 4,9 (1,9)% — группы сравнения ($p < 0,001$). У 41,9 (5,1)% беременных основной группы и у 2,4 (1,4)% женщин группы сравнения ($p < 0,001$) в третьем триместре беременности самым серьезным осложнением стала преэклампсия умеренной и тяжелой степенью тяжести.

Чтобы предотвратить развитие гестационных осложнений, пациенткам с умеренным алиментарным ожирением необходима системная профилактика плацентарной недостаточности, а также раннее выявление и необходимая коррекция нарушений углеводного обмена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Российский статистический ежегодник [Электронный ресурс] .— Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/KrPEshqr/year_2020.pdf (дата обращения 23.02.2020) .
2. Gestational diabetes in the United States: temporal changes in prevalence rates between 1979 and 2010 / J.A. Lavery, A.M. Friedman, K.M. Keyes, J.D. Wright, C.V. Ananth // *VJOG*. — 2017. — Т. 124 (5) . — P.804–813.
3. Kharroubi A.T., Darwish H.M. Diabetes mellitus: The epidemic of the century // *World J Diabet*. — 2015. — Т. 6 (6) . — P. 850–867.
4. Аржанова О.Н., Кошелева Н.Г. Особенности течения беременности и родов при сахарном диабете в современных условиях // *Журнал акушерства и женских болезней*. — 2006. — Т. 55, № 1. — С. 12–16.
5. Бурумкулова Ф.Ф., Петрухин В.А. Гестационный сахарный диабет: вчера, сегодня, завтра // *Терапевтический архив*. — 2014. — № 10. — С. 109–115.
6. Грязнова И.М., Второва В.Г. Сахарный диабет и беременность. — М.: Медицина, 1985. — 207 с.
7. Эволюция представлений о гестационном сахарном диабете / А.С. Масель, Э.М. Сабирова, Е.В. Каприор, И.Л. Никитина // *Педиатрия (Прил. к журн. Consilium Medicum)* . — 2018. — № 3. — С. 85–91.
8. Саприна Т.В., Тимохина Е.С., Мусина Н.Н. Панкреатические и экстрапанкреатические эффекты инкретинов и перспективы изучения энтероинсулярной гормональной системы у беременных женщин при гестационном нарушении углеводного обмена // *Бюллетень сибирской медицины*. — 2013. — № 3. — С. 132–147.
9. Саприна Т.В., Тимохина Е.С., Гончаревич О.К. Состояние энтероинсулярной гормональной системы при гестационном сахарном диабете // *Сахарный диабет*. — 2016. — Т. 19, № 2. — С. 150–157.
10. Ткачук В.А., Воротников А.В. Молекулярные механизмы развития резистентности к инсулину // *Сахарный диабет*. — 2014. — № 2. — С. 29–40.
11. Траль Т.Г., Толибова Г.Х., Мусина Е.В. Молекулярно-морфологические особенности формирования хронической плацентарной недостаточности, обусловленной разными типами сахарного диабета // *Сахарный диабет*. — 2020. — Т. 23 (2). С. 185–191.
12. Kwak S.H., Jang H.C., Park K.S. Finding genetic risk factors of gestational diabetes // *Genomics Inform*. — 2012. — Т. 10 (4) . — P. 239–243.
13. Гордюнина С.В. Инсулинорезистентность при беременности: (обзор литературы) // *Проблемы эндокринологии*. — 2013. — Т. 59 (5) . — С. 6–66.
14. Балаболкин М.И. Инсулинорезистентность и ее значение в патогенезе нарушений углеводного обмена и сахарного диабета типа 2 // *Сахарный диабет*. — 2002. — Т. 5 (1) . — С. 12–20.
15. Особенности показателей углеводного обмена и содержания рецепторов к конечным продуктам гликирования у беременных с алиментарным ожирением / А.Ю. Рябов, Т.В. Иванова, О.А. Ильченко, А.С. Требунских // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки*. — 2022. — № 1. — С. 29–34.
16. Гестационный сахарный диабет: диагностика, лечение, послеродовое наблюдение. Клинические рекомендации. — М., 2020. — 53 с.
17. Целкович Л.С., Требунских А.С., Балтер Р.Б. Характер и оценка течения настоящей беременности у женщин с миомой матки, перенесших в анамнезе ЭМА: сб. ст. Международной научно-практической конференции 25 сентября 2021 года «Проблемы и перспективы реализации междисциплинарных исследований». — Новосибирск: НИЦ АЭТЕРНА, 2021. — С. 175–179.
18. Ибрагимова А.Р., Каторкина Е.С., Требунских А.С. Состояние фето-плацентарного комплекса у беременных с миомой матки после ЭМА: сб. ст. Международной научно-практической конференции 25 сентября 2021 года «Проблемы и перспективы реализации междисциплинарных исследований». Новосибирск: НИЦ АЭТЕРНА, 2021. С. 179–172.

© Рябов Алексей Юрьевич (samaraobsgyn2@yandex.ru), Ибрагимова Алина Ришатовна (a.r.ibragimova@samsmu.ru),
Иванова Татьяна Владимировна (t.v.ivanova@samsmu.ru), Фёдорова Елена Вячеславовна (samaraobsgyn2@yandex.ru),
Целкович Людмила Савельевна (samaraobsgyn2@yandex.ru), Балтер Регина Борисовна (samaraobsgyn2@yandex.ru),
Тюмина Ольга Владимировна (samaraobsgyn2@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СИНДРОМ РАЗБИТОГО СЕРДЦА. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ЭТИОЛОГИИ, ПАТОГЕНЗЕ И КРИТЕРИЯХ ДИАГНОСТИКИ

BROKEN HEART SYNDROME. MODERN IDEAS ABOUT ETIOLOGY, PATHOGENESIS AND DIAGNOSTIC CRITERIA

**A. Smirnova
O. Winterglade
A. Nikitina
E. Marina**

Summary. “Broken heart” syndrome is an acute heart disease that mimics an acute myocardial infarction. It is characterized by temporary dysfunction of the left ventricle, usually with peripheral apical, mid — ventricular or basal distribution. Takotsubo syndrome is often associated with severe emotional or physical stress and subsequent increased adrenergic stimulation affecting cardiac function. The disease is usually accompanied by a complete recovery, restoration of systolic ventricular function and does not require special treatment.

Keywords: Takotsubo syndrome, apical ballooning syndrome (SAB), broken heart syndrome, etiology, pathogenesis, diagnosis.

Смирнова Анастасия Петровна

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары
anastasiia.smirnova.1999@ya.ru

Зимогляд Олеся Евгеньевна

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары
olesya.evv@icloud.com

Никитина Анастасия Андреевна

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары
Nastyarb1999@ya.ru

Марина Екатерина Александровна

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары
mekaterin@bk.ru

Аннотация. Синдром «разбитого сердца» — острое сердечное заболевание, которое имитирует острый инфаркт миокарда. Он характеризуется временной дисфункцией левого желудочка, обычно с периферическим верхушечным, срединно — желудочковым или базальным распределением. Часто синдром Такоцубу связан с сильным эмоциональным или физическим стрессом и последующей повышенной адренергической стимуляцией, влияющей на сердечную функцию. Заболевание обычно сопровождается полным выздоровлением, восстановлением систолической функции желудочка и не требует специального лечения.

Ключевые слова: синдром Такоцубу, синдром апикального баллонирования (САБ), синдром разбитого сердца, этиология, патогенез, диагностика.

Синдром «разбитого сердца», также известный как стресс-индуцированная кардиомиопатия, синдром Такоцубу или синдром апикального баллонирования — это остро развивающееся обратимое состояние, характеризующееся доброкачественным течением. Возникает оно из-за гипокинезии верхушки и средних сегментов миокарда на фоне относительной гиперкинезии базальных сегментов.

«Такоцубу» (тако = осьминог, цубо = горшок) — горшок для ловли осьминогов, данное название связано со схожестью силуэта левого желудочка на эхокардиографии во время систолы. По своей клинической и электрокардиографической картине синдром «разбитого сердца» схож с острым коронарным синдромом, но с интактными или малоизмененными коронарными артериями [1].

Эпидемиология

До введения термина синдрома «Такоцубу» данное заболевание существовало под маской других диагнозов. После того как в 1990 году ввели данный термин, синдром получил все большее признание во всех странах мира. Точная распространённость синдрома апикального баллонирования остается неопределённой, поскольку без современных диагностических инструментов его с трудом можно отличить от ОКС.

Во время пандемии COVID-19 отмечился значительный рост заболеваемости синдромом «разбитого сердца». Так, в исследовании Cleveland Clinic, доля случаев синдрома Такоцубу среди всех пациентов с острым коронарным синдромом и во время пандемии составляла 1,8% и 7,8% [2].

Этиология и патогенез

Этиология и патогенез синдрома «разбитого сердца» до конца неизвестны. Однако считается, что данное заболевание развивается на фоне влияния стрессовых факторов. Исследования Окура Х. продемонстрировали, что эмоциональный стресс был тесно связан с развитием TTS примерно в 20–39%, в то время как физический стресс наблюдался в 35–55% всех случаев. Большинство пациентов с синдромом апикального баллонирования являются женщины в постменопаузе. Эстрогены можно считать защитным гормоном, его снижение может предрасполагать к развитию синдрома Такоцубу, так как эстрадиол защищает организм от излишнего выброса катехоламинов. Некоторые исследователи связали преобладание женщин с отсутствием кардиопротекторных эффектов андрогенов, которые наблюдаются у мужчин. В частности, тестостерон ингибирует окислительный стресс, активируя антиоксидантные ферменты кардиомиоцитов через рецепторы андрогенов или превращаясь в эстрадиол [3].

Кроме гормональных изменений, в развитии данной патологии имеет значение генетическая предрасположенность, психогенные факторы, наличие сопутствующих заболеваний.

Так, Пицинно в 2017 г. выявил более высокий риск развития синдрома «разбитого сердца» у людей, несущих аллель T в локусе rs2234693 гена ESR1 и rs1271572 гена ESR2 [4]. Келлер в 2018 году обнаружил у пациентов с синдромом Такоцубу гетерозиготную мутацию в экзоне 9 гена TTN: с.1489G> T (р. E497X). Пан в 2020 году выделил гены APOE, MFGE8, ALB, APOB, SAA1, A2M и C3, которые были классифицированы как ключевые гены развития синдрома апикального баллонирования, они могут быть полезны либо в качестве диагностических биомаркеров, либо в качестве молекулярных мишеней для лечения САБ и т. д. [5].

Также Данде в 2013 г. выявил, что Дефицит витамина D был более распространен у пациентов с САБ. Вероятно, недостаток витамина D приводит к неоптимальному резерву миокарда и ухудшению гемодинамики у пострадавших пациенток [6].

Кэрролл в 2020 г. выявил прямую корреляцию между развитием синдрома «разбитого сердца» и наличием психического расстройства. Распространенные психические расстройства среди пациентов с САБ включали депрессию (n = 98; 39%), беспокойство (n = 44, 17%), воздействие алкоголя (n = 35, 14%), суицидальные мысли (n = 30, 12%) и тяжелые психические состояния (n = 25, 10%). Сообщалось, что психические заболевания были триггерами развития САБ в 61% случаев [7].

Более того, синдром Такоцубу был описан у детей, возникновение этой патологии в таком возрасте в основном было связано с употреблением психоактивных веществ [8].

Исследования о роли сопутствующих заболеваний в развитии синдрома Такоцубу были проведены Абе Т., им был выявлен худший прогноз в течение САБ у пациентов с сахарным диабетом [9].

Праситлумкум выявил более высокий риск смертности у пациентов с синдромом апикального баллонирования на фоне фибрилляции предсердий.

Также, были проведены исследования, которые выявили, что синдром «разбитого сердца», вызванный физическим стрессом (например, хирургическим вмешательством, приемом наркотических средств, травмой) имели худшие краткосрочные и долгосрочные исходы, более высокие показатели смертности, рецидивы и повторные госпитализации.

Все эти провоцирующие факторы запускают каскад реакций, которые приводят к развитию синдрома Такоцубу. Основными предлагаемыми механизмами являются ишемия миокарда, обструкция выходного тракта левого желудочка, интоксикация миокарда катехоламинами, переносимыми с кровью, индуцированное адреналином переключение передачи сигналов и дисфункция вегетативной нервной системы с гиперактивацией симпатической нервной системы, включая локальное нарушение сердечной симпатической функции и выброс, и распространение норэпинефрина.

Рассмотрим теорию симпатической гиперактивности: предполагается, что она способствует развитию интерстициальной мононуклеарной воспалительной реакции и некрозу полосы сокращения миокарда. Также посредством активации гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы инициируется повышенное высвобождение катехоламинов, что в свою очередь ведет к спазму коронарных артерий и оказывает прямое кардиотоксическое действие на миокард.

Теория коронарного спазма и микроциркуляторных нарушений: в сравнительных испытаниях было доказано, что уровень эндотелина при синдроме Такоцубу повышается. Эндотелин-неселективный вазоконстриктор, который ведет к спазму коронарных артерий и приводит к нарушению микроциркуляции, развитию относительной ишемии.

Теория прямой токсичности катехоламинов на кардиомиоциты: Типичные структурные изменения, вызванные перегрузкой катехоламинами, включают не-

кроз полосы сокращения, увеличение внеклеточного матрикса и умеренную инфильтрацию нейтрофилами. На молекулярном уровне Неф и др. авторы продемонстрировали, что избыточная стимуляция β -адренорецепторов кардиомиоцитов катехоламинами приводит к повышению активности аденилатциклазы. В дальнейшем происходит активация протеинкиназы, которая фосфорилирует кальциевые каналы и приводит к их открытию. В результате происходит повышения содержания кальция в кардиомиоцитах, что в следствие вызывает перегрузку кардиомиоцитов. Все это приводит к отрицательному инотропному эффекту на верхушке ЛЖ [10].

Клиническая картина

Для пациентов с синдромом «разбитого сердца» наиболее частыми симптомами являются боль в груди, одышка и обморок. Это состояние также может протекать бессимптомно, диагноз ставится на основании случайно выявленных аномалий на электрокардиографии и эхокардиографии. Остановка сердца, отек легких, кардиогенный шок и тяжелые аритмии встречаются у пациентов с синдромом Такоцубу реже, но они являются потенциально опасными для жизни осложнениями.

Известно, что синдрому апикального баллонирования часто предшествует стресс. Клиническая картина, вызванная тяжелым физическим стрессом, может скрываться за симптомами основного заболевания. Так, у пациентов с ишемическим инсультом, судорогами реже возникают боли в груди, что может быть связано со снижением сознания, неврологическими осложнениями. Напротив, у пациентов, подвергшихся сильному эмоциональному стрессу, чаще возникают боли в груди и учащенное сердцебиение. Поэтому для выявления триггеров необходимо тщательно изучать анамнез на предмет таких событий, часто необходима консультация с родственниками и близкими друзьями в случаях, когда пациенты неохотно рассказывают о стрессовых событиях [11].

Диагностика

Из-за сходства в клинической картине, нарушениях электрокардиографии и сердечных биомаркерах дифференцировка между синдромом «разбитого сердца» и острым инфарктом миокарда часто является сложной задачей.

Электрокардиограмма

ЭКГ имеет низкую ценность для диагностики синдрома Такоцубу из-за ее сходных критериев с острым коронарным синдромом. Но в 2016 году был проведен

ретроспективный анализ, в который были включены 200 пациентов с синдромом апикального баллонирования и 200 пациентов с ОКС. Франжие А.Х., Обейд С. и др. предложили практический алгоритм ЭКГ, который дифференцирует синдром Такоцубу и острый инфаркт миокарда. Подъем сегмента ST и инверсия зубца T являются наиболее распространенными аномалиями, наблюдаемыми на начальной ЭКГ, которые максимальны в отведениях V2-V3. В отличие от пациентов с инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST из-за окклюзии левой передней нисходящей коронарной артерии, у пациентов с САБ амплитуда подъема сегмента ST была значительно ниже.

Так, для синдрома Такоцубу характерны:

1. Подъем сегмента ST обнаруживается в прекардиальных отведениях V1-V4 и отведениях I и aVL конечностей.
2. Отсутствие дискордантных изменений в нижних отведениях
3. Подъем сегмента ST чаще встречается при aVR
4. Отсутствует зубец Q
5. Депрессии сегмента ST встречаются в 10% случаев
6. Значительно меньшая амплитуда подъема сегмента ST

Критерии ОИМ:

1. Подъем сегмента ST в основном локализуется в отведениях V2-V5 и в отведениях II конечности и aVR
2. Имеются дискордантные изменения в боковых и нижних отведениях
3. Подъем сегмента ST чаще встречается при V1
4. Имеется зубец Q
5. Депрессия сегмента ST встречается в 30% случаев
6. Более высокая амплитуда подъема сегмента ST

Однако для подтверждения диагноза необходимы коронарная ангиография и вентрикулография [12].

Эхокардиография

Эхокардиография (ТТЭ): обеспечивает быстрый метод визуализации аномалий движения левого желудочка, которые обычно выходят за пределы распространения одной коронарной артерии. Обычно при САБ наблюдается гипокинезия или акинезия верхушечного и среднего сегмента левого желудочка с характерной гиперкинезией базальных сегментов. Другие варианты включают акинезию базального сегмента с сохранением среднего желудочка и верхушки, а также фокальный вариант, характеризующийся фокальными нарушениями движения стенки.

Также ЭхоКГ помогает в оценке фракции левого желудочка. Важно отметить, что снижение ФВЛЖ при поступлении, а также вовлечение правого желудочка связаны с более плохими исходами в стационаре [13].

Таким образом, критерии эхокардиографии могут включать следующее:

1. Нарушения локальной сократимости регистрируются в верхушке и/или средних сегментах ЛЖ циркулярно вне зоны типичного кровоснабжения одной коронарной артерией
2. Транзиторная дисфункция ЛЖ, часто с кольцевым рисунком, и полное разрешение систолической функции ЛЖ в течение 3–6 месяцев;
3. Улучшение соотношения E/e' во время наблюдения можно считать дополнительным показателем восстановления функции ЛЖ;
4. Визуализация потока в дистальном отделе левой передней нисходящей артерии.

Биомаркеры

Сравнивая пациентов с ОИМ и пациентов с синдромом «разбитого сердца», было установлено, что у последних чаще наблюдаются более низкие пиковые уровни сердечного тропонина и МВ-креатинкиназы из-за менее выраженного некроза тканей. Однако, при поступлении значения тропонина при САБ не отличается от показателей тропонина I при ОКС.

Также, при несоответствии между степенью повышения биомаркеров и степенью ангиографической дисфункции миокарда мы можем заподозрить синдром Такоцубу.

Так как в ответ на растяжение миокарда во время острой фазы синдрома апикального баллонирования значительно повышается уровень натрийуретического пептида В-типа, Фрелих и др. авторы смогли продемонстрировать, что более высокое соотношение NT-proBNP / тропонин T свидетельствует в пользу синдрома Такоцубу (специфичность 95% и чувствительность 91%). Интересно, что уровни натрийуретического пептида В-типа имеют прямую корреляцию как со степенью повышения уровня катехоламинов, так и с тяжестью систолической дисфункции левого желудочка.

Также было проведено исследование, которое показало, что при поступлении уровень IL-6 в плазме крови у пациентов с САБ ниже, чем у пациентов с ОИМ, в то время как уровень IL-7 повышен.

Кроме того, Jaguszewski и др. изучили циркулирующие микроРНК в качестве маркера для дифференцировки синдрома Такоцубу от острого инфаркта мио-

карда. Было обнаружено, что данный маркер способен отличать пациентов с САБ от здоровых и пациентов с ОИМ со специфичностью 79% и чувствительностью 74% для САБ, по сравнению со здоровыми субъектами, а также специфичность 70% и чувствительность 97% для САБ по сравнению с пациентами с ОИМ.

Еще раз подчеркивая ценность сердечных биомаркеров в ранней диагностике синдрома «разбитого сердца», Дагренат и другие разработали критерии, позволяющие проводить различие между синдромом Такоцубу и инфарктом миокарда путем оценки возраста, пола, наличия в анамнезе психических расстройств, ФВЛЖ и соотношения BNP / тропонин I при поступлении (чувствительность 92% и специфичность 77%) [14].

Ангиография и вентрикулография

Коронарография — золотой стандарт диагностики коронарного статуса, исключая ОИМ.

В большинстве случаев при синдроме «разбитого сердца» коронарные артерии остаются интактными. Следует помнить, что однососудистая обструктивная болезнь коронарных артерий не исключает САБ, поскольку аномалии движения стенки ЛЖ часто находятся за пределами зоны васкуляризации пораженного сосуда при синдроме апикального баллонирования. И наоборот, необструктивные поражения все еще могут вызывать ОКС.

Когда эхокардиография не дает результатов или недоступна, левая вентрикулография помогает оценить как функцию ЛЖ, так и его морфологию путем выявления характерных критериев САБ.

Desmet W. и др. выявили во время левожелудочковой вентрикулографии наличие в апикальной части ЛЖ небольшую зону сократимости, известной как «апикальный сосок». В то же время этот признак не был замечен среди случаев ОИМ. Кроме того, вентрикулография помогает идентифицировать рентгеноскопический признак «ястребиного клюва», который представляет систолическое вздутие области среднего участка желудочка при сохраненной сократительной способности верхушки ЛЖ при САБ и может быть использован в качестве раннего диагностического маркера при дифференциальной диагностике с ОКС [15].

Также левожелудочковая вентрикулография может быть полезна для выявления осложнений, включая острую митральную регургитацию или верхушечные тромбы ЛЖ.

Магнитно-резонансная томография

МРТ является важным инструментальным методом из-за его ценности для дифференциальной диагностики и исключения инфаркта миокарда.

Критерии МРТ в пользу САБ включают: [16].

Дисфункция ЛЖ при не коронарном региональном распределении с вовлечением ПЖ или без него;

1. Отек миокарда, локализованный в сегментах верхушки (акинезия или гипокинезия);
2. Отсутствие значительного некроза или фиброза;
3. Отсутствие областей с высоким сигналом (> 5 SD выше нормы) на поздних изображениях с повышением гадолиния
4. Полная нормализация фракции выброса ЛЖ при последующей МРТ-визуализации.

Таким образом, более широкое использование МРТ может помочь в ранней диагностике САБ и прогнозировании осложнений при поступлении.

Прогноз

Учитывая транзиторный характер синдрома «разбитого сердца», заболевание обычно протекает благоприятно и проходит с полным выздоровлением через 4–8 недель у >90% пациентов. Рецидивы случаются редко.

Так, в исследовании Темплин и др. частота рецидивов составила 1,8% в год [19].

Факторами риска развития рецидивов являются тяжелая дисфункция ЛЖ, повышенная восприимчивость к эмоциональному стрессу, динамические колебания чувствительности сердечных адренорецепторов и женщины старше 50 лет.

Также не стоит забывать о профилактике провоцирующих и предрасполагающих факторов для предотвращения рецидива заболевания, снижения риска осложнений.

Таким образом, синдром «разбитого сердца» является острым и обратимым сердечным заболеванием, которое обычно поражает женщин постменопаузального возраста и часто вызывается эмоциональными и физическими раздражителями. Необходимо дальнейшее исследование для изучения патофизиологических механизмов, лежащих в основе САБ, Синдром Такоцубо обычно возникает при отсутствии обструктивной ИБС и приводит к локализованной дисфункции сердца. Из-за имитации клинической картины ОИМ коронарная ангиография и вентрикулография считается золотым стандартом для подтверждения или исключения синдрома апикального баллонирования. Что касается прогноза, долгосрочная смертность от синдрома «разбитого сердца» превышает смертность пациентов с острым коронарным синдромом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ун С, Ямасак К. История синдрома такоцубо: действительно ли синдром впервые описан как заболевание в 1990 году? Некоторые неточности. *Int J Cardiol.* 2013;166:736–737. doi: 10.1016/j.ijcard.2012.09.183.
2. Джабри А., Калра А., Кумар А., Аламех А., Адроджа С., Башир Х., Новаки А.С., Шах Р., Хаббер С., Кана'Н А., Хедрик Д.П., Слейк К.М., Мехта Н., Чунг М.К., Хот У.Н., Кападия С.Р., Пури Р., Рид Г.В. Заболеваемость стрессовой кардиомиопатией во время пандемии коронавирусной болезни 2019 года. *Сеть JAMA открыта.* 2020;3 (7): e2014780. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2020.14780.
3. Като К., Лайон А.Р., Гадри Дж. — Р., Темплин С. Синдром Такоцубо: этиология, диагностика и лечение. *Сердце.* 2017;103 (18): 1461–1469
4. Борхерт Т.; Хюбшер Д.; Гессум К.И.; Лам Т. — д.д.; Гадри Дж.Р.; Шеллингер И.Н.; Тибуриси М.; Лиав, Нью-Йорк; Ли Й.; Хаас Дж.; и др. Катехоламин-зависимая β-адренергическая передача сигналов в модели плюрипотентных стволовых клеток кардиомиопатии Такоцубо. *J. Am. Coll. Кардиол.* 2017, 70, 975–991
5. Keller H., Neuhold U., Weidinger F., et al. Такоцубо как начальное проявление немиопатической кардиомиопатии из-за варианта Титина с.1489G > Т. Лекарства. 2018;5–80
6. Pan X. — Y., Zhang Z. — W. MFGE8, ALB, APOB, APOE, SAA1, A2M и C3 как новые биомаркеры стрессовой кардиомиопатии. *Cardiovasc. Ther.* 2020; 1–11.
7. Кэрролл А. Дж., Герген Дж., Ваффорд К.Э., Флаэрти Дж.Д., Грейди К.Л., Фейнгольд К.Л. Психиатрические состояния у пациентов с синдромом Такоцубо: систематический обзор и обобщение тематических исследований. *Gen. Госпитализация. Психиатрия.* 2020; 54–63.
8. Бертон Э., Витали-Сердоз Л., Валлон П., Маскио М., Гортани Г., Бенеттони А. Молодая девушка с синдромом апикального вздутия сердца. *Int. J. Cardiol.* 2012; 4–6.
9. Абе Т., Олаосебикан К., Бабатунде А., Абе Т., Тобун Т. Аннотация P050: вопрос о парадоксе диабета при кардиомиопатии Такоцубо. *Гипертония.* 2020;76.
10. Ун С. Острое нарушение сердечной симпатической функции в патогенезе синдрома такоцубо: систематический обзор литературы на сегодняшний день. *Cardiovasc Revasc Med, включая Mol Interv.* 2014;15,35–42.
11. Гадри Дж. — Р.; Витштейн И.С.; Прасад А.; Шарки С.; Дотт К.; Акаши Ю. Дж.; Камман В.Л.; Креа Ф.; Галиуто Л.; Десмет В.; и др. Международный экспертный консенсусный документ по синдрому Такоцубо (часть I): клинические характеристики, диагностические критерии и патофизиология. *Евро. Сердце Дж.* 2018, 39, 2032–2046

12. Франжие А., Обейд С. Дж. и др. Критерии ЭЖГ для различения кардиомиопатии Такоцубо (стресс) и инфаркта миокарда. Журнал Американской кардиологической ассоциации. 2016;5–6.
13. Гадри Дж.Р., Камман В.Л., Напп Л.С., Юрисич С., Дикман Дж., Батайосу Д.Р., Зайферт Б., Ягушевски М., Саркон А., Нейман К.А., Гейер В., Прасад А., Бакс Дж. Дж., Рушицка Ф., Люшер Т.Ф., Темплин С. Различия в клинических Профиль и исходы типичного и атипичного синдрома Такоцубо: данные Международного реестра такоцубо. JAMA Cardiol. 2016; 335–340.
14. Мадхаван М., Борлауг Б.А., Лерман А., Рихал К.С., Прасад А. Профиль гормона стресса и циркулирующих биомаркеров синдрома апикального вздутия живота (кардиомиопатия такоцубо): понимание клинической значимости уровней натрийуретического пептида В-типа и тропонина. Сердце. 2009;95:1436–1441.
15. Десмет У., Беннетт Дж., Фердинанда Б., Де Кок Д., Адриансенс Т., Косманс М., Синнаев П., Кайерт П., Дюбуа С. Признак апикального соска: полезный инструмент для различения переднего инфаркта и транзиторного синдрома раздувания левого желудочка. Eur. Сердце J. Острый кардиоваскулярный синдром. Care. 2014;3 (3):264–267.
16. Пласидо Р., Кунья Лопес Б., Алмейда А.Г., Рошитт С.Е. Роль сердечно-сосудистого магнитного резонанса при синдроме такоцубо. J. Cardiovasc. Магн. Reson. 2017; 9–16.
17. Шамс, Ю.; Торнвалл, П. Эпидемиология, патогенез и лечение синдрома такоцубо. Clin Auton. Отв. 2018, 28, 53–65.
18. Мильоре Ф., Билато С., Изабелла Г., Илицето С., Тарантини Г. Гемодинамические эффекты острого внутривенного введения метопролола при синдроме апикального раздувания с динамической обструкцией выходного тракта левого желудочка. Eur J Сердечная недостаточность. 2010;12:305–308.
19. Темплин С, Гадри младший, Дикманн Дж., Напп Л.К., Батайосу Д.Р., Ягушевски М. и др. Клинические особенности и исходы кардиомиопатии такоцубо (стресс). N English J Med. 2015;373:929–938.

© Смирнова Анастасия Петровна (anastasiia.smirnova.1999@ya.ru), Зимогляд Олеся Евгеньевна (olesya.evv@icloud.com),
Никитина Анастасия Андреевна (Nastyarb1999@ya.ru), Марина Екатерина Александровна (mekaterin@bk.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ПОИСКА КРИТЕРИЕВ ОБЪЕКТИВНОСТИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ХИРУРГИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ БОЛЬНЫМ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНЫМ КРОВОТЕЧЕНИЕМ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

ABOUT THE TOPICALITY OF SEARCH FOR OBJECTIVE CRITERIA FOR QUALITY EVALUATION OF SURGICAL HELP FOR PATIENTS WITH GASTROINTESTINAL BLEEDING (BIBLIOGRAPHY)

D. Tvorogov
K. Movchan
M. Yartsev
K. Povaliy

Summary. Both society in general and healthcare professionals during their work in particular give undivided attention to the search for answers to the questions of quality evaluation of healthcare provided for the public. Given aspects of work of healthcare specialists are particularly important during medical check-ups and treatment process in life-threatening conditions. These conditions without a doubt include all types of bleedings. Localised in the gastrointestinal tract acute hemorrhages, among other things, occupy a considerable number of such cases.

The necessity for a search of objective criteria for quality evaluation of surgical help for patients with acute gastrointestinal bleedings is conditioned by a few factors: a high frequency of verification and specifics of their medical treatment of such conditions; the complexity of structural classification of bleedings in the digestive tract; the imperfection of case registration of acute gastrointestinal bleedings in medical registration files; the ambiguity of methods used in the evaluation of check-up results and medical treatment of hemorrhages of the given kind; involvement of medical specialists of different fields of expertise; ambiguous interpretations of approaches to treatment tactics given by medical staff from clinics with different license ratings in comparison with requirements of the medical standard protocols, recommendations, etc; the absence of scientifically corroborated documents on the evaluation of medical help in cases of acute gastrointestinal bleedings; conscious and unreasoned involvement of workers of non-medical establishments in the interpretation of quality issues of medical treatment of acute gastrointestinal bleedings.

Творогов Дмитрий Анатольевич

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Северо-Западный
Государственный медицинский университет имени
И.И. Мечникова»
tvorogovd@bk.ru

Мовчан Константин Николаевич

Д.м.н., профессор, ГБУЗ «Медицинский
информационно-аналитический центр»; профессор
ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный
медицинский университет имени И.И. Мечникова»
movchank@miac.zdrav.spb.ru

Ярцев Максим Михайлович

К.м.н., эксперт СПб ГБУЗ «Медицинский
информационно-аналитический центр»
movchank@miac.zdrav.spb.ru

Повалий Ксения Игоревна

Врач-методист СПб ГБУЗ «Медицинский
информационно-аналитический центр»
movchank@miac.zdrav.spb.ru

Аннотация. Поисками ответов на вопросы, сопряжённые с оценкой качества медицинской помощи, предоставляемой населению, придается пристальное внимание как в Обществе в целом, так и в деятельности сотрудников Здравоохранения. Особо значимыми данные аспекты работы специалистов оказываются при осуществлении лечебно-диагностического процесса в жизнеугрожающих ситуациях. К таковым, несомненно, относятся все виды кровотечений. А среди них значимое место занимают случаи острых геморрагий из источников, локализующихся в желудочно-кишечном тракте.

Необходимость поиска критериев объективности оценки качества хирургической помощи больным острыми желудочно-кишечными кровотечениями обуславливается несколькими обстоятельствами: высокой частотой верификации и особенностями оказания медицинской помощи этих состояний; структурно — классификационной сложностью кровотечений из пищеварительного тракта; несовершенством учета случаев острых желудочно-кишечных кровотечений в отчетных регламентах; неоднозначностью методов, используемых для оценки результатов обследования и лечения пациентов при устранении последствий геморрагий данного вида; участием в лечебно-диагностическом процессе специалистов многих профилей медицинской деятельности; неоднозначной интерпретацией представлений сотрудников медицинских организаций разного лицензионного ранга по лечебной тактике при данных видах геморрагий с требованиями, изложенными в стандартах, клинических рекомендациях и других регламентациях; отсутствием научно-обоснованных

The article provides data from different sources of the mentioned aspects that pose a topical interest in studying of the issues connected with providing medical help of proper care and quality for patients with acute gastrointestinal bleedings.

Keywords: bleedings, gastrointestinal bleedings, quality of medical help, expert evaluation of the safety of medical activity.

К задачам Общества, решение которых касается каждого гражданина, относится максимальное стремление к предоставлению населению доступной медицинской помощи (МедП) с соблюдением ее надлежащего качества [33, 38, 66, 67, 69, 90]. Устранение проблем в здравоохранении (ЗдрХр), обусловленных отсутствием должной безопасности лечебно-диагностической работы, составляет постоянную заботу как специалистов, занимающихся клинической практикой, так и менеджеров, осуществляющих контролируемую медицинскую деятельность (МедД) [24, 33, 56, 79, 85, 86, 58, 88, 92, 93, 94, 97, 111]. Представители общественных профессиональных медицинских сообществ полагают, что обеспечение населения надлежащим качеством медицинской помощи (КМП) оказывается ключевой задачей ЗдрХр и представляет собой залог соблюдения безопасности МедД не только в отношении пациентов, но и самих медработников [32]. Специалистами хирургических профилей МедД особо подчеркивается, что современная хирургическая работа представляет собой зону профессионального юридического риска [2, 11, 24, 75, 91, 106, 112].

В работе по оценке КМП, нередко, доводится принимать участие и представителям далеких от медицины: политическим деятелям [15, 87], руководителям правозащитных организаций [68], и др. Оценка КМП людьми, некомпетентными в медицинской работе, может отражаться не только на объективности ее результатов, но и на формировании общественного мнения при сопровождении аргументированных заключительных вердиктов с (порой, — необоснованными) обвинительными выводами [99, 100]. В частности, представителями правоохранительных структур усматривается, что более чем в 50% случаев так называемые «преступления» в медицине совершаются хирургами (27,5%), акушерами-гинекологами (16,8%) и анестезиологами — реани-

матологами (13,2%), т.е. специалистами хирургических профилей медицинской работы [65]. Последнее обстоятельство, в некоторой степени, официально обуславливает некоторый статистический рост т.н. «врачебных» уголовных дел [61, 65, 84, 89]. Порождаемое, в связи с этим недоверие к медицинским работникам на фоне необоснованных (завышенных) претензий к качеству их работы оказывается мотивом для массового ухода из профессии медицинских сотрудников [18, 77].

В статье приводятся данные обзора публикаций по перечисленным рубрикам, составляющим актуальность изучения вопросов, связанных с обеспечением надлежащего качества и безопасности медицинской деятельности при обследовании и лечении больных острым желудочно-кишечным кровотечением.

Ключевые слова: кровотечения, острые желудочно-кишечные кровотечения, качество медицинской помощи, экспертная оценка безопасности медицинской деятельности.

При неоднозначной трактовке ситуации в общественном ЗдрХр в 21 веке вопросы, связанные с ответственностью за КМП, предоставляемой по хирургическим профилям медицинской деятельности, масштабно обсуждаются специалистами, в том числе, и на представительных научных форумах [19, 62, 70, 75, 91, 105]. Особое внимание обращается на результаты оценки безопасности МедД, осуществляемой по неотложным показаниям. Тем более, что сотрудниками надзорных органов случаи оказания МедП ненадлежащего качества ее предоставления почти в 37% наблюдений усматриваются во время дежурантской работы [44, 52, 54, 60, 82, 84, 86, 98]. В большинстве случаев претензии к участникам лечебно-диагностического процесса (ЛДП) предъявляются в ракурсе оценки КМП при разборе наблюдений из практики неотложной хирургии [1, 3, 9, 54, 60, 78, 74]. Предметом особого внимания к экспертной оценке результатов лечения больных оказываются случаи предоставления МедП ненадлежащего качества при патологических состояниях, входящих в группу нозологий, определяемую как «острый живот» — ОЖ [14, 71, 72, 80, 81, 92, 93, 94]. Сообщество хирургов всегда стремилось обозначить пути улучшения результатов предоставления МедП больным острой абдоминальной патологией, опираясь на экспертные оценки качества обследования и лечения пациентов, относящихся к данной группе [86]. Однако, многие вопросы, связанные с проблемами оказания неотлож-

ной хирургической помощи больным острыми хирургическими заболеваниями органов брюшной полости (ОХЗОБП) все еще остаются без однозначных ответов. Тем не менее, специалистами целенаправленно обращается внимание на необходимость поиска критериев объективности оценки качества хирургической помощи при ее предоставлении больным острым желудочно-кишечным кровотечением — ОЖКК [2, 4, 45, 86, 92, 94, 104]. По мнению многих исследователей, актуальность проведения научного поиска таких критериев в отношении пациентов с ОЖКК обуславливается несколькими обстоятельствами: высокой частотой верификации этих состояний и особенностями оказания МедП при них; структурно-классификационной сложностью кровотечений из пищеварительного тракта; несовершенством учета случаев ОЖКК в отчетных регламентах; неоднозначностью методов, используемых для оценки результатов обследования и лечения пациентов при устранении последствий геморрагий данного вида; участием в ЛДП специалистов многих профилей МедД; неоднозначной интерпретацией представлений специалистов медицинских организаций (МедОрг) разного лицензионного ранга по лечебной тактике при данных видах геморрагий с требованиями, изложенными в стандартах, клинических рекомендациях и других регламентациях; отсутствием в руководящих документах научно-обоснованных материалов по оценке КМП при ОЖКК; целенаправленной и неаргументированной заинтересованностью сотрудников немедицинских инстанций в трактовке вопросов качества оказания МедП при кровотечениях из желудочно-кишечного тракта (ЖКТ). Изучение роли и места этих обстоятельств важно с точки зрения обоснования основных векторов научных изысканий, направленных на достижение необходимого уровня объективности оценки КМП больным ОЖКК.

Материалы и методы

Для сбора научной медицинской информации использованы базы данных <https://главный-хирург.рф/>, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>, <http://www.cochranlibrary.com/>. Изучены сведения, содержащиеся в 112 источниках литературы, опубликованных по теме изыскания в период с 1982 по 2022 гг.

Результаты исследования

Изучение данных специалистов о *частоте случаев желудочно-кишечных кровотечений* позволяет полагать, что патология ЖКТ у взрослых жителей населения России в целом составляет 5–7% от всех известных нозологий, достигая в абсолютных цифрах 7–10 млн. чел. [22, 71, 76]. В структуре осложнений патологических состояний наблюдения синдрома ОЖКК

составляют от 48 до 160 случаев на 100 тыс. населения [108].

Анализ сведений исследователей *об особенностях оказания медицинской помощи при геморрагиях из пищеварительного тракта* показывает, что к ним относится высокая частота случаев летальных исходов — до 20% [23, 47, 101, 102, 103, 104]. У пожилых людей этот параметр достигает 40% [47, 101, 102, 103, 104]. При рецидивах кровотечений данный показатель приближается к 50% [95, 96, 102, 103, 104]. Еще одной особенностью оказания МедП больным ОЖКК считается сопряженность индекса частоты случаев смерти при этом состоянии с показателями хирургической активности. По данным А.Ш. Ревишвили (2019, 2020) частота наблюдений выполнения хирургических вмешательств при ОЖКК наблюдается в 2% от всех операций, проводимых в России экстренно, и достигает 25% при осуществлении хирургических пособий в срочном или отсроченном форматах их проведения. Важной особенностью предоставления МедП при ОЖКК оказывается то, что показатель послеоперационной (п/о) летальности при устранении данного патологического состояния достигает 14% и выше, а утрата работоспособности пациентов наступает в 91% случаев (временно) и в 9% наблюдений — стойко [94, 95, 96, 102, 104].

При обсуждении вопросов *обусловленных сложностью структуры синдрома острых кровотечений из пищеварительного тракта и ее динамичной вариабельности*, ведущие специалисты в областях гастроэнтерологии и абдоминальной хирургии в разные годы приводят неоднозначные данные [26, 46, 63, 96, 103]. Особое внимание традиционно обращается на полиэтиологичность ОЖКК [21, 26, 39, 40, 41, 42, 46, 54, 63]. В частности, в 70–90 гг. XX века показатель частоты кровотечений, обусловленных острыми и хроническими гастродуоденальными язвами, в работах исследователей констатировался в 40% наблюдений больных ОЖКК [43, 46, 63, 51]. В начале XXI века данный параметр достигал значения 56% [26], а через 10 лет (в 2018 г.) случаи ОЖКК язвенной этиологии констатировались в 32% наблюдений [95, 96, 104].

Наряду с изменением количественных показателей частоты геморрагических состояний из источников, локализующихся в ЖКТ, с течением времени меняются и численные соотношения параметров в структуре случаев ОЖКК. В частности, в 1975–1984 гг. среди наблюдений кровотечения из пищеварительного тракта статистически отмечалось более 20 нозологических форм. В.Т. Ивашкин (2008) выделяет 8 этиопатологических групп кровотечений из пищеварительного тракта, а А.А. Щеголев (2018) — менее 7.

Обращая особое внимание на *полиэтиологичность ОЖКК*, ряд специалистов подчеркивает, что среди частных причин ОЖКК преобладают: патологические процессы с образованием дефекта стенки ЖКТ — 94% [4, 17, 39, 41, 42, 51, 54, 63]; изменения в магистральных сосудах встречается в 2–3% наблюдений [75, 83]; патологические процессы с локализацией источников в анатомических образованиях располагающимися между сосудами и органами ЖКТ 2%, болезни крови — в 1% наблюдений [83].

Неоднозначны мнения специалистов о структуре ОЖКК с учетом локализаций их источников непосредственно в пищеварительном тракте [5, 8, 10, 11, 12, 13, 17, 75]. В частности, эрозивно-язвенные изменения в слизистой оболочке ЖКТ в большинстве случаев обнаруживаются в желудке (56%) и двенадцатиперстной кишке (ДПК) — (40%). В 4% наблюдений эрозивно-язвенные источники ОЖКК диагностируются в пищеводе и в кишке (толстой и тонкой). Кроме эрозивно-язвенных изменений в ЖКТ среди причин ОЖКК выделяются дефекты (надрывы) слизистой оболочки (в частности, при синдроме Мэллори-Вейсса), изменения в кровеносных сосудах (варикозное расширение вен), деформации артерий (аневризмы), опухоли и воспалительные процессы [4, 39, 40, 41, 42, 93, 94, 95, 96, 103].

Пестрая картина разновидностей кровотечений из ЖКТ по мнению ряда авторов нередко обуславливает *несовершенство учета этих состояний в регламентных отчетных медико-статистических документах*. Последнее, прежде всего, демонстрируется на основании отбора сведений о случаях ОЖКК, которые статистически, как правило, фиксируются без конкретно классифицируемого выделения отдельных нозологий [27, 28, 29, 30, 31, 41, 45, 92, 93, 94, 95, 96, 104]. Такая ситуация отражается в строках и графах статистических форм учета (формы 12, 14, 30) в РФ, используемых на региональных и федеральном уровнях. Эти статистические формы заполняются обычно только с учетом случаев язв желудка и ДПК (отчасти, — на основании сведений получаемых при осуществлении эндоскопических манипуляций) [80]. В Международной классификации болезни (МКБ) последних пересмотров (IX, X, XI) кодировка заболеваний, относящихся к ОЖКК, расширилась (соответственно изданиям) с двух позиций до шести [53]. несовершенство учета заболеваний, осложняющихся ОЖКК, вызывает озабоченность не только специалистов всех уровней организации здравоохранения: сотрудников Минздрава России в целом, Главного хирурга страны, Главных внештатных специалистов регионов [2, 56, 57, 79, 93, 94, 95, 96]. По мнению Яблонского П.К. (2016) достоверности ориентировочных данных официальной статистики склонны доверять 21% из контингента специалистов

по медицинской статистики, и 36% из когорты руководителей здравоохранения.

Яблонский П.К. [2], Ревивили А.Ш. [93, 94, 95, 96], Скрябин О.Н. [81], Щеголева А.А. [104] считают что традиционные (унифицированные) варианты общих официальных статистических и отчетных форм, требуемые для представления в Минздрав Главными специалистами (хирургами) регионов, несколько несовершенны для объективного учета случаев ОЖКК, в том числе с характеристикой их разности по этиологическому принципу.

Особый аспект изучения проблемных вопросов в плане повышения объективности оценки качества хирургической помощи больным кровотечением из пищеварительного тракта *обуславливается неоднозначностью методик остановки ОЖКК, устранения их последствий и оценки результатов обследования и лечения пациентов, перенесших данные состояния*.

В таб. 1 выборочно представлены основные критерии оценки результатов лечения больных ОЖКК. Эти критерии отличаются многообразием по причине неоднозначности методик и вариантов принятия тактики решений по оказанию МедП. Авторами рассматриваются обобщенные критерии оценки результатов лечения больных ОЖКК, касающиеся показателей качества жизни пациентов. В таблице отражены и варианты авторских (с учетом взглядов ведущих специалистов) градаций при оценке результатов хирургического лечения. Проанализировано это с учетом классификаций в плане достижения гемостаза согласно эндоскопическим и гибридным методам оценки состояния больных и источников кровотечения. Во время оценки эффективности комплекса лечебно-диагностических мероприятий учитывается частота рецидивов кровотечений, экстренность выполнения операций и количественные показатели вероятности случаев летальных исходов. При хирургическом лечении пациентов ОЖКК могут использоваться несколько вариантов оценки результатов оказания МедП: при выполнении операций, проводимых традиционно (посредством лапаротомии); в случаях применения вариантов эндоскопических внутрипросветных хирургических вмешательств; при использовании методики проведения эндоскопических внутривисцеральных манипуляций выполняемых для остановки ОЖКК (посредством лапароскопии); в случаях выполнения эндоваскулярных технологий остановки геморрагий; при применении многообразных форм и схем консервативного лечения. Несмотря на большой выбор вариантов оказания МедП пациентам с ОЖКК, показатели п/о летальности не уменьшаются и даже нарастают — данный параметр достигает 16,5% [92].

предусмотрены должности специалистов, обладающими навыками осуществления методик достижения эндогемостаза, что в специализированных профильных ЛПУ крупных городов является правилом [6, 41, 54].

- ◆ недостаточностью оснащения ЛПУ оборудованием, что наряду с неуккомплектованностью их штатов подготовленными сотрудниками, обуславливает трудности в обретении специалистами МедОрг Российских поселений должного опыта в освоении и использовании передовых, инновационных технологий устранения ОЖКК.

В критериях оценки качества МедП больным ОЖКК, обнаруживаются так же различия и в определениях, характеризующих дефекты ее предоставления. В частности, в России случаи ОЖКК специалистами преимущественно дифференцируются как язвенные и неязвенные. В государствах с развитой системой ЗдрХр специалисты чаще подразделяют кровотечения из ЖКТ как варикозные и неварикозные, а все изъязвления, обнаруживаемые в желудке и ДПК относятся к случаям, с определенным термином т.н. «пептическая язва». В России случаи, рассматриваемые как «язва желудка и ДПК», характеризуются более дифференцировано с подразделением на случаи язв острых (симптоматических) и хронических. Нередко, специалистами МедОрг как развитых, так и неразвитых государств мира ОЖКК классифицируется по неоднозначным критериям дифференциации.

Особым фактором, обуславливающим необходимость поиска путей повышения объективизации оценки эффективности МедД оказывается *отсутствие в регламентирующих документах научно-обоснованных материалов по целенаправленной оценке КМП при ОЖКК*. В официальных документах (клинические рекомендации, национальные руководства и др.) как в России, так и в других странах не содержатся однозначные научно-обоснованные материалы по критериям оценки КМП, предоставляемой больным ОЖКК [86]. В развитых странах Запада разработка клинических рекомендаций осуществляется не только ведущими специалистами государственных МедОрг, но и формируется на основании объективных критериев качества, декларируемых членами профессиональных медицинских ассоциаций с учетом степени прозрачности клинической деятельности и соблюдения принципов доказательной медицины [110]. В России приверженности к системе обязательного исполнения принципов, заложенных в официальных стандартах, протоколах и рекомендациях оказания МП при ОЖКК пока окончательно не закреплена [37]. До 2019 г. в РФ клинические рекомендации создавались представителями профессиональных сообществ без учета при-

менения однозначных механизмов координации их контента с реалиями организации ЛДП [37]. С января 2019 г., в соответствии с поправками в Федеральный закон [90] клинические рекомендации рассматриваются в статусе нормативного документа. С 2022 г. специалистам медицинских организаций вменено в обязанность соблюдать клинические рекомендации с созданием условий, обеспечивающим соответствие оказываемой МедП критериям оценки ее качества.

Анализ статистических данных, представляемых в организации, сотрудники которых ответственны за аккумуляцию, хранение и анализ учитываемых сведений, позволяет усматривать не только существенные различия в показателях частоты регистрации случаев ОЖКК, но и неравнозначности критериев оценки качества оказания МедП пациентам с данными нозологическими формами в разных федеральных округах России. В частности, по данным Главного внештатного специалиста — хирурга Минздрава РФ в течении последних 5 лет (с 2017 по 2021 гг.) в 6 из 8 Федеральных округов отмечается рост показателей п/о летальности при ОЖКК [92, 93]. В 2017 г. в Южном и Центральном Федеральных округах России при наивысших показателях заболеваемости (более 50 случаев на 100) и равных возможностях применения эндоскопических методов достижения гемостаза (25 и 24 на 100 тыс. населения), параметр летальности в Южном округе в 2 раза превысил таковой в Центральном на фоне более высокого показателя оперативной активности (25,7% против 14,6% в Центральном округе). В некоторых регионах РФ не выявляется прямой корреляции показателей частоты случаев летальных исходов с параметрами частоты использования эндоскопических технологий достижения гемостаза. В частности показатели летальности при ОЖКК в Новосибирской области составили 3,3%, а частота применения эндоскопического гемостаза — 64 процедуры на 100 пациентов, что значительно выше среднего уровня использования данной технологии в муниципальных организациях страны [92]. В то же время частота применения эндоскопических технологий достижения гемостаза в ЛПУ Иркутской области в изучаемом году оказалась еще выше — 89 процедур на 100 пациентов (при том что показатель общей летальность (9,4%) значительно превышал средний параметр). Вероятно, причина неэффективности усилий, направленных на остановку ОЖКК, кроется не только в частоте использования эндоскопических манипуляций.

Что касается *участия членов общества, осуществляющих профессиональную деятельность вне медицинских компетенций, в трактовке вопросов качества оказания медицинской помощи (и в частности, при кровотечениях из источников локализующихся в ЖКТ)*, то в этом отношении

отмечается особая заинтересованность специалистов юридическо-правовых инстанций. Достаточно отметить, что в 2018 г. в Следственном комитете РФ созданы документы о создании в структуре ведомства отделов по расследованию врачебных ошибок, (т.н. ятрогенных преступлений) то есть дефектов МедП, связанных с ненадлежащим ее оказанием [20]. Насколько объективно изъяны в медицинской деятельности могут оцениваться людьми, не прошедшими должной образовательной подготовки и не занимающимися лечебно-диагностической работой (так же как и ее организацией), остается под определенным вопросом. Понимать ситуацию в целом (на основе клинического мышления), а не основываться только на количественных (цифровых) показателях и стереотипном (трафаретном) выполнении требований клинических рекомендаций, вероятно, могут только специалисты в своей профессиональной деятельности, т.е. врачи (мед. работники) с достаточным опытом и стажем работы, а в эксклюзивных случаях, — группа специалистов (представителей профессионального сообщества), но никак не дилетанты в медицине.

Обсуждение результатов исследования

Основываясь на данных, представленных в публикациях многих специалистов можно констатировать, что в настоящее время в регламентирующих документах при детальном изложении данных о технологиях оказания МедП пока еще не содержатся научно-обоснованные материалы по оценке КМП при ОЖКК с четко сформулированными критериями исполнения диагностических и лечебных процедур в критериях надлежащего качества [24, 34, 35, 36]. Данное обстоятельство оказывается побудительным мотивом для проведения специальных научно-методических изысканий, направленных на устранение этого казуса, который может рассматриваться как проблема современной медицины (в целом) и хирургии (в частности) в аспектах оценки качества оказания МедП больным ОЖКК.

Обосновывая возможности повышения объективности клиничко-экспертной оценки качества оказания МедП больным ОЖКК, в целом можно выделить несколько направлений научных изысканий: медико-статистическое; клиничко-инновационное; организационно-методическое.

В медико-статистическом направлении исследований целесообразно анализировать данные о неперсонифицированных материалах всех видов отчетности в органах управления ЗдрХр, региональных медицинских информационно-аналитических центров (МИАЦ), территориальных фондов обязательного-медицинского страхования (ТФ ОМС) .

Основу клиничко-инновационных исследований по персонифицированным материалам должны составлять данные о результатах проведения тематических и целевых экспертиз КМП, предоставляемой пациентам с ОЖКК в конкретных медицинских учреждениях с учетом их лицензионного ранга.

В содержании организационно-методических изысканий, проводимых по материалам органов Управления ЗдрХр, ТерФондов ОМС и МИАЦ-ов должны находить отражения данные об объемах оказания МедП населению в случаях ОЖКК. В этом же направлении при проведении научных изысканий целесообразно рассматривать сведения о создании документов медико-экономической стандартизации (МЭС). Отдельно необходимо проведение анализа сведений о больных ОЖКК, учтенных в базах данных архивов контролируемых служб (отделов) МедОрг — как подразделений системы управления КМП при клиничко-экспертной оценке деятельности в абдоминальной хирургии.

В ракурсе методологии проведения изысканий по поиску путей повышения объективности оценки качества хирургической помощи больным ОЖКК целесообразно использовать: технологии статистического анализа данных об объемах медицинского обеспечения населения; сведения о результатах клинического обследования пациентов с синдромом ОЖКК с изучением данных специальных методик применяемых в случаях оказания МедП этой категории больных; критерии выбора содержания (схем) консервативного лечения; данные о видах, содержании и объемах хирургических вмешательств; параметры оценки качества МедД по критериям автоматизированной технологии её осуществления; тестовые критерии оценки эффективности организации оказания МедП больным ОЖКК по технологиям, принятым в специальности «Общественное здоровье, организация и социология здравоохранения».

С позиции достижения научной новизны в исследованиях, посвящённых оценке КМП больным ОЖКК целесообразно:

- ♦ разрабатывать и внедрять единые методологические принципы обеспечения качества и безопасности технологий хирургической деятельности;
- ♦ обосновывать ведущие направления модернизации методики оценки КМП, оказываемой пациентам с кровотечением из пищеварительного тракта;
- ♦ выявлять индикаторы градации оценок КМП больным с ОЖКК, с необходимостью учета:
 - ♦ остроты течения данного патологического процесса как жизнеугрожающего состояния;

- ◆ необходимости предоставления МедП в экстренном и скоромощном режимах;
 - ◆ вынужденности применения в ЛДП агрессивных (травмирующих) методов воздействия на патологические состояния-источники кровотечения в ЖКТ при высокой вероятности (риске) летального исхода в случаях ограниченных возможностей использования миниинвазивных, органосберегающих хирургических технологий;
 - ◆ многокомпонентности и длительности реабилитации пациентов в послеоперационном периоде (иногда — с программируемой инвалидизацией пациентов).
 - ◆ аргументировать критерии дифференцированного подхода в экспертизе КМП при ОЖКК с учетом:
 - ◆ вида (источника) кровотечения (опухоль, язва, дефекты слизистых оболочек и др.);
 - ◆ локализации патологического процесса в ЖКТ (пищевод, желудок, кишечник);
 - ◆ тактики лечения:
 - ◆ консервативной (выжидательной) в форматах: в общем (интенсивная терапия) и специализированном (с применением противоязвенных препаратов, гемостатических и др. средств)
 - ◆ хирургической с использованием технологий: эндоскопических (внутрипросветных) методик (электро-, плазмокоагуляция и др.); традиционных (открытых); эндоскопических внутрипросветных (лапароскопических); эдоваскулярных (интервенционных); комбинированных (миксовых)
 - ◆ уровня медико-экономической стандартизации;
 - ◆ возможности лицензионного уровня лечебного учреждения, (его оснащенности и квалификации специалистов);
 - ◆ организации и непосредственной маршрутизации медицинской помощи больным ОЖКК.
 - ◆ приводить доказательства о целесообразности рассмотрения автоматизированной технологии экспертизы КМП (АТЭ КМП) как базисной (унифицированной) методики объективной градации результатов обследования и лечения больных ОЖКК;
 - ◆ предоставлять предложения по научному обоснованию модификаций АТЭ КМП для ее оценки при ОЖКК с целью дифференцированного использования в клинико-экспертной работе специалистов медицинских учреждений разного лицензионного ранга (медицинских организаций муниципального и регионального уровня, головных учреждений регионов, специализированных, многопрофильных ЛПУ);
 - ◆ аргументировать критерии некорректности (малой перспективности) применения АТЭ КМП при обследовании и лечении больных ОЖКК (по результатам учета особенностей осложненного течения патологических процессов с предсказуемо выраженными степенями тяжести состояния пациентов и прогнозируемым летальным исходом);
 - ◆ формулировать контент порядков взаимодействия хирургов и менеджеров здравоохранения с мотивацией поводов для экспертного рассмотрения случаев в ракурсе целенаправленной оценки КМП в неотложной абдоминальной хирургии и, в частности,— ОЖКК (с позиции адекватности мер соразмерности реагирования специалистов и менеджеров ЗдрХр. на дефекты, оказания МедП и исчерпанности исполнения принимаемых управленческих решений по устранению выявленных недостатков);
 - ◆ обосновывать принципы научной организации системы КМП пациентам ОЖКК посредством целевого коллегиального разбора эксклюзивных клинических наблюдений специалистами и менеджерами здравоохранения на заседаниях мультидисциплинарных клинико-экспертных комиссий;
 - ◆ определять критерии и содержание программ повышения квалификации хирургов, с освоением обучающимися методов экспертной оценки качества хирургической помощи при ОЖКК с аккредитацией этих образовательных форм в системе непрерывного медицинского образования;
 - ◆ обозначать комплекс мер соблюдения безопасности хирургической деятельности в случаях обследования и лечения пациентов с ОЖКК.
- Завершение научных изысканий по проблеме повышения объективности оценки КМП больным желудочно-кишечным кровотечением должно сопровождаться:
- ◆ в целом: — предложениями по научному обоснованию путей улучшения не только качества оказания медицинской помощи больным ОЖКК за счет реализации технологических составляющих медицинской деятельности, но и формирование организационных решений в формате оптимизации ряда компонентов комплекса мероприятий по модернизации и развитию Здравоохранения.
 - ◆ в частности — формулировкой практических рекомендаций по оценке качества МедП больным ОЖКК с учетом современного уровня медицинских знаний.
- Проведение научных изысканий по поиску ответов на вопросы достижения должной объективности оцен-

ки качества МедП больным ОЖКК имеет важное теоретическое и практическое значение. Для специалистов, ряда профилей медицинской деятельности (внутренние болезни; общая и абдоминальная хирургия (неотложная / плановая); эндоваскулярная хирургия; эндоскопия (внутрипросветная / внутриполостная); интенсивная терапия и реаниматология; гемотрансфузиология; организация здравоохранения и др.) привлекаемых к оказанию МедП пациентам в случаях кровотечений из источников, локализующихся в ЖКТ, компетенции участников лечебно-диагностического процесса в во-

просах экспертизы качества МедП должны быть обязательными в рейтинге градаций: быть ознакомленными, знать и уметь. В этих случаях конкурентные преимущества клиницистов и менеджеров здравоохранения оказываются очевидными по сравнению с таковыми у других участников (сотрудников немедицинских сфер профессиональной деятельности) задействуемых в работе системы управления качеством (и безопасностью) медицинской деятельности, с чем (в той или иной степени) приходится иметь дело в повседневной практике оказания МедП больным ОЖКК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдиев А.Ш. Комплексная оценка использования индикаторов качества в деятельности хирургической службы на уровне многопрофильного учреждения: дис. ... канд. мед. наук. Бишкек, 2007. 144 с.
2. Анализ оказания экстренной хирургической помощи пациентам с острым животом в Санкт-Петербурге за период 2012–2017 гг. / Яблонский П.К., Скрябин О.Н., Барсукова И.М. // Ежегодная конференция хирургов Северо-Запада «Актуальные вопросы хирургии: оказание специализированной хирургической помощи в Санкт-Петербурге»: докл. СПб., 2018. С. 64–70.
3. Багненко С.Ф., Вербицкий В.Г., Синенченко Г.И. Применение протоколов организации лечебно-диагностической помощи при язвенных кровотечениях в клинической практике // Вестник хирургии им. И. Грекова. 2007. Т. 166, № 4. С. 71–76.
4. Багненко С.Ф., Мусинов И.М., Курыгин А.А. Рецидивные язвенные желудочно-кишечные кровотечения. СПб.: Невский Диалект; М.: БИНОМ. Лабораторные знания, 2009. 256 с.
5. Баранчук В.Н. Организация специализированной помощи и хирургическая тактика при острых желудочно-кишечных кровотечениях: автореф. дис. ... док. мед. наук: Ленинград, 1990. 33 с.
6. Барсукова И.М. Организационные и финансово-экономические механизмы совершенствования скорой медицинской помощи в новых экономических условиях: дис. ... д-ра мед. наук: СПб., 2017. 48 с.
7. Борисов А.Е., Мовчан К.Н., Озеров В.Ф. Проблемы острого живота: ошибки, осложнения, летальность. СПб.: СПб МАПО, 2004. 174 с.
8. Братусь В.Д. Дифференциальная диагностика и лечение острых желудочно-кишечных кровотечений. Киев: Здоровья. 1991. 270 с.
9. Валеев З.Г. Организационная технология повышения качества медицинской помощи больным при экстренной госпитализации: дис. ... канд. мед. наук: М., 2017. 155 с.
10. Вербицкий В.Г., Багненко С.Ф., Курыгин А.А. Желудочно-кишечные кровотечения язвенной этиологии (патогенез, диагностика, лечение): Руководство для врачей. СПб.: Политехника, 2004. 242 с.
11. Вербицкий В.Г., Синенченко Г.И., Демко А.Е. Дифференцированная хирургическая тактика при лечении гастродуоденальных кровотечений у пациентов пожилого и старческого возраста // № 2539 заседание хирургического общества Пирогова. 22 января 2020 г.
12. Вербицкий В.Г., Федоров А.В. Ранняя вазоактивная терапия при кровотечениях из варикозно расширенных вен пищевода и желудка — перспектива улучшения результатов лечения // Скорая медицинская помощь. 2019. № 1. С. 66–68.
13. Вербицкий В.Г., Синенченко Г.И., Демко А.Е. Хирургическая тактика лечения язвенной болезни желудка, осложненной кровотечением // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2018. № 4 (64). С. 56–60.
14. Возможности использования элементов управленческого учета при оценке эффективности деятельности хирургической службы крупного города (на примере Санкт-Петербурга) / Яблонский П.К., Кабушка Я.С., Орлов Г.М., Скрябин О.Н., Хижа В.В., Вельшикаев Р.К. // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2016. вып. 4, С. 62–75.
15. Володин считает, что российская система здравоохранения эффективнее, чем в Европе и США // Новости в России и мире — ТАСС. URL: https://tass.ru/obschestvo/8425909?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru (дата обращения: 16.12.2022).
16. Ганин А.С. Селективная артериальная эмболизация в комплексном лечении язвенных желудочно-кишечных кровотечений: автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб.: 2020. 26 с.
17. Горбашко А.И. Диагностика и лечение кровопотери: руководство для врачей. Л.: Медицина. Ленингр. отд-ние, 1982. 224 с.
18. Гордеева Л. Внутренние проблемы медицины, или чем недовольны врачи // Аргументы и Факты: новости России и мира. URL: <https://aif.ru/health/life/1023844> (дата обращения: 16.12.2022).
19. Григорьев Н.Н. Правоохранительная и медицинская деятельность в современной России. Коллизии и пути их преодоления // II общероссийский хирургический форум «осложнения в хирургии в зеркале юридических последствий» (правовые аспекты деятельности врача: диалог с властью): докл. — Москва, 2019. С.38
20. Губенко Артем. Следственный комитет создаст отделы для расследования врачебных ошибок // The Bell — деньги, бизнес, власть. URL: <https://thebell.io/sledstvennyj-komit-et-sozdast-otdely-dlya-rassledovaniya-vrachebnyh-oshibok> (дата обращения: 16.12.2022).

21. Диагностическая и лечебная тактика при острых хирургических заболеваниях живота и груди / В.П. Акимов и [др.] СПб.: СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2018. 291 с.
22. Еганян Р.А., Кушунина Д.В., Калинина А.М. Актуальность и результативность раннего выявления заболеваний органов пищеварения при диспансеризации взрослого населения России // Профилактическая медицина. 2017. Т. 20, № 3. С. 22–77
23. Ермолов А.С., Тетерин Ю.А. Пинчук Т.П. Комбинированный эндоскопический гемостаз при язвенном гастродуоденальном кровотечении // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2014. № 2. С. 4–7.
24. Иванов И.В. Научное обоснование организации внутреннего контроля качества и безопасности медицинской деятельности на основе единых методологических и организационных принципов в условиях реализации Национального проекта “Здравоохранение”: автореферат дис. ... д-ра. мед. наук. М., 2020. 45 с.
25. Иванов И.В. Система управления качеством и безопасностью в медицинской организации. Современное состояние // Вестн. Росздравнадзора. 2019. № 6. С. 15
26. Ивашкин В.Т. Гастроэнтерология / под ред. В.Т. Ивашкина, Т.Л. Лапиной. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. 704 с.
27. Информационные материалы по неотложной хирургической помощи при острых хирургических заболеваниях органов брюшной полости в Санкт-Петербурге за 2017 год / А.Е. Демко, И.М. Барсукова, Е.И. Барбашова / под ред. В.Е. Парфенова. СПб.: ГБУ СПб НИИ скорой помощи им. И.И. Джанелидзе, 2018. С. 2–22.
28. Информационные материалы по неотложной хирургической помощи при острых хирургических заболеваниях органов брюшной полости в Санкт-Петербурге за 2020 год / В.Е. Парфенов, И.М. Барсукова, А.Е. Демко / под ред. В.А. Мануковского. СПб.: СПб НИИ СП им. И.И. Джанелидзе, 2021. 30 с.
29. Информационные материалы по неотложной хирургической помощи при острых хирургических заболеваниях органов брюшной полости в Санкт-Петербурге за 2016 год / А.Е. Демко, И.М. Барсукова, Е.И. Барашова / под ред. проф. В.Е. Парфенова. — СПб.: СПб НИИ СП им. И.И. Джанелидзе, 2017. 22 с.
30. Информационные материалы по неотложной хирургической помощи при острых хирургических заболеваниях органов брюшной полости в Санкт-Петербурге за 2017 год / А.Е. Демко, И.М. Барсукова, Е.И. Барашова / под ред. В.Е. Парфенова. — СПб.: СПб НИИ СП им. И.И. Джанелидзе, 2018. 24 с.
31. Информационные материалы по экстренной и неотложной хирургической помощи при острых хирургических заболеваниях органов брюшной полости в Санкт-Петербурге за 2019 год / А.Е. Демко, И.М. Барсукова, Е.И. Барашова // под ред. проф. В.Е. Парфенова. — СПб.: СПб НИИ СП им. И.И. Джанелидзе, 2020. 30 с.
32. Камкин Е.Г. Пути повышения доступности и качества медицинской помощи в условиях пандемии COVID-19 // XIV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Медицина и качество»: докл. М., 2021. С. 10
33. Кащенко В.А., Богатиков А.А., Лодыгин А.В., Павлов Р.В. Интраоперационные чекпоинты и концепция безопасной хирургии // Клиническая больница. 2022. № 2. С. 27–34.
34. Клинические рекомендации по диагностике и лечению кровотечений из варикозно расширенных вен пищевода и желудка // Российского общества хирургов, Ассоциации гепатопанкреатобилиарных хирургов стран СНГ. URL: http://общество-хирургов.рф/upload/nkr_krovotечение_iz_vrvp.pdf (дата обращения: 16.12.2022) .
35. Клинические рекомендации по диагностике и лечению язвенных гастродуоденальных кровотечений // Российского общества хирургов. URL: https://www.mrckb.ru/files/yazvennye_gastroduodenalnye_krovotечeniya.PDF (дата обращения: 16.12.2022) .
36. Клинические рекомендации по оказанию скорой медицинской помощи при остром животе // Российского общества скорой медицинской помощи. URL: <http://base.garant.ru/70349708/1cafb24d049dcd1e7707a22d98e9858f/> (дата обращения: 16.12.2022) .
37. Ковалева М.Ю., Сухоруких О.А. Клинические рекомендации. История создания и развития в Российской Федерации и за рубежом. Ремедиум. Журнал о рынке лекарств и медицинской техники. 2019. № 1–2. С. 6–14.
38. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 № 6-ФКЗ, от 30.12.2008 № 7-ФКЗ, от 05.02.2014 № 2-ФКЗ, от 21.07.2014 № 11-ФКЗ, от 01.07.2020 № 1-ФЗ) // Собрание законодательства РФ, 03.07.2020, N 31, ст. 4412
39. Королев М.П. Гастродуоденальные кровотечения как проблема экстренной хирургии // Вестник хирургии. 2011. № 2. С. 52–54.
40. Королёв М.П. Желудочно-кишечные кровотечения как проблема хирургии! (терапии!) // Бюллетень медицинских Интернет-конференций. 2012. Т. 2, № 5. С. 227–257.
41. Королев М.П. Новые национальные стандарты по экстренной хирургии // Ежегодная конференция хирургов Северо-Запада «Актуальные вопросы хирургии»: докл. СПб.: 2014. С. 95–98.
42. Королев М.П., Федотов Л.Е., Зеленин В.В. Рентгенэндоваскулярные вмешательства при желудочно-кишечных кровотечениях // Актуальные вопросы эндоскопии. Материалы симпозиума. — СПб.: 2017. С. 23–30.
43. Кочетков А.В. Индивидуализация хирургического лечения и медицинской реабилитации больных язвой двенадцатиперстной кишки: автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб.: 1997. 30 с.
44. Кочетков А.В. Качество оказания хирургической помощи населению Санкт-Петербурга в 2015 году // Ежегодная конференция хирургов Северо-Запада «Актуальные вопросы хирургии»: докл. — СПб.: 2015. С. 13–14.
45. Кузьмин-Крутецкий М.И., Артемов В.В., Стяжкин Е.Н. Анализ применения первого отечественного аргоноплазменного коагулятора в лечении ЖКК // М.: Мат. научно-практ. конф. «Актуальные вопросы неотложной эндоскопии»: Сб. тез. докл. СПб.: 2001. 34 с.
46. Курьин А.А., Скрыбин О.Н. Острые послеоперационные гастродуоденальные язвы. СПб.: Сфинкс, 1996. 370 с.

47. Лебедев Н.В., Климов А.Е., Петухов В.А. Эндоскопический гемостаз у больных с язвенными гастродуоденальными кровотечениями // Рос. мед. журнал. 2015. V. 21 (1). С. 15–18.
48. Левчук А.Л., Абдуллаев А.Э. Сравнительная характеристика результатов лечения больных с перфоративными гастродуоденальными язвами // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. 2017. Т. 12. № 4–2. С 42–46
49. Левчук А.Л., Шевченко Ю.Л., Стойко Ю.М. Эндovasкулярные вмешательства при истинных и ложных аневризмах печеночной, селезеночной и почечной артерий // Ангиология и сосудистая хирургия. 2015. Т. 21. № 2. С. 67–73
50. Левчук, А.Л., Стойко Ю.М. Лечебная тактика при язвенных гастродуоденальных кровотечениях // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. 2008. Т. 3. № 1. С. 38–42.
51. Майстренко Н.А., Мовчан К.Н., Волков В.Г. Неотложная абдоминальная хирургия: практикум: СПб.: 2002. — 304 с.
52. Михайлова, Ю.В. // Презентация на тему: “Внутренний контроль качества и безопасности медицинской деятельности в медицинских организациях. URL: <http://www.myshared.ru/slide/483829/> (дата обращения: 19.12.2022) .
53. МКБ-11 // МКБ-11 | Международная классификация болезней 11-го пересмотра. URL: <https://icd11.ru/> (дата обращения: 19.12.2022) .
54. Мовчан К.Н., Ерочкин, В.В., Тарасов А.Д. Результаты эффективности обследования и лечения пациентов с патологией хирургического профиля по данным экспертизы качества медицинской помощи // Вестн. рос. Воен. — мед. акад. 2016. Т. 4, № 56. С. 164–169.
55. Можаровский В.В., Дарвин В.В. Клинико-экономическая оценка эндоскопических способов гемостаза в лечении больных с гастродуоденальными кровотечениями язвенной этиологии // Bulletin of the International Scientific Surgical Association. 2017. Т. 6, № 1. — С. 5–9.
56. Мурашко М.А., Иванов И.В., Князюк Н.Ф. Основы обеспечения качества и безопасности медицинской деятельности. Москва: РИА Стандарты и качество, 2020. 500 с.
57. Мурашко М.А., Иванов И.В., Панин А.И. Безопасность пациента: мировые тенденции и отечественный опыт // Управление качеством в здравоохранении. 2018. № 2. С. 35–41.
58. Национальный проект «Здравоохранение» // Национальный проект «Здравоохранение». URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/natsionalnyy-proekt-zdravoohranenie>. (дата обращения: 19.12.2022) .
59. О клинико — патологоанатомических аспектах интерпретации данных оценки качества медицинской помощи при остром животе в случаях констатации состояния COVID — 19 (на модели перфоративной язвы двенадцатиперстной кишки) / К.Н. Мовчан, В.В. Татаркин, М.Г. Дарьина, Д.А. Творогов // Современная наука: Актуальные проблемы теории и практики. Серия Естественные и Технические Науки. 2021. № 1 С. 165–172.
60. О роли тематической экспертизы качества обследования и лечения больных острым желудочно-кишечным кровотечением в достижении медицинской помощи надлежащего уровня / Скрябин О.Н., Мовчан К.Н., Алексеев П.С., Морозов Ю.М., Творогов Д.А., Жарков А.В., Татаркин В.В., Русакевич К.И., Железный Е.В. // Современные проблемы науки и образования. 2020. № 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29938> (дата обращения: 21.12.2022) .
61. Организация службы качества судебно-медицинской экспертной деятельности в СПб ГБУЗ «Бюро судебно-медицинской экспертизы» /, И.Е. Лобан, В.Д., Исаков, Г.П. Лаврентюк, Г.В. Павлова // Судебно-медицинская экспертиза. 2018. № 5. С. 14–17.
62. Основные статистические параметры оказания медицинской помощи больным острыми хирургическими заболеваниями органов брюшной полости в Санкт-Петербурге / Яблонский П.К., Мовчан К.Н., Соколович Е.Г., Яковенко Т.В., Тарасов А.Д., Боголюбов М.В., Мамичева О.Ю. // Вестник Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого. 2013. Т. 1. N 71. С. 64–70.
63. Петров В.П., Ерюхин И.А., Шемякин И.С. Кровотечения при заболеваниях пищеварительного тракта. Москва: Медицина, 1987. 256 с.
64. Петропавловская О.А. Отдаленные результаты лечения больных с кровоточащей гастродуоденальной язвой посредством эндоскопических и эндоваскулярных технологий гемостаза: автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб.: 2020. 27 с.
65. Письмо Следственного комитета РФ от 01.02.2019 N Исхск-226/1–3267–19–84 О криминалистической характеристики преступлений, связанных с ненадлежащим оказанием медицинской помощи и медицинских услуг // ГАРАНТ — Законодательство (кодексы, законы, указы, постановления) РФ, аналитика, комментарии, практика. URL: <https://base.garant.ru/72202696/> (дата обращения: 16.12.2022) .
66. Послание президента российской федерации федеральному собранию российской федерации послание президента федеральному собранию // Послание Президента РФ Федеральному Собранию от 01.03.2018 “Послание Президента Федеральному Собранию” \ КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_291976/#dst0 (дата обращения: 19.12.2022) .
67. Приказ Минздрава России от 10.05.2017 № 203н «Об утверждении критериев качества медицинской помощи» // Здрав.Биз. Решения для Вашего медицинского бизнеса — Доступные для скачивания тематические полезные материалы — Приказ Минздрава России от 10.05.2017 № 203н «Об утверждении критериев качества медицинской помощи». URL: <https://zdrav.biz/index.php/dostupnye-fily/file/38-prikaz-mzrf-o-kriteriyah-kachestva-2017> (дата обращения: 19.12.2022) .
68. Приказ Минздрава России от 28 июля 2020 г. № 750 «О внесении изменений в Положение о Совете общественных организаций по защите прав пациентов при Министерстве здравоохранения Российской Федерации, утвержденное приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 23 октября 2012 г. № 437» // ГАРАНТ — Законодательство (кодексы, законы, указы, постановления) РФ, аналитика, комментарии, практика. URL: <https://base.garant.ru/74515594/> (дата обращения: 19.12.2022) .
69. Приказ Министерства Здравоохранения Российской Федерации от 16 мая 2017 г. № 226н «Об утверждении порядка осуществления экспертизы качества медицинской помощи, за исключением медицинской помощи, оказываемой в соответствии с законодательством Российской Федерации об обязательном медицинском страховании» // ГАРАНТ — Законодательство (кодексы, законы, указы, постановления) РФ, аналитика, комментарии, практика. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71589358/> (дата обращения: 19.12.2022) .

70. Протокол Заседания Профильной комиссии по хирургии Министерства Здравоохранения Российской Федерации № 11/19 — от 14 декабря 2019 г. Хирургическая помощь в Российской Федерации-основные проблемы. Главный внештатный хирург Минздрава России А.Ш. Ревишвили // Официальный сайт главного хирурга Минздрава России. URL: <https://главный-хирург.рф/images/uploads/docs/2019-12-14/14-12-2019.pdf> (дата обращения: 19.12.2022).
71. Ревишвили А.Ш., Оловянный В.Е., Сажин В.П. Хирургическая помощь в Российской Федерации // Рус.мед.журн. 2020. № 1. С. 1–6.
72. Ревишвили А.Ш., Федоров А.В., Сажин В.П. Состояние экстренной хирургической помощи в Российской Федерации // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2019. № 3. С. 88–97.
73. Руголь Л.В., Сон И.М., Кириллов В.И. Организационные технологии, повышающие доступность медицинской помощи для населения. Профилактическая медицина. 2020. Т. 23. № 2. С. 26–34.
74. Саматова Э.А. Уголовная ответственность медицинских работников по зарубежному законодательству: сравнительно-правовой анализ / Э.А. Саматова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. 2020. № 48 (338). С. 332–337. URL: <https://moluch.ru/archive/338/75525/> (дата обращения: 19.12.2022).
75. Сигуа Б.В. Протокол 2553 заседания хирургического общества Пирогова 13 апреля 2022 года. / Сигуа Б.В., Петров С.В., Земляной В.П., Курков А.А., Губков И.И., Вовк А.В., Чернышев Д.А. // Протоколы 2553–2554 заседаний. URL: <http://pirogovssociety.tilda.ws/page30696893.html> (дата обращения: 19.12.2022).
76. Симулис И.С. Оптимизация лечебно-диагностической тактики у пациентов с язвенными желудочно-кишечными кровотечениями: экспериментально-клиническое исследование: Автореф. дисс. ... док.мед.наук. СПб.: 2021. 47 с.
77. Синбухова Е.В., Петриков С.С., Шабанов А.К. Открытые вопросы удовлетворенности жизнью и профессионального выгорания в анестезиологии и реанимации // Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь». 2019. № 8 С. 266–273.
78. Сисакьян, А.К. К истории юридической ответственности врачей // Правопорядок: история, теория, практика. 2015. № 2. URL: <http://xn--74-6kck0b0a0abedif4s.xn--p1ai/files/content/5/108-111.pdf>
79. Скворцова, В.И. Как повысить качество медицинской помощи // Медицина: целевые проекты. 2015. № 22. С. 6–7.
80. Скрябин О.Н. Мовчан К.Н., Творогов Д.А. О тематической оценке качества медицинской помощи при острых кровотечениях из гастродуоденальных язв // Вестник Дагестанской государственной медицинской академии. 2020. № 3 (36). С. 23–28.
81. Скрябин О.Н., Мовчан К.Н., Вовк А.В. Результаты деятельности специалистов крупного клинического медицинского учреждения Санкт-Петербурга по профилю «Экстренная абдоминальная хирургия» с позиций оценки качества медицинской помощи в рамках ведомственного контроля // Вестн. Сев. — Зап. гос. мед. ун-та им. И.И. Мечникова. 2019. Т. 11, № 2. С. 13–26.
82. Скрябин О.Н., Мовчан К.Н., Творогов Д.А. Значение тематической экспертизы качества медицинской помощи у больных острыми желудочно-кишечными кровотечениями // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2020. № 3 (71). С. 56–60
83. Степанов, Ю.М., Залевский В.И., Косинский А.В. Желудочно-кишечные кровотечения // Днепрпетровск: Лира. 2011. 232 с.
84. Структура смертности, качество прижизненной диагностики в стационарах и амбулаторно-поликлинических учреждениях Санкт-Петербурга за 2020 год» / М.Г. Рыбакова, М.Ю. Майская, Р.А. Насыров, П.В. Антонов, С.А. Сибирев, О.М. Осташко, И.В. Фролова Ред. проф. Г.Б. Ковальский // Библиотека патологоанатома. Науч. — практич. журнал им. Н.Н. Аничкова — СПб.: ГБУЗ «ГПАБ», 2021. Вып. 193. 56 с
85. Тайц Б.М. Организация системы управления качеством в СПбГБУЗ «Городская больница Святой преподобномученицы Елизаветы (Елизаветинская больница)» // Управление качеством в здравоохранении. 2018. С. 290–300.
86. Татаркин В.В. Значение экспертной оценки качества медицинской помощи в улучшении результатов её оказания при острых хирургических заболеваниях органов брюшной полости: автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб.: 2021. 24 с.
87. Татьяна Голикова: «Я не сторонник бюджетной медицины» // новости. URL: <https://vademec.ru/news/2020/10/22/tatyana-golikova-ya-ne-storonnik-byudzhethnoy-meditsiny/> (дата обращения: 16.12.2022).
88. Тимофеев И.В. Медицинская помощь монография конституционно-правовые, организационные и деонтологические аспекты. 2020. 542 с.
89. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 N 63-ФЗ (ред. от 21.11.2022, с изм. от 08.12.2022) // КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_10699/ (дата обращения: 21.12.2022).
90. Федеральный закон Российской Федерации. — от 21 ноября 2011 г. № 323 — ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» // Собрание законодательства Рос. Федерации. 2011. № 48. Ст. 6724.
91. Федоров А.В. Хирургия профессионального риска и юридического риска // Ежегодн. конф. хирургов Санкт-Петербурга «Актуальн. вопросы хирургии» совместно с выездным пленумом правления (РОХ) и (РОЭХ) и 2536 заседание хирургического общества Пирогова. 26 ноября 2019 г. СПбГБУЗ «Городская больница Святого Великомученика Георгия»
92. Хирургическая помощь в Российской Федерации: информационно-аналитический сборник / Ревишвили А.Ш., Сажин В.П. Федоров А.В., [и др.] / под редакцией А.Ш. Ревишвили. — Москва: 2018. 136 с.
93. Хирургическая помощь в Российской Федерации: информационно-аналитический сборник / Ревишвили А.Ш., Оловянный В.Е., Сажин В.П. [и др.] / под редакцией А.Ш. Ревишвили. Москва: 2019. 136 с.
94. Хирургическая помощь в Российской Федерации: информационно-аналитический сборник за 2019 / Ревишвили А.Ш., Оловянный В.Е., Сажин В.П. [и др.] / под редакцией А.Ш. Ревишвили. Москва: 2020. 132 с.
95. Хирургическая помощь в Российской Федерации: информационно-аналитический сборник за 2020 год / Ревишвили А.Ш., Оловянный В.Е., Сажин В.П. [и др.]; / под редакцией А.Ш. Ревишвили. Москва: 2021. 180 с.

96. Хирургическая помощь в Российской Федерации: информационно-аналитический сборник за 2021 год / Ревивили А.Ш., Оловянный В.Е., Сажин В.П. [и др.]; / под редакцией А.Ш. Ревивили. Москва, 2022. 200 с.
97. Чавпецов В.Ф., Михайлов С.М., Карачевцева М.А. Автоматизированная технология экспертизы качества медицинской помощи: структура, результаты и перспективы применения: информационные материалы. СПб.: 2007. 65 с.
98. Шабунин А.В. Многопрофильная клиника как плацдарм развития хирургической службы мегаполиса // XIII съезд хирургов России: докл. М., 2021. С. 24
99. Шевчук Е.П. «Врачебная ошибка» и «несчастный случай» в обязательствах по возмещению вреда при оказании медицинских услуг // Сибирский юридический вестник. 2012. № 2. С. 88–92.
100. Широкова И. Развитие пациентского движения в России // Ремедиум. — 2012. № 3. С. 25–30.
101. Щеголев А.А., Аль Сабунчи О.А., Валетов С.А. Возможности медикаментозного гемостаза при язвенных гастродуоденальных кровотечениях: состояние проблемы и реальные перспективы // Рос. журнал гастроэнтерологии, гепатологии и колопроктологии. 2013. Т. 23. № 3. С. 24–27.
102. Щеголев, А.А. Язвенные гастродуоденальные кровотечения. Национальные клинические рекомендации Минздрава // Медицинская газета. 2015. № 90. С. 8.
103. Щеголев, А.А., Митичкин А.Е., Аль Сабунчи О.А. Хирургическая тактика при язвенных гастродуоденальных кровотечениях // Доктор. Ру. 2014. № 56 (10). С. 18–20.
104. Щеголев, А.А., Чевокин А.Ю., Павлычев А.В. Язвенные гастродуоденальные кровотечения: от национальных клинических рекомендаций к клинической практике // XIII съезд хирургов России: докл. М., 2021. С. 25
105. Юбилейный X Петербургский международный форум здоровья // СПб ГБУЗ МИАЦ — СПб ГБУЗ «Медицинский информационно-аналитический центр». URL: <https://spbmiac.ru/yubilejnyj-x-peterburgskijj-mezhdunarodnyj-forum-zdorovya/> (дата обращения: 16.12.2022) .
106. Яблонский П.К., Скрыбин О.Н. / Анализ оказания экстренной хирургической помощи пациентам с «острым животом» в СПб за 2016 г. с учетом итогов работы Городской клинико-экспертной комиссии // Актуальн. вопросы хирургии: малоинвазивные технологии — будущее хирургии: докл. СПб., 2017. С. 6
107. AI in health and medicine / Rajpurkar P, Chen E., Banerjee O., Topol E.J. // Nat Med. 2022. Jan; 28 (1). P.31–38.
108. Diagnosis and treatment of perforated or bleeding peptic ulcers: 2013 WSES position paper / Di Saverio S., Bassi M. // World J Emerg Surg. 2014 Aug 3;9:45.
109. Estimates of costs of hospital stay for variceal and nonvariceal upper gastrointestinal bleeding in the United States / Viviane A., Alan B.N. // Value Health. 2008. № 11. P. 1–3.
110. Surgeons and Administrators Co-creating Value / Nurok M., Sundt T.M., Kaplan R.S., Gewertz B.L. // Ann Surg. 2021 Dec 1;274 (6): e630-e631.
111. The safe performance of robotic gastrectomy by second-generation surgeons meeting the operating surgeon's criteria in the Japan Society for Endoscopic Surgery guidelines / Shibasaki S., Suda K., Kadoya S. // Asian J. Endosc. Surg. 2022. Vol. 15 (1). P. 70–81.
112. Thirty-Day Readmission Among Patients With Non-Variceal Upper Gastrointestinal Hemorrhage and Effects on Outcomes. Gastroenterology / Abougergi M.S., Peluso H., Saltzman J.R. // 2018. Jul; 155 (1). P. 38–46.

© Творогов Дмитрий Анатольевич (tvorogovd@bk.ru), Мовчан Константин Николаевич (movchank@miac.zdrav.spb.ru),
Ярцев Максим Михайлович (movchank@miac.zdrav.spb.ru), Повалий Ксения Игоревна (movchank@miac.zdrav.spb.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАСХОЖДЕНИЕ КЛИНИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ВОСПАЛЕНИИ ВЕРХНЕЧЕЛЮСТНЫХ ПАЗУХ И ДАННЫХ КТ ПРИДАТОЧНЫХ ПАЗУХ НОСА

DISCREPANCY BETWEEN CLINICAL DATA IN INFLAMMATION OF THE MAXILLARY SINUSES AND CT DATA OF THE PARANASAL SINUSES

**A. Teuvov
Z. Lovpache
A. Baziev
I. Teunikova
M. Tlakadugova**

Summary. Inflammatory diseases of the paranasal sinuses are widespread in the human population. However, the effectiveness of their diagnosis is not high enough, despite the introduction of modern methods of computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI). Even when using the CT method, which is the gold standard in the diagnosis of inflammation of the paranasal sinuses, the problem of establishing the degree of correspondence between radiological data and the clinical picture of sinusitis remains. The aim of this work was to evaluate the effectiveness of CT diagnostics of sinusitis in accordance with the existing clinical symptoms.

Keywords: sinusitis, rhinosinusitis, CT scan, Lund-Mackay scale.

Теувов Аслан Алексеевич

Кандидат медицинских наук, ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», г. Нальчик
teuw@mail.ru

Ловпаче Зарема Нурийдinovна

Кандидат медицинских наук, ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», г. Нальчик
tanka70@yandex.ru

Базиев Артур Мухарбиевич

Кандидат медицинских наук, ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», г. Нальчик
bazaarth76@mail.ru

Теуникова Ирина Сергеевна

Ассистент, ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», г. Нальчик
teunikova88@mail.ru

Тлакадугова Мадина Хажисмеловна

Кандидат медицинских наук, доцент, ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», г. Нальчик
tla-madina@yandex.ru

Аннотация. Воспалительные заболевания придаточных пазух носа широко распространены в человеческой популяции. Вместе с тем эффективность их диагностики недостаточно высока, несмотря на внедрение современных методов компьютерной томографии (КТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ). Даже при использовании метода КТ, которых является золотым стандартом в диагностике воспалений придаточных пазух, остается проблема установления степени соответствия радиологических данных и клинической картины синусита. Целью настоящей работы была оценка эффективности КТ-диагностики синуситов в соответствии с имеющимися клиническими симптомами.

Ключевые слова: синусит, риносинусит, КТ, шкала Лунда-Маккея.

Воспалительные заболевания придаточных пазух носа составляют 87% всех обращений к врачу-оториноларингологу и в РФ риносинуситами каждый год болеет порядка 10 миллионов человек [1, с. 23]. Хронический риносинусит (ХРС) широко распространен в человеческой популяции и оказывает значительное влияние на качество жизни, произво-

дительность труда, и объем затрат в системе здравоохранения.

Опасность воспаления околоносовых пазух часто недооценивают, но вызванная таким воспалением обструкция верхних дыхательных путей эпидемиологически и патофизиологически связана с бронхиальной

астмой, поскольку дыхательные пути в целом можно рассматривать как единую функциональную единицу. Острый риносинусит может давать неврологические осложнения, включая менингит, и орбитальные осложнения [2, с. 12].

Эпидемиология синуситов (риносинуситов) в основном изучалась с учетом характерных симптомов без оценки объективных данных о состоянии пазух, получаемых при инструментальных диагностических исследованиях. Внедрение метода КТ придаточных пазух носа, поставило перед врачами вопрос о том, «насколько данные КТ соответствуют клинической картине синусита?». Целью настоящей статьи стал поиск соответствия клинической картины синусита объективным оценочным критериям, полученным методом КТ.

Материалы и методы

Для достижения заявленных выше целей был проведен литературный поиск по базам данных Google Scholar и PubMed. При первоначальном поиске глубина временного фильтра составляла 3 года, при отсутствии нужного материала, она увеличивалась до 5 лет и более. Для отбора необходимых публикаций использовали ключевые фразы: КТ при воспалении придаточных пазух (406 результатов с 2019 г.), воспалительные заболевания носовых пазух (362 результата с 2017 г.), распространенность хронического риносинусита в Европе (23 результата с 2017 г.), симптомы этмоидита, симптомы гайморита (266 результатов с 2017 г.). Отсев статей происходил после анализа заголовков и Abstract, удалялись дублирующие, малоинформативные и не соответствующие поисковым целям статьи. В конечном итоге библиографический список содержит 23 статьи отечественных и зарубежных авторов.

Результаты

Анатомические предпосылки к развитию синуситов

Придаточные пазухи носа представляют собой заполненные воздухом полости в костях лица и черепа. Синусы обозначаются соответственно костям, в которых они расположены: верхнечелюстная пазуха, клиновидная пазуха, решетчатая и лобная пазухи. Придаточные пазухи носа увлажняют воздух и создают дополнительный резонанс голоса [5, с. 196].

Синусоназальная область может быть представлена множеством анатомических вариантов, которые выявляются при исследовании КТ. Чаще всего идентифицируют клетки *aggr nasi*, искривление носовой

перегородки, подглазничные этмоидальные клетки (Галлера), сфеноэтмоидальные клетки (Оноди), раковинно-буллезные клетки (пневматизация средней носовой раковины), пневматизацию крючковидного отростка. Иногда выявляется избыточная пневматизация ретромаксиллярных клеток (ячеек) в задне-верхней части гайморовых пазух. Изучение анатомических вариантов с использованием КТ целесообразно при планировании хирургического вмешательства [6, с. 911; 15, с. 1256]. Перечисленные анатомические особенности в синоназальной области могут препятствовать мукоцилиарному дренажу в остиомастальном комплексе. Эпизоды риносинусита затрудняют движение ресничек и приводят к скоплению слизи в пазухах. Наличие определенных анатомических вариантов приводит к сужению пути отхождения слизи, располагает к рецидивирующим риногенным инфекциям и хронизации воспалительного процесса в пазухах. Так, исследование конусно-лучевой КТ в аксиллярной и других укладках у пациентов с признаками синусита и контрольной группы показало, что искривленное положение крючковидного отростка наблюдалось у более чем 50% пациентов в группе воспаления (ОШ=2,55) по сравнению с 33% в контрольной группе. Буллезная раковина диагностирована, соответственно, в 34% и 23% случаев [7, с. 423]. В другом исследовании выявили статистически значимые корреляции между искривлениями носовой перегородки, аномалиями крючковидного отростка и некоторыми паттернами синусита. Инфундибулярный паттерн синусита соответствовал наиболее высокой заболеваемости (26%), а самой низкой заболеваемости соответствовал клиновидно-решетчатый паттерн (9%) [8, с. 19].

Клинические проявления воспалительных заболеваний околоносовых пазух

Хронический риносинусит (ХРС) делят на 2 фенотипа: с полипами носа и без полипов носа.

Говоря о синусите, а в ряде случаев имеется в виду синусит одонтогенного происхождения. У 34,1% пациентов с одонтогенным синуситом поражаются верхнечелюстные пазухи [11, с. 85].

Согласно документу EPOS (European Position Paper on Rhinosinusitis and Nasal Polyps) на острый риносинусит указывает наличие двух или более назальных симптомов:

- ◆ заложенность носа;
- ◆ ринорея (передняя или постназальный затек);
- ◆ лицевая боль (давление);
- ◆ головные боли;
- ◆ снижение/потеря обоняния продолжительностью до 12 недель [12, с. 28].

Следует отметить, что потеря обоняния при риносинусите, связанном с COVID-19, возникает внезапно, и связана с обонятельной нейродегенерацией и воспалением 1 типа [9, с. 1430].

Боль может быть заметным компонентом при риносинусите и проявляется головной, зубной болью, болью/давлением/заложенностью уха, дискомфортом в голове и шее. 16–20% пациентов с объективными признаками риносинусита и подтверждающими данными компьютерной томографии (КТ) жалуются на боль, как на беспокоящий симптом заболевания [13, с. 1939]. У детей риносинусит подозревают при заложенности носа, бесцветных выделениях из носа и кашле. Чаще всего острая форма риносинусита провоцируется вирусами, в связи с чем различают острый вирусный (продолжительностью до 10 дней) и поствирусный риносинусит (>10 дней). Для острого бактериального риносинусита характерны: лихорадка ($\geq 38^\circ\text{C}$), выраженная локальная боль, резкое затрудненное носовое дыхание, выделение бесцветной слизи, повышение уровня С-реактивного белка (СРБ) и СОЭ [12, с. 28]. В половине случаев при бактериальном синусите в назальном материале обнаруживают следы *Staphylococcus aureus*, а при ХРС без полипоза у 67% пациентов присутствует золотистый стафилококк в отделяемом из носа. Вторым по частоте микроорганизмом, обнаруживаемым в биопленках при ХРС, является *Pseudomonas aeruginosa* и *Streptococcus pneumoniae* [10, с. 21; 26, с. 29].

При фронтитах чаще диагностируют одностороннее поражение. Так, при обследовании 112 лор-пациентов в 50% случаев была здоровой левая фронтальная пазуха, в 42,9% — правая, у остальных пациентов наблюдалось двустороннее поражение [1, с.27].

Воспалительные процессы в отдельных локализациях диагностируются редко. Так, сфеноидит обычно игнорируется пациентами и врачами из-за скудости симптомов, глубокого анатомического расположения и диагностических затруднений. Внедрение методов компьютерной томографии (КТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ) придаточных пазух носа привело к увеличению частоты диагностики сфеноидитов. Тем не менее, сфеноидит чаще всего случайно обнаруживается нейрохирургами, неврологами, офтальмологами и онкологами [3, с. 1555]. В тех случаях, когда симптомы сфеноидита наблюдаются, в основном они проявляются головной или лицевой болью/давлением (72%), ринореей (46%), заложенностью носа (26%), выделения по задней стенке глотки. Головная боль иррадирует в затылочную область, периорбитально. У большинства пациентов хотя бы одна жалоба присутствует примерно за год до постановки диагноза [4, с. 548].

Компьютерная томография в диагностике синуситов

Компьютерная томография считается золотым стандартом в диагностике заболеваний придаточных пазух носа. КТ широко используют при диагностике синуситов, при планировании операций на придаточных пазухах носа, для мониторинга проводимого лечения [14, с. 694; 29, с. 259; 30, с. 63]. Хирургии-оториноларингологи не рекомендуют проведение КТ при неосложненном остром синусите [15, с. 10]. Проводимая по картине КТ оценка пазух по шкале Лунда-Маккея ≥ 4 баллов является индикатором синусита [16, с.1711]. Эффективность КТ в диагностике воспаления придаточных пазух нуждается в тщательной ревизии.

КТ дает возможность провести дифференциальную диагностику между одонтогенными и риногенными гайморитами. У всех пациентов с синуситами на КТ отмечается утолщение слизистой оболочки пазухи, определяется жидкость в полости. На риногенный гайморит указывает утолщение носовых раковин и искривление перегородки носа. При одонтогенном гайморите на КТ могут определяться признаки перфорации нижней стенки пазухи на уровне причинных зубов, а также симптомы периодонтита и ретикулярные кисты [18, с. 314].

КТ может быть окончательным методом при проведении дифференциальной диагностики между хроническим риносинуситом и аденоидитом. Эти два заболевания имеют много схожих клинических черт, включая симптоматику (кашель, ринорея, лицевая боль), наличие в анамнезе астмы и аллергии, частый контакт с дымом. Клинические различия носили лишь вероятностный характер: при ХРС чаще встречается гнойная ринорея с лицевой болью, чем при аденоидите [19, с. 279]. В неясных ситуациях проведение КТ поможет избежать ошибки с выбором лечения, включая хирургические операции.

Ранее предполагалось, что наличие затемнение в пазухах на КТ может предсказывать бактериальное происхождение синусита, однако, позже выяснили, что этот признак не является специфичным для бактериального риносинусита, и помутнение обусловлено изменением слизистых оболочек в придаточных пазухах после вирусного катарального синусита. Таким образом, для установления этиологического фактора предпочтителен бактериальный посев [12, с. 28].

Степень затемнения придаточных пазух на КТ может коррелировать с клиническими проявлениями и анатомическими особенностями параназальной области. В клиническом исследовании оценка КТ по системе Лунда-Маккея у пациентов с синуситами предсказывала тяжесть таких симптомов, как выделения из носа

(бесцветные, гнойные), заложенность носа, гипосмию/аносмию, неприятный запах изо рта, кашель, утомляемость. Результаты показали значительную взаимосвязь между поражением верхнечелюстной пазухи и вовлечением переднего отдела решетчатой пазухи и гипосмией/аносмией.

Статистически значимая корреляция была обнаружена между общей оценкой тяжести симптомов и общей модифицированной оценкой Лунда-Маккея ($R=0,339$, $p = 0,001$) [20, с. 33].

КТ позволяет выявлять возможные риски развития синуситов и их хронизации. Отдельные анатомические версии строения носовой полости могут способствовать развитию синуситов. Так при обследовании методом КТ 50 испытуемых с признаками синусита наиболее распространенными анатомическими вариантами были клетки *aggr nasi* (64%), искривление носовой перегородки (56%) и буллезная раковина (46%). Была обнаружена статистически значимая корреляция между двусторонними клетками *aggr nasi* и назальной обструкцией.

Над проблемой возможного несоответствия клинических и радиологических данных относительно синуситов специалисты задумывались, пытаясь исследовать распространение синуситов в популяции. В работе A.G. Hirsch et al. было обследовано 646 рандомно отобранных испытуемых, обратившихся амбулаторно по разным причинам (беременные женщины исключались). Все они были охарактеризованы клиницистами на предмет синуситов и всем было проведено исследование КТ. По оценкам 28% когорты с оценкой по шкале Лунда-Маккея ≥ 4 баллов имели клинические проявления риносинусита, в то время как более 40% не имели клинических симптомов заболевания. Таким образом, «рентгенологическое воспаление» не обязательно сопровождается симптомами. Точно так же симптомы не всегда могут быть связаны с воспалением носовых пазух. В той же публикации у 20% исходной популяции с текущим статусом риносинусита балл по шкале Лунда-Маккея был ≥ 4 [21, с. 915]. Похожие результаты были получены в другом клиническом тесте, в котором только 23% пациента с симптомами ХРС (по данным EPOS) имели рентгенологические признаки воспаления. 3% субъектов с клинически обоснованным ХРС имели ≥ 4

баллов, а 6,4% — более 0 баллов по шкале Лунда-Маккея [22, с. 1207].

Сравнивая эффективность назальной эндоскопии и КТ S. Nangia et al. оценили чувствительность методов в отношении ХРС на уровне 72,2% и 63,6%, соответственно. Причем КТ показала высокую эффективность диагностике поражений остиомеатального комплекса [16, с.1711]. Кроме того, КТ считается методом выбора в диагностике мукоцеле, вносящего своей вклад в патогенез воспаления придаточных пазух [23, с. 3]. Анализ публикаций позволил выявить преимущества и слабые звенья метода КТ в диагностике параназальных синуситов. Отмечается недостаточная конкордантность КТ-метода и клинической характеристики синуситов. Большая часть исследований в этой области базируется на алгоритме отоларингологического обследования пациентов, у которых частота синуситов очень высока. Немногие исследования, включающие общую популяцию людей, указывают на низкую степень совпадения «рентгенологического воспаления» и клинически проявленного синусита. Причем, у отечественных исследователей клинические проявления синусита у КТ-положительных пациентов диагностируются чаще, чем у зарубежных [17, с. 780; 40, с. 915]. В то же время зарубежные исследователи базируются на более объективных оценочных приемах, использующих шкалу Лунда-Маккея, и обследуют общую популяцию (а не только лор-пациентов). По всей видимости, метод КТ позволяет уменьшить число недиагностированных случаев синусита и, кроме того, дает возможность выявить окклюзии в остиомеатальном комплексе, которые могут создавать предпосылки для развития синуситов.

Вывод

1. Сравнение метода КТ и клинической характеристики пациентов с синуситом демонстрирует лишь частичное совпадение рентгенологического и клинического диагнозов до 40% случаев.
2. КТ-оценка с использованием шкалы Лунда-Маккея позволяет объективно оценивать имеющиеся рентгенологические признаки воспаления.
3. Метод КТ дает возможность диагностировать анатомические варианты в строении околоносовых пазух, нарушающих дренаж слизи и способствующих развитию синуситов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков А.Г., Синельников Р.И. Способы дополнительного исследования, применяемые для диагностики фронтитов. // Российская отоларингология. 2018. № 39 (94). С. 23–28. doi: 10.18692/1810–4800–2018–3–23–28.
2. Neurological Complications of Acute Rhinosinusitis: Meningitis. / S. Bennett, S. Meghji, F. Syeda, N. Bhat // Allergy Rhinol (Providence). 2021. V. 12. PP. 2152656721996258. doi: 10.1177/2152656721996258.

3. The clinical features of endoscopic treated isolated sphenoid sinus disease. / C.C. Chao, Y.T. Lin, C.F. Lin, C.W. Chiang, H.C. Lin, T.H. Yeh // *J Formos Med Assoc.* 2021. V. 120 (8). PP. 1554–1562. doi: 10.1016/j.jfma.2020.11.005.
4. Isolated sphenoid sinus disease: etiology and management / A. Friedman, P.S. Batra, S. Fakhri, M.J. Citardi, D.C. Lanza // *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2005. V. 133. PP. 544–550. doi:10.1016/j.otohns.2005.04.023.
5. Qureshi M.F., Usmani A.A. CT-Scan review of anatomical variants of sinonasal region and its correlation with symptoms of sinusitis (nasal obstruction, facial pain and rhinorrhea). // *Pak J Med Sci.* 2021. V. 37 (1). PP. 195–200. doi: 10.12669/pjms.37.1.3260.
6. Computed Tomography Image Analysis and Clinical Correlations of Retromaxillary Cells. / C. Cao, F. Zhou, Z. Song, Z. Tao, Y. Xu // *Ear Nose Throat J.* 2022. V. 101 (7). PP. 435–442. doi: 10.1177/0145561320936963.
7. Assessing the prevalence of paranasal sinuses anatomical variants in patients with sinusitis using cone beam computer tomography. / R.A. Roman, M. Hedesiu, M. Gersak, F. Fidan, G. Baciut, M. Baciut // *Clujul Med.* 2016 V. 89 (3). PP. 423–429. doi:10.15386/cjmed-598.
8. Elsayed N.M., Abdalal L.F. The Relation between Anatomical Variations of Osteomeatal Complex & Nasal Structures and Chronic Sinusitis by Computed Tomography. // *Int J Med Imaging.* 2015. V. 3 (2). PP. 16–20. doi:10.11648/j.ijmi.20150302.12.
9. Chronic Rhinosinusitis and COVID-19. / C. Marin, T. Hummel, Z. Liu, J. Mullol // *J Allergy Clin Immunol Pract.* 2022. V. 10 (6). PP. 1423–1432. doi: 10.1016/j.jaip.2022.03.003.
10. Vickery T.W., Ramakrishnan V.R., Suh J.D. The Role of Staphylococcus aureus in Patients with Chronic Sinusitis and Nasal Polyposis. // *Curr Allergy Asthma Rep.* 2019. V. 19 (4). PP. 21. doi: 10.1007/s11882–019–0853–7.
11. Dobroś K, Zarzecka J. Dental assessment of odontogenic maxillary sinusitis, aided by Cone Beam Computed Tomography. // *Folia Med Cracov.* 2020. V. 60 (1). PP. 85–96. doi: 10.24425/fmc.2020.133489.
12. Jaume F., Valls-Mateus M., Mullol J. Common Cold and Acute Rhinosinysitis: Up-to-Date Management in 2020. // *Curr Allergy Asthma Rep.* 2020. V. 20 (7). PP. 28. doi: 10.1007/s11882–020–00917–5.
13. Pain Catastrophizing and Quality of Life in Adults With Chronic Rhinosinusitis. / A. Kazi, E. West, S. Rahman, S. Kim, A. Sima, T.A. Schuman // *Laryngoscope.* 2021. V. 131 (9). PP. 1939–1945. doi: 10.1002/lary.29405.
14. A computed tomography comprehensive evaluation of the ostium of the sphenoid sinus and its clinical significance. / J. Jaworek-Troć, J.A. Walocha, J. Skrzat, J. Iwanaga, R.S. Tubbs, M. Mazur, M. Lipski, A. Curlej-Wądrzyk, T. Gładysz, R. Chrzan, A. Urbanik, M.P. Zarzecki // *Folia Morphol (Warsz).* 2022. V. 81 (3). PP. 694–700. doi: 10.5603/FM.a2021.0063.
15. Choosing Wisely Canada rhinology recommendations. / N. Arnstead, Y. Chan, S. Kilty, R. Ganeshathasan, A. Rahmani, E. Monteiro // *J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2020. V. 49 (1). PP. 10. doi: 10.1186/s40463–020–00406–9.
16. Nangia S., Giridher V., Chawla P. Evaluation of the Role of Nasal Endoscopy and Computed Tomography Individually in the Diagnosis of Chronic Rhinosinusitis. // *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2019. V. 71 (Suppl 3). PP. 1711–1717. doi: 10.1007/s12070–017–1060–2.
17. Иванушик В.О., Мазурина М.Д. КТ-диагностика заболеваний придаточных пазух носа // 69-я научно-практическая конференция студентов и молодых ученых с международным участием «Актуальные проблемы современной медицины и фармации-2015». 2015. С. 779–780.
18. Иванова В.А. Трудности дифференциальной рентгенодиагностики одонтогенного и риногенного гайморита. // Бюллетень медицинских интернет-конференций. 2019. Т. 9 (8). С. 314.
19. Purnell P.R., Ramadan J.H., Ramadan H.H. Can Symptoms Differentiate Between Chronic Adenoiditis and Chronic Rhinosinusitis in Pediatric Patients. // *Ear Nose Throat J.* 2019. V. 98 (5). PP. 279–282. doi: 10.1177/0145561319840133.
20. Correlation between the Opacification Degree of Paranasal Sinuses on CT, Clinical Symptoms and Anatomical Variations of the Nose and Paranasal Sinuses in Patients with Chronic Rhinosinusitis. / M. Niknami, E. Emami, A. Mozaffari, H. Sharifian, S. Safari // *Front Dent.* 2021. V. 18. PP. 33. doi: 10.18502/fid.v18i33.7337.
21. Radiologic sinus inflammation and symptoms of chronic rhinosinusitis in a population-based sample. / Hirsch A.G., Nordberg C., Bandeen-Roche K., Tan B.K., Schleimer R.P., Kern R.C., Sundaresan A., Pinto J.M., Kennedy T.L., Greene J.S., Kuiper J.R., Schwartz B.S. // *Allergy.* 2020. V. 75 (4). PP. 911–920. doi: 10.1111/all.14106.
22. Prevalence of chronic rhinosinusitis in the general population based on sinus radiology and symptomatology. / D. Dietz de Loos, E.S. Lourijsen, M.A.M. Wildeman, N.J.M. Freling, M.D.J. Wolvers, S. Reitsma, W.J. Fokkens // *J Allergy Clin Immunol.* 2019. V. 143 (3). PP. 1207–1214. doi: 10.1016/j.jaci.2018.12.986.
23. The role of imaging in the management of sinonasal mucocoeles. / R. Bouatay, L. Aouf, B. Hmida, A. Korbi, N. Kolsi, K. Harrathi, J. Koubaa // *Pan Afr Med J.* 2019. V. 34. PP. 3. doi: 10.11604/pamj.2019.34.3.18677.

© Теувов Аслан Алексеевич (teuw@mail.ru), Ловпаче Зарема Нуриждиновна (tanka70@yandex.ru),
Базиев Артур Мухарбиевич (bazaarth76@mail.ru), Теуникова Ирина Сергеевна (teunikova88@mail.ru),
Тлакадугова Мадина Хажисмеловна (tla-madina@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗМЕРОВ ЗУБОВ У ЛЮДЕЙ С НОРМОДОНТНЫМИ ДОЛИХОГНАТИЧЕСКИМИ ЗУБНЫМИ ДУГАМИ

EVALUATION OF THE RESULTS OF THE STUDY OF TOOTH SIZES IN PEOPLE WITH NORMODONT DOLICHOGNATHIC DENTAL ARCHES

Fischev S.B.
Klimov A.G.
Sevastyanov A.V.
Shtorina A.A.
Puzdyreva M.N.
Rozhkova M.G.
Pavlova S.G.
Galstyan S.G.

Summary. Individual features of the structure of the maxillofacial region and the ratio of the dental arches of both jaws affect the stability of treatment results in the clinic of orthodontics and orthopedic dentistry. Research methods are of particular importance for the diagnosis of various types of dental arch anomalies in people with normodont dental arches and dolichognathic facial types.

Keywords: orthodontics, malocclusion, dolichognathia, dental arches, reproduction of the shape of dental arches.

Фищев Сергей Борисович

Д.м.н., профессор, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ
super.kant@yandex.ru

Климов Андрей Геннадьевич

К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет Министерства здравоохранения РФ
pstom4@zdrav.spb.ru

Севастьянов Аркадий Владимирович

Д.м.н., профессор, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ
ardy.dkr@mail.ru

Шторина Анастасия Александровна

К.м.н., доцент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ
kondratyuk.andrey@icloud.com

Пуздырева Маргарита Николаевна

К.м.н., ассистент, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет Министерства здравоохранения РФ
seven-spb@yandex.ru

Рожкова Мария Геннадьевна

Ассистент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ
rozmaria2010@yandex.ru

Павлова Светлана Георгиевна

К.м.н., доцент, «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ
svetap_75@mail.ru

Галстян Самвел Галустанович

К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет Министерства здравоохранения РФ
samvel.galstyan.2012@mail.ru

Аннотация. Индивидуальные особенности строения челюстно-лицевой области и соотношения зубных дуг обеих челюстей влияют на стабильность результатов лечения в клинике ортодонтии и ортопедической стоматологии. Методы исследования имеют особое значение для диагностики различных видов аномалий зубных дуг у людей с нормодонтными зубными дугами и долихогнатическими типами лица.



Размеры зубных дуг и определение соответствия размеров зубов параметрам зубных дуг основываются на измерении отдельных зубов и/или групп зубов и последующим соотношением с предложенными дентальными и интердентальными индексами, и коэффициентами [1, 2, 3, 4]. На этом принципе проводятся методы оценки трансверсальных и сагиттальных линейных размеров зубных дуг (методы Pont, Linder и Harth; Korkhaus). Существуют различия индексных величин при оценке указанных методов (Pont и Linder-Harth) нередко возникают сложности при интерпретации результатов исследования. К тому же, в литературе не отмечено при каких вариантах формы зубных дуг эти методы рекомендуется использовать в клинике ортодонтии [5, 6, 7, 8].

Таким образом, актуальность настоящего исследования очевидна, а все изложенное выше предопределило цель работы.

Цель исследования

Повышение эффективности диагностики зубочелюстных аномалий за счет оптимизации методов исследования нормодонтных долихогнатических типах зубных дуг с учетом индивидуальных особенностей челюстно-лицевой области.

Материалы и методы исследования

С нормодонтными зубными дугами встречались лица различных типов зубных дуг, в частности долихо-, брахи- и мезогнатические, в зависимости от величины дентального индекса зубной дуги.

Мы проводили исследования 30 лиц, имеющих нормодонтные зубные дуги с долихогнатическим типом лица.

Результаты исследования

У людей с нормодонтным долихогнатическим типом зубных дуг дентальный индекс верхней зубной дуги в среднем составлял $0,99 \pm 0,01$, для нижней зубной дуги индекс был $1,02 \pm 0,03$.

Размеры групп зубов у людей исследуемой группы с нормодонтизмом и долихогнатическим типом зубных дуг показаны в таблице 1.

Ключевые слова: ортодонтия, аномалии прикуса, долихогнатия, зубные дуги, репродукция формы зубных дуг.

В результате исследования установлено, что суммарная величина широтного одонтометрического показателя, определяемого как длина верхней зубной дуги, составляла $118,2 \pm 2,94$ мм, а на нижней челюсти — $110,8 \pm 2,93$ мм. Достоверных отличий по одонтометрическим показателям у людей с мезогнатическим и брахигнатическим нормодонтным типом зубных дуг по сравнению с нормодонтными долихогнатическими типами, нами не выявлено.

Полученные данные соответствовали параметрам нормодонтных типов зубных дуг, что было подтверждено величиной среднего модуля моляров. Для верхних моляров средний модуль был $10,89 \pm 0,04$, для зубов нижней челюсти — $10,63 \pm 0,03$.

Отношение длины зубной дуги верхней челюсти к такому же размеру нижних зубов составило 1,07, что может быть использовано в качестве дополнительного критерия определения соответствия размеров верхних и нижних зубов.

Отношение суммы ширины коронок резцов верхней челюсти, к таким же параметрам нижней челюсти составило $1,35 \pm 0,02$ (индекс Тонп).

Отношение суммы ширины коронок 6 передних зубов нижней и верхней челюсти (переднее соотношение по Bolton) составило $77,83 \pm 1,56$. Достоверных отличий, по сравнению с авторскими величинами и результатов, полученных у людей с нормодонтными мезогнатическими и брахигнатическими типами зубных дуг, нами не выявлено.

Отношение суммы ширины коронок 12 передних зубов нижней и верхней челюсти (полное соотношение по Bolton) составило $91,84 \pm 1,13$. Достоверных отличий, по сравнению с авторскими величинами и результатов, полученных у людей с нормодонтными мезогнатическими и брахигнатическими типами зубных дуг, нами не выявлено.

Полученные индексы соответствовали норме и свидетельствовали о соразмерности зубов обеих челюстей.

Предложенная нами оценка соразмерности величин 14 зубов обеих челюстей показала, что процентное отношение размеров нижних зубов к верхним составило $93,77 \pm 1,98\%$, что может быть использовано в качестве дополнительного критерия определения соответствия указанных величин.

Таблица 1. Размеры групп зубов у людей с нормодонтизмом и долихогнатическим типом зубных дуг при физиологическом прикусе.

Показатели измерения	Размеры зубов (в мм) на:	
	верхней челюсти	нижней челюсти
Ширина коронок 4 резцов	32,02±1,59	23,7±1,73
Ширина коронок 6 передних зубов	48,62 ±1,86	37,84±1,69
Ширина коронок 12 зубов	97,82±2,33	90,04±2,61
Ширина коронок 14 зубов	118,2±2,94	110,8±2,93

Таблица 2. Основные линейные размеры нормодонтных долихогнатических зубных дуг при физиологическом прикусе.

Параметры зубных дуг	Размеры зубной дуги (в мм) на челюсти:			
	верхней		нижней	
	расчетные	фактические	расчетные	фактические
Ширина в области премоляров по Pont	40,03±1,92	36,4±2,18	40,03±1,92	35,18±1,99
Ширина в области моляров по Pont	50,03±2,56	46,2±2,29	50,03±2,56	48,4±2,06
Ширина в области премоляров по L-H	37,67±1,87	36,4±2,18	37,67±1,87	36,81±2,08
Ширина в области моляров по L-H	49,26±2,39	46,2±2,29	49,26±2,39	53,59±2,46
Глубина переднего отдела по Korkhaus	18,0±0,42	19,9±0,48	17,0±0,23	18,71±0,34

Ширина коронок 4 резцов верхней челюсти позволила нам рассчитать ширину зубных дуг по методам Pont и Linder-Harth (L-H), оценить глубину зубной дуги по методу Korkhaus.

Кроме того, оценивали равенство сегментов по Gerlach.

Результаты исследования зубных дуг с использованием общепринятых методов представлены в таблице 2.

Результаты исследования показали, что при физиологическом прикусе у людей с нормодонтными долихогнатическими типами зубных дуг широтные параметры отличаются от расчетных показателей, определяемых по общепринятым методам.

Так, ширина зубной дуги в области премоляров была меньше, чем рассчитанная по методу Pont для верхней дуги на 3,62±0,38 мм, а для нижней зубной дуги была уменьшена на 4,84±0,96 мм.

Между верхними молярами разница в авторских показателях и полученных в группе сравнения на верхней зубной дуге составила 3,83±0,45 мм, в то время как межмолярная ширина нижней зубной дуги была меньше, чем рассчитанная по индексам Pont на 1,63±0,71 мм.

Следует отметить, что ширина обеих зубных дуг в области премоляров и моляров соответствовала расчетным показателям Linder и Harth.

Таким образом, при обследовании людей с нормодонтными долихогнатическими формами зубных дуг индексы Pont для прогнозирования широтных параметров зубных дуг мало пригодны.

Передне-задние размеры обеих челюстей были больше расчетных величин, и глубина переднего отдела для верхней и нижней зубных дуг составляла 19,9±0,48 мм и, соответственно, 18,71±0,34 мм.

Длина бокового сегмента по Gerlach для верхней зубной дуги составила 33,04±1,33 мм, а для нижней дуги — 32,89±1,58 мм, что практически не отличалось от размеров переднего отдела зубной дуги, а именно суммы ширины коронок 4 резцов. Полученные данные свидетельствовали о соразмерности отдельных участков зубной дуги и позволяли использовать данный метод для исследования нормодонтных долихогнатических зубных дуг при аномалиях их формы и размеров.

Согласно предложенному нами алгоритму обследования пациентов вначале определяли гнатический тип лица. У обследуемого контингента межкозелковое расстояние (t-t) составляло 137,68±3,62 мм, а диагональ гнатической части лица (t-sn) была 129,98±2,87 мм. Процентное отношение диагонали лица к его ширине (ГИЛ) составляло 95,65±2,46, что было свойственно характеристикам долихогнатического типа лица. Величина диагональных размеров соответствовала показателям нормодонтного типа гнатической части лица. Таким

Таблица 3. Основные линейные размеры нормодонтных долихогнатических зубных дуг при физиологическом прикусе.

Параметры зубных дуг	Размеры зубной дуги (в мм) на челюсти:			
	верхней		нижней	
	расчетные	фактические	расчетные	фактические
Ширина между клыками	36,92±1,77	36,69±1,82	27,7±0,93	27,69±1,45
Ширина между вторыми молярами	60,0±2,49	59,869±2,31	54,54±2,41	54,2±2,23
Глубина до уровня клыков	8,1±0,38	8,9±0,64	6,69±0,61	6,54±0,68
Глубина до уровня моляров	46,4±1,88	47,0±2,22	44,69±1,91	44,5±2,08
Диагональ до уровня клыков	20,16±0,85	20,6±0,91	15,38±1,24	15,3±1,55
Диагональ до уровня моляров	55,21±2,12	55,49±2,19	52,26±1,42	51,99±1,67

образом, в рассматриваемой группе были пациенты с нормодонтными брахигнатическими типами лица.

Далее оценивали одонтометрические показатели и размеры зубных дуг. Одонтометрию проводили по общепринятым методикам. При этом оценивали соразмерность зубов. Соотношение ширины коронки верхнего медиального резца к размерам латерального резца в среднем по группе составляло $0,79\pm 0,03$, что соответствовало нормальным показателям. Отношение мезиально-дистального размера верхнего клыка к аналогичному параметру верхнего медиального резца было $0,91\pm 0,06$, а по отношению к латеральному резцу — $1,12\pm 0,08$, что также свидетельствовало о гармонии размеров передних зубов.

Затем проводили измерения зубных дуг, в соответствии с предложенными методами исследования.

Результаты исследования зубных дуг, с использованием предложенного нами алгоритма показаны в таблице 3.

Трансверсальные размеры зубных дуг, особенно в области моляров, были значительно меньше, чем у людей с мезогнатическими и особенно с брахигнатическими типами зубных дуг. Тем не менее, диагональные размеры не имели достоверных различий с указанным выше контингентом обследованных, что

свидетельствует о том, что диагональные параметры определяются размерами зубов.

Отношение межмолярной ширины верхней зубной дуги к ширине нижней зубной дуги между молярами составляло $1,07\pm 0,04$, что может быть полезно при диагностике аномалий и прогнозировании размеров зубных дуг.

Следует отметить, что расчетные размеры зубных дуг практически соответствовали фактическим величинам, что свидетельствовало об эффективности предложенных методов исследования. Достоверных различий между расчетными и фактическими показателями не обнаружено.

Индекс верхней дуги (отношение глубины дуги к ее ширине) был в пределах $0,79\pm 0,01$, а нижней зубной дуги — $0,82\pm 0,04$, что соответствовало брахигнатическому типу зубных дуг.

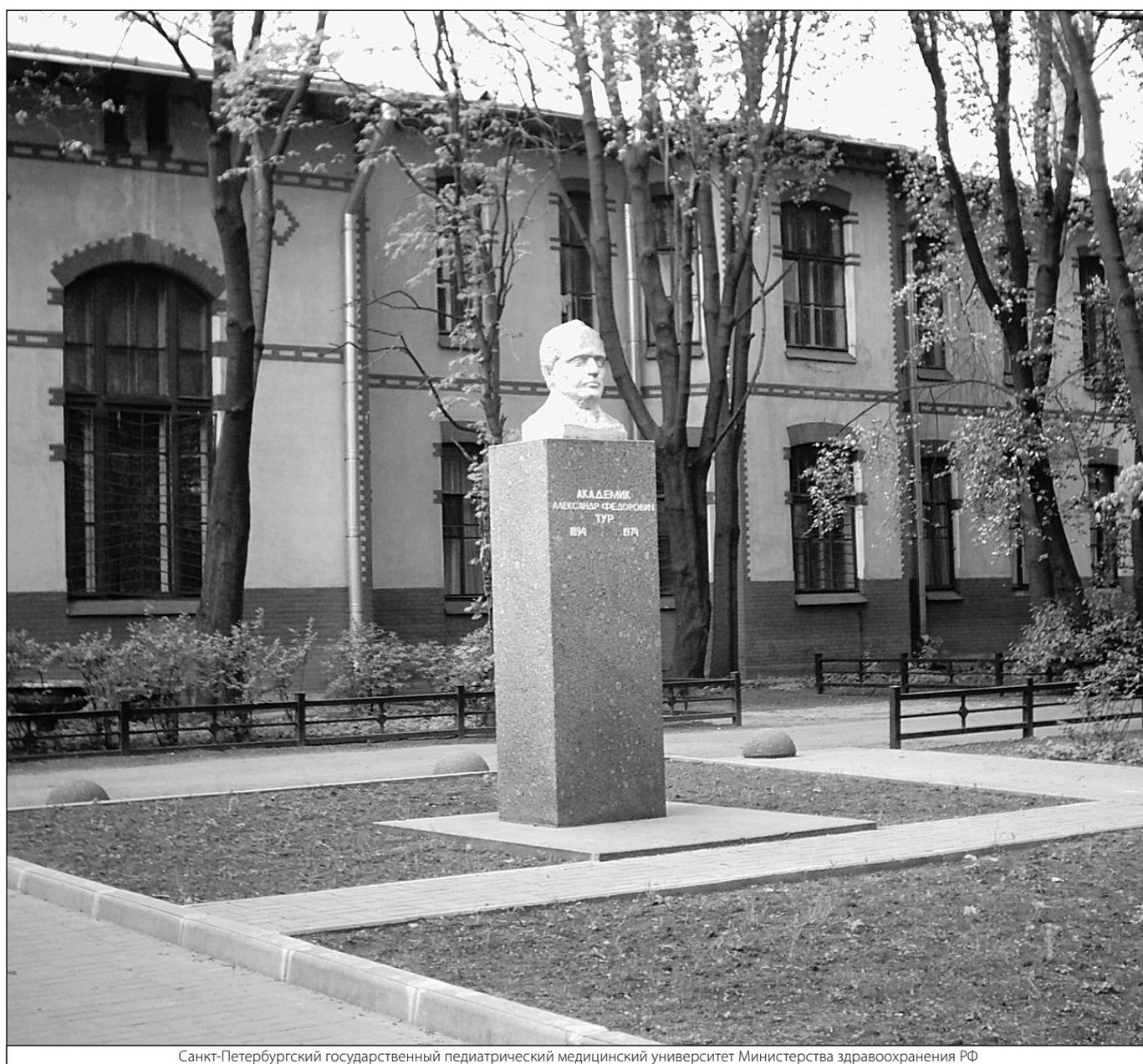
Таким образом, предложенные методы исследования были наиболее близки к основным размерам зубных дуг постоянного ортогнатического прикуса. Предложенный алгоритм может быть использован в клинике ортодонтии для диагностики различных видов аномалий зубных дуг у людей с нормодонтными долихогнатическими типами лица и зубных дуг.

ЛИТЕРАТУРА

- Агашина М.А. Прогнозирование результатов ортопедического лечения пациентов с вертикально-мезиальной формой повышенной стираемости зубов. / М.А. Агашина, С.Б. Фищев, С.В. Дмитриенко, А.В. Лепилин, Д.Н. Балахничев // Пародонтология. — 2017. Т. XXII — № 1 (82). С. 31–37.
- Агашина М.А. Параметры зубных дуг верхней и нижней челюстей в трансверсальном направлении. / М.А. Агашина, С.Б. Фищев, С.В. Дмитриенко, А.В. Лепилин, Д.Н. Балахничев // Стоматология детского возраста и профилактика». — 2017. — Т. XVI — № 1 (60). С. 36–39.
- Пузырева М.Н., Субботин Р.С., Фищев С.Б., Фомин И.В., Кондратьев А.А., Орлова И.В. Дифференциальная диагностика патологических и физиологических видов резцового перекрытия // Педиатр. — 2019. — Т. 10. — № 4. — С. 39–44.
- Ртищева С.С., Фищев С.Б., Севастьянов А.В. и др. Аномалии размеров зубов и основные варианты микродонтизма // Профилактика основных стоматологических заболеваний: Материалы республиканской конференции стоматологов. — Уфа, 2011. — С. 181–184.

5. Fischev S.B., Puzdryyova M.N., Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Kondratyuk A.A. Morphological features of dentofacial area in peoples with dental arch issues combined with occlusion anomalies // Archiv EuroMedica. — 2019. — Т. 9. — № 1. — P. 162–163.
6. Puzdryyova M.N., Fischev S.B., Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Kondratyuk A.A. Morphological features of dentofacial area in people with dental arch issues combined with occlusion anomalies // Archiv euromedica. — 2019. — vol. 9, Num. 1. — P.162–163.
7. Shen L. He F., Zhang C. Prevalence of malocclusion in primary dentition in mainland China, 1988–2017: a systematic review and meta-analysis // Sci. Rep.— 2018. — Vol. 8. — № 1. — P. 4716.
8. Singh S., Sharma A., Sandhu N. Prevalence of malocclusion and orthodontic treatment needs in school going children of Nalagarh, Himachal Pradesh, India // J. Dent. Res. — 2016. — Vol. 27. — № 3. — P. 317–322.

© Фицев Сергей Борисович (super.kant@yandex.ru), Климов Андрей Геннадьевич (pstorm4@zdrav.spb.ru),
Севастьянов Аркадий Владимирович (ardy.dkr@mail.ru), Шторина Анастасия Александровна (kondratyuk.andrey@icloud.com),
Пузырева Маргарита Николаевна (seven-spb@yandex.ru), Рожкова Мария Геннадьевна (rozmaria2010@yandex.ru),
Павлова Светлана Георгиевна (svetarp_75@mail.ru), Галстян Самвел Галустович (samvel.galstyan.2012@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет Министерства здравоохранения РФ

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ДИАГНОСТИКИ ПАЦИЕНТОВ С МИОФАСЦИАЛЬНЫМ БОЛЕВЫМ СИНДРОМ ЛИЦА И ДИСФУНКЦИЕЙ ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНОГО СУСТАВА ПРИ ЗАТРУДНЕННОМ ПРОРЕЗЫВАНИИ ТРЕТЬИХ МОЛЯРОВ ВЕРХНЕЙ ЧЕЛЮСТИ

THE MAIN ASPECTS OF THE DIAGNOSIS OF PATIENTS WITH MYOFASCIAL FACIAL PAIN SYNDROME AND TEMPOROMANDIBULAR JOINT DYSFUNCTION WITH DIFFICULT ERUPTION OF THE THIRD MOLARS OF THE UPPER JAW

**V. Khovayko
O. Davydova**

Summary. Currently, a large cohort consists of patients suffering from myofascial pain syndrome of the face with dysfunction of the temporomandibular joint against the background of difficult eruption of third molars. Such clinical cases are characterized by a number of symptoms and complaints presented by patients, which greatly complicate diagnosis.

The article presents the main directions of the diagnostic algorithm for each of these nosologies, taking into account the positive and negative aspects of the method. It was noted that due to the presence of neurological and psychopathic symptoms, in case of dysfunction of the temporomandibular joint, it is correct to determine the quality of life index during the initial examination and against the background of ongoing treatment.

The implementation of further studies seems to be a promising direction, which will allow optimizing the diagnostic algorithm in order to develop personalized management of patients in this group.

Keywords: myofascial pain syndrome, temporomandibular joint, molars.

Ховайко Виталий Александрович

Аспирант, Тверской государственный медицинский университет
vitality_95@bk.ru

Давыдова Ольга Борисовна

Кандидат медицинских наук, Тверской государственный медицинский университет

Аннотация. В настоящее время большую когорту составляют пациенты, страдающие миофасциальным болевым синдромом лица при дисфункции височно-нижнечелюстного сустава на фоне затрудненного прорезывания третьих моляров. Такие клинические случаи характеризуются рядом симптомов и жалоб, предъявляемых пациентами, которые значительно затрудняют диагностику.

В статье приведены основные направления диагностического алгоритма каждой из указанных нозологий с учетом положительных и отрицательных сторон метода. Отмечено, что вследствие наличия неврологической и психопатической симптоматики, при дисфункции височно-нижнечелюстного сустава правильным является определение показателя качества жизни при первичном обследовании и на фоне проводимого лечения.

Выполнение дальнейших исследований представляется перспективным направлением, которое позволит оптимизировать диагностический алгоритм с целью разработки персонализированного ведения пациентов данной группы.

Ключевые слова: миофасциальный болевой синдром, височно-нижнечелюстной сустав, моляры.

В последнее время в клинической практике отмечается рост числа пациентов, имеющих дисфункциональные расстройства височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС) и миофасциальный болевой синдром лица (МФБС) [1]. МФБС, по мнению большинства исследователей, представляет собой основную причину развития хронических головных болей и болей в жевательных мышцах. Статистические данные

также показывают, что они затрагивают около 50% людей, страдающих этими симптомами [2].

В возникновении дисфункции ВНЧС важное значение отводится затруднению прорезывания третьих моляров, особенно верхних, что сопряжено с достаточно сложным процессом перестройки всего лицевого скелета в целом.

Вопросы диагностики такого сложного порочного круга взаимодействующих патологических процессов при МФБС, дисфункции ВНЧС и затруднении прорезывания третьих моляров изучены недостаточно, требуют дальнейшего анализа данной проблемы для разработки оптимального алгоритма ведения таких пациентов стоматологами, ортодонтами, челюстно-лицевыми хирургами и другим клиницистами.

Цель работы

Анализ литературных данных, посвященный вопросу диагностики пациентов с МФБС и дисфункцией ВНЧС при затрудненном прорезывании третьих моляров верхней челюсти.

Следует подчеркнуть, что при изучении литературных данных не было отмечено единого подхода к диагностике такого сложного симптомокомплекса. Существующая информация касается поэтапного выявления МФБС, дисфункции ВНЧС и затрудненного прорезывания третьих моляров верхней челюсти.

В результате сбора анамнеза заболевания необходимо определить наличие возможных сопутствующих заболеваний, таких как ревматизм или ревматоидный артрит, всем пациентам необходимо проводить клинический минимум обследования.

МФБС — совокупность сенсорных, двигательных и вегетативных симптомов, развитие которых обусловлено гиперраздражением миофасциальных триггерных точек. Наличие МФБС должно быть учтено при болевой симптоматике лица, головы и ВНЧС.

Под дисфункцией ВНЧС понимается симптомокомплекс, который касается не только ВНЧС, но и мышц головы, шеи, жевательных или мимических мышц.

Совокупность данных патологических симптомов и выделение ведущего из них достаточно сложная клиническая задача, требующая тщательного диагностического поиска.

Определение МФБС возможно пальпаторно, но успех диагностики в таком случае определяется навыками врача, его подготовкой, опытом сбора анамнеза пациента, а также проведением всестороннего обследования состояния пациентов. Стандартизированные лабораторные, визуальные исследования и диагностические критерии для МФБС отсутствуют [4].

Международным Обществом по изучению миофасциальной боли и фибромиалгии создан мультидисциплинарный международный комитет для установления

надежных методов диагностики МФБС [5], а миофасциальные триггерные точки (МФТТ) были определены как локализованные болезненные участки в виде пальпируемых узелков в тугом поясе сокращенных мышечных волокон [6,7].

При правильно выполненной пальпации тугой пояс мышц определяется как веревка или струна мышечного волокна, простирающиеся на всем протяжении мышцы. Эффективность клинического обследования продемонстрирована в ряде исследований [8], а большинством авторов были определены основные четыре критерия: тугой пояс мышц, болезненная область или узелок в тугом поясе мышц, болезненность при нажатии на узелок, ограничение растяжения мышцы [9]. Наличие местной реакции на пальпацию, болезненность и характерные изменения при проведении электромиографического исследования повышают вероятность диагностики МФБС. Применение ультразвукового метода диагностики (эластографии) и магнитно-резонансной томографии ограничено вследствие их высокой стоимости и отсутствия в технически не оснащенных лечебных учреждениях.

Анализ значительного объема литературы, относящейся к обследованию пациентов с заболеваниями ВНЧС, обнаружил, что существует общепринятая методика их диагностики (стандарты) с отдельными дополнениями [11].

Важное значение отводится оценке жалоб и данным объективного статуса пациентов. «Классическими» признаются следующие симптомы: неадекватное смещение нижней челюсти при открывании рта, чрезмерно широкое или затрудненное открывание рта, боли в области сустава, височной или жевательной мышцы, головная боль, щелчок, хруст в суставе, ослабление слуха [12].

Особое внимание уделяется характеру болевых ощущений (стреляющей, давящей, жгучей, иррадиирующей), симметричной, постоянной или временной, возникающей при открывании/закрывании ротовой полости [12].

К методам диагностики заболеваний ВНЧС относят функциографию, гнатологическое исследование: определение площади окклюзионных контактов и площади жевательных поверхностей, получение диагностических моделей и диагностика в артикуляторе [13,14].

Ряд авторов предлагают бесконтактный способ компьютерной оценки состояния движений нижней челюсти, а окклюзионные нарушения четко выявляются новейшими компьютерными технологиями, к примеру: аппаратом T-Scan и виртуальными артикуляторами с программным обеспечением ZIRKONZAHN, EXOCAD и т.д., внутриротовыми сканерами [15].

Электромиографическое и нейроэлектромиографическое исследование жевательных и мимических мышц позволяет эффективно и дифференцированно оценивать мышечный баланс у пациентов с дисфункцией ВНЧС путем регистрации вызванных и устойчивых биопотенциалов тех же основных и вспомогательных жевательных мышц, и мимических мышц.

В диагностике заболеваний ВНЧС, связанных с патологическими изменениями суставных поверхностей, большая роль отводится рентгенологическим методам исследований, эффективность данных методов по данным литературы достигает до 95%. Кроме того, они позволяют проводить дифференциальную диагностику функциональных и органических поражений ВНЧС.

В свое время методика рентгенографии ВНЧС по Шюллеру в разных модификациях, была инновационной и к ней обращались большинство исследователей. Однако она имеет ряд недостатков таких, как вероятные деформации, связанные с укладкой, наложение фрагментов основной и височной кости (пирамиды, сосцевидного отростка). Несмотря на значительное техническое усовершенствование способов визуализации, методики анализа получаемых изображений не всегда позволяют четко определить соотношение и состояние компонентов ВНЧС — суставного бугорка, суставной головки, суставной щели, дать адекватную характеристику сочленения в статике и динамике, что очень важно для точной топической диагностики [16].

Некоторыми авторами в своих исследованиях было отмечено, что при проведении ортопантомографии описывается состояние ВНЧС. Преимуществами данного исследования являются низкая доза облучения, простота метода. Среди недостатков можно отметить плоскостное фронтальное изображение составляющих сочленения, что не позволяет достоверно передавать соотношение данной анатомической области. Изучение височно-нижнечелюстного сустава осуществляется в косо-латеральной проекции, что искажает суставную щель и данные могут быть неверно интерпретированы [17].

При диагностике дисфункций ВНЧС широко применяется метод цифровой компьютерной рентгенографии суставов-зонография, которая позволяет определять ряд характеристик ВНЧС (длину, ширину суставного отростка нижней челюсти, ширину суставной щели). Яценко О.И., (2015 г.) была предложена методика анализа зонограмм по краниометрическим точкам [18].

Однако, несмотря на существующие положительные моменты данного вида исследования (уменьшенная лучевая нагрузка, оценка результатов с учетом предыдущих данных, дешевизна), в литературе достаточно мало

работ, оценивающих данные диагностического метода при таких достаточно распространенных дисфункциональных состояниях ВНЧС как гипермобильность суставных головок нижней челюсти, мышечно-суставной контрактуре, компрессионно-дислокационной дисфункции в научно-практических публикациях очень мало [19].

В последнее время при исследовании дисфункциональных состояний ВНЧС отечественные и мировые ученые начали отдавать приоритет магнитно-резонансной томографии (МРТ), как наиболее объективному методу. МРТ является лучшим методом для оценки внутрисуставных процессов. Учитывая высокое контрастное разрешение МРТ мягких тканей, в настоящее время данный метод признан золотым стандартом для диагностики заболеваний суставного диска. Стандартный протокол МРТ состоит из косых сагиттальных и коронарных последовательностей взвешенных по плотности протонов (T2WI) в положениях с закрытым и открытым ртом. Изображения получаются перпендикулярно или параллельно длинной оси мыщелка нижней челюсти, чтобы позволяет оптимизировать визуализацию диска и костных структур. Кроме того, режим T2WI может быть использован для выявления дегенеративных периартикулярных изменений и наличия суставного выпота.

Основным преимуществом использования метода МРТ в стоматологии является возможность визуализации мягкотканых структур. Это позволяет выявить ряд патологических процессов, наличие экссудата в суставной полости, кровоизлияний, опухолей мягких тканей сустава, изменений в области суставных хрящей. В то же время МРТ имеет и некоторые недостатки: время получения изображения колеблется в среднем от 20 до 45 минут, исследование требует положения от пациента с открытым ртом, что особенно проблематично у больных, испытывающих боль в ВНЧС. Кроме того, МРТ позволяет в основном изучать статические изображения, что требует сотрудничества с пациентом и может быть проблематично в педиатрической популяции или у пациентов с клаустрофобией. Кроме того, МРТ противопоказана пациентам с кардиостимуляторами, имплантируемыми сердечными дефибрилляторами и при наличии металлических инородных тел [20].

В настоящее время динамическая МРТ введена в комплекс динамических оценок функции суставов. Так, в работах некоторых зарубежных исследователей, при исследовании пациентов с болью в ВНЧС предлагается выполнение статического и динамического МРТ обоих ВНЧС [21].

Динамическая МРТ облегчает визуализацию суставного диска во время всего процесса открывания и закрывания челюсти, а также отражает динамику внутрен-

них нарушений и оценку соотношения мышечных дисков за более короткий промежуток времени по сравнению со статической МРТ. Ее проведение позволяет лучше оценить боковое смещение [22].

Некоторые зарубежные исследователи (Mello Junior et al., 2011 г.) при сравнении двух методов исследования: УЗИ и МРТ, пришли к выводу, что УЗИ суставов обладает высокой чувствительностью и специфичностью результатов [23].

УЗИ с высоким разрешением имеет такие плюсы, как более высокая доступность в стоматологическом кабинете, меньшая стоимость, более короткая продолжительность процедуры. Данный метод исследования может быть рассмотрен как вспомогательный при выявлении аномалий ВНЧС и планирования неинвазивного лечения [24].

Электромиография — диагностический метод для исследования функций периферического нейромоторного аппарата и оценки координации мышц челюстно-лицевой области во времени и по интенсивности. При оценке результатов поверхностной электромиографии (пЭМГ) в исследовании электрической активности мышц, ответственных за работу ВНЧС, рядом зарубежных исследователей были отмечены различия в электромиографической активности в случае одностороннего патологического процесса [25].

В связи с тем, что у значительной части больных с патологией ВНЧС, помимо алгических симптомов, отмечается гипертонус мимических мышц, характер и выраженность которого требуют не только специальной диагностической оценки, но и последующего лечения. Анализ данных позволил выделить три клинические группы больных: с изолированной (мышечно-тонической), неврологической симптоматикой; со смешанной (сочетание мышечно-тонических и соматоформных проявлений) неврологической и психопатологической симптоматикой. В связи с этим, в последние десятилетия в диагностическом инновационном комплексе исследований пациентов с дис-

функциональными нарушениями ВНЧС вводится изучение качества их жизни (например, по опроснику SF-36). Результаты полученных данных позволяют обосновать включение в состав комплексной терапии наблюдение неврологом и психиатром [26].

Существующие методы диагностики патологии ВНЧС не всегда используются в клинической практике вследствие ряда причин: недостаточного уровня технического оснащения и опыта специалиста.

Для диагностики затрудненного прорезывания третьих моляров могут быть использованы традиционные методы визуализации — ортопантография, конусно-лучевая компьютерная томография с трехмерной реконструкцией изображения, которая позволяет проследить особенности и пространственное расположение зубов [27]. Конусно-лучевая компьютерная томография является золотым стандартом рентгенографического метода для анализа третьих моляров и связанных с ними структур, однако она имеет высокую стоимость [28]. Двумя наиболее часто используемыми методами оценки региональной костной анатомии при планировании оперативного лечения являются панорамная и периапикальная рентгенограммы [29].

Таким образом, проведение дальнейших исследований, направленных на оптимизацию диагностического алгоритма у такой сложной категории пациентов с затрудненным прорезыванием третьих моляров верхней челюсти и мышечно-суставной дисфункцией ВНЧС является достаточно перспективным направлением.

Вывод

Адекватный объем диагностических мероприятий у пациентов с МФБС лица и дисфункцией ВНЧС при затрудненном прорезывании третьих моляров верхней челюсти позволит оптимизировать тактику лечебного ведения и включает в себя МРТ, КЛКТ, миографию и клинический минимум обследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. He H., Liu Z.J. Risk of temporomandibular joint and its management in orthodontic treatment // *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* — 2019. — Vol.54 (12) . — P.808–814.
2. Golanska, P.; Saczuk, K.; Domarecka, M.; Kuć, J.; Lukomska-Szymanska, M. Temporomandibular Myofascial Pain Syndrome — Aetiology and Biopsychosocial Modulation. A Narrative Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18, 7807. <https://doi.org/10.3390/ijerph18157807>.
3. Барулин А.Е., Курушина О.В., Калинин Б.М. Хроническая миофасциальная лицевая боль. *Медицинский алфавит.* 2019;4 (39):10–13. (На рус. языке) [https://doi.org/10.33667/2078-5631-2019-4-39\(414\)-10-13](https://doi.org/10.33667/2078-5631-2019-4-39(414)-10-13)
4. Duarte FCK, West DWD, Linde LD, Hassan S, Kumbhare DA. Re-Examining Myofascial Pain Syndrome: Toward Biomarker Development and Mechanism-Based Diagnostic Criteria. *Curr Rheumatol Rep.* 2021 Jul 8;23 (8):69.
5. Bourgaize, S.; Newton, G.; Kumbhare, D.; Srbely, J. A comparison of the clinical manifestation and pathophysiology of myofascial pain syndrome and fibromyalgia: Implications for differential diagnosis and management. *J. Can. Chiropr. Assoc.* 2018, 62, 26–41.

6. Dommerholt J, Hooks T, Chou LW, Finnegan M. A critical overview of the current myofascial pain literature — November 2018. *J Bodyw Mov Ther.* 2019 Jan;23 (1):65–73.
7. Masuda M, Hayakawa H, Boudreau SA, Iida T, Svensson P, Komiyama O. Standardized palpation of the temporalis muscle evoke referred pain and sensations in individuals without TMD. *Clin Oral Investig.* 2022 Feb;26 (2):1241–1249.
8. Conti PC, Costa YM, Gonçalves DA, Svensson P. Headaches and myofascial temporomandibular disorders: overlapping entities, separate managements? *J Oral Rehabil.* 2016 Sep;43 (9):702–15.
9. Mayoral Del Moral O, Torres Lacomba M, Russell IJ, Sánchez Méndez Ó, Sánchez Sánchez B. Validity and Reliability of Clinical Examination in the Diagnosis of Myofascial Pain Syndrome and Myofascial Trigger Points in Upper Quarter Muscles. *Pain Med.* 2018 Oct 1;19 (10):2039–2050.
10. Бобунов Д.Н. Физикальное обследование пациентов с заболеваниями височно-нижнечелюстного сустава / Д.Н. Бобунов, Е.М. Саморукова, Д.А. Комиссаров [и др.] // Институт стоматологии. — 2017. — № 3. — С. 66–68.
11. Гажва С.И., Марахтанов Н.Б., Елисеева А.А. Причины возникновения дисфункции височно-нижнечелюстного сустава и методы ее диагностики (обзор) // Научный послы высшей школы — реальные достижения практического здравоохранения: Сборник научных трудов, посвященный 30-летию стоматологического факультета Приволжского исследовательского медицинского университета (г. Нижний Новгород). Вып. 1. — Н. Новгород: Изд-во «Ремедиум Приволжье», 2018 — С. 389–397.
12. Rodrigues C.A., Melchior Mde O., Magri L.V. et al. Is the masticatory function changed in patients with temporomandibular disorder? // *Braz. Dent. J.* — 2015. — Vol.26 (2) . — P. 181–185.
13. Дубова Л.В. Особенности использования биофункциональных методов для обследования пациентов с мышечно-суставной дисфункцией (дисковые нарушения) / Л.В. Дубова, А.С. Мельник, А.А. Ступников // Материалы XXII международной конференции челюстно-лицевых хирургов и стоматологов «Новые технологии в стоматологии». — СПб, 2017. — С. 4–5.
14. Хватова В.А. Функциональная диагностика и лечение в стоматологии / Хватова В.А. — М.: Мед. книга, 2019. — 243 с.
15. Новиков В.М. Миофасциальная симптоматика в клинике компрессионно-дислокационной дисфункции височно-нижнечелюстного сустава / В.М. Новиков, П.И. Яценко, О.В. Рыбалов // Украинский стоматологический альманах. — 2017. — № 1. — С. 32–36.
16. Kim S. Assessment of Age-Related Changes on Masticatory Function in a Population with Normal Dentition/ S. Kim, R.M. Doh, L. Yoo [et al.] // *Int J Environ Res Public Health.* — 2021. — Vol. 18 (13) . — P. 6899.
17. Яценко П.И. Биоэлектрическая активность жевательных мышц и её парадоксы у больных мышечно-суставной компрессионно-дислокационной дисфункцией ВНЧС / П.И. Яценко, О.И. Яценко, О.В. Рыбалов, Ю.И. Семененко // Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії, 2018. — Т. 18. — № 2 (62) . — С. 226–230.
18. Яценко О.И. Клинико-рентгенологическая характеристика компрессионно болевого симптома височно-нижнечелюстного сустава / О.И. Яценко, О.В. Рыбалов, О.С. Иваницкая, П.И. Яценко // Вестник проблем биологии и медицины. — 2015. — № 2 (1) . — С. 363–366.
19. Jose G. Temporomandibular Dysfunction and Headache Disorder / G. Jose, Dach Fabiola // *Journal of Oral Pathology and Medicine.* — 2015. — Vol. 55, № 1. — P. 72–83.
20. Jabehdar Maralani P, Schieda N, Hecht EM, Litt H, Hindman N, Heyn C, et al. Mri safety and devices: an update and expert consensus. *J Magn Reson Imaging.* (2020) 51:657–74. doi: 10.1002/jmri.26909
21. Kamel, Z.S.A.S.A., El-Shafey, M.H.R., Hassanien, O.A. et al. Can dynamic magnetic resonance imaging replace static magnetic resonance sequences in evaluation of temporomandibular joint dysfunction?. *Egypt J Radiol Nucl Med* 52, 19 (2021). <https://doi.org/10.1186/s43055-020-00396-8>
22. Almeida, F.T.; Pacheco-Pereira, C.; Flores-Mir, C.; Le, L.H.; Jaremko, J.L.; Major, P.W. Diagnostic ultrasound assessment of temporomandibular joints: A systematic review and meta-analysis. *Dentomaxillofac. Radiol.* 2019, 48, 20180144.
23. Mello Junior, C.F.; Saito, O.D.; Guimarães Filho, H.A. Sonographic evaluation of temporomandibular joint internal disorder. *Radiol. Bras.* 2011, 44, 355–359.
24. Friedman, S.N.; Grushka, M.; Beituni, H.K.; Rehman, M.; Bressler, H.B.; Friedman, L. Advanced Ultrasound Screening for Temporomandibular Joint (TMJ) Internal Derangement. *Radiol. Res. Pract.* 2020, 2020, 1809690.
25. Choi, K. — H.; Kwon, O.S.; Jerng, U.M.; Lee, S.M.; Kim, L. — H.; Jung, J. Development of electromyographic indicators for the diagnosis of temporomandibular disorders: A protocol for an assessor-blinded cross-sectional study. *Integr. Med. Res.* 2017, 6, 97–104.
26. Kotsiubinskaya JV, Mikhailov VA, Mazo GE, Ashnokova IA. Miofasciálny bolevoí syndrom pri disfunkcii visochno-nizhnecheliustnogo sustava [Myofascial pain syndrome in the dysfunction of the temporomandibular joint]. *Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova.* 2019;119 (11):21–26. Russian. doi: 10.17116/jnevro201911911121. PMID: 31851167.
27. Elkhateeb SM, Awad SS. Accuracy of panoramic radiographic predictor signs in the assessment of proximity of impacted third molars with the mandibular canal. *J Taibah Univ Med Sci.* 2018 Mar 24;13 (3):254–261. doi: 10.1016/j.jtumed.2018.02.006.
28. Matzen, L.H., Schropp, L., Spin-Neto, R. & Wenzel, A. Radiographic signs of pathology determining removal of an impacted mandibular third molar assessed in a panoramic image or CBCT. *Dentomaxillofac. Radiol.* 46 (1), 20160330. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20160330> (2017) .
29. Zaki, H.A.M., Hoffman, K.R., Hausmann, E. & Scannapieco, F.A. Is radiologic assessment of alveolar bone crest height useful to monitor periodontal disease activity? *Dent. Clin. N. Am.* 59 (4), 859–872. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2015.06.009> (2015) .

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ЭНДОВАСКУЛЯРНОЙ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИИ ОСТРОЙ ИШЕМИИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ У ПАЦИЕНТОВ С COVID-19 (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

MODERN APPROACHES TO ENDOVASCULAR REVASCLARIZATION OF ACUTE LOWER LIMB ISCHEMIA IN PATIENTS WITH COVID-19 (LITERATURE REVIEW)

**I. Shukurov
Sh. Dzhurakulov
V. Stupin**

Summary. Acute ischemia of the lower extremities is defined as a sudden decrease in perfusion, leading to a threat to the viability of the limb. The prevalence of acute arterial ischemia of the lower extremities continues to increase, and this disease occupies one of the leading positions among the causes of disability and mortality of the adult population. Acute arterial ischemia is a fairly common pathology and is considered as an independent disease or as a complication of other pathological conditions, including COVID-19. The new coronavirus infection (COVID-19) increases the frequency of possible thrombotic complications, plays a significant role in the development of cardiovascular diseases. To date, the issues of diagnosis and methods of surgical treatment of acute arterial ischemia remain one of the most pressing problems in modern vascular surgery. The literature review presents modern approaches and applications of endovascular methods of treatment for acute lower limb ischemia in patients infected with COVID-19.

Keywords: acute lower limb ischemia, coronavirus infection (COVID-19), endovascular treatment, catheter thromboaspiration.

Шукуров Иномжон Хайрулло Угли

Аспирант, врач сердечно-сосудистый хирург, ГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова», Минздрава России
krepteks@mail.ru

Джуракулов Шухрат Рахманович

Д.м.н., врач рентгенэндоваскулярный хирург, РЭДиЛ ГКБ № 15 им. О.М. Филатова, ДЗМ. ГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова», Минздрава России
dzhurakulov.1982@mail.ru

Ступин Виктор Александрович

Д.м.н., профессор, ГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова», Минздрава России
stvictor@bk.ru

Аннотация. Острая ишемия нижних конечностей (ОИНК) — определяется как внезапное снижение перфузии, приводящее к угрозе жизнеспособности конечности. Распространенность острой артериальной ишемии нижних конечностей продолжает увеличиваться, и это заболевание занимает одну из лидирующих позиций среди причин инвалидизации и смертности взрослого населения. Острая артериальная ишемия является довольно распространенной патологией и рассматривается как самостоятельное заболевание или как осложнение других патологических состояний в том числе COVID-19. Новая коронавирусная инфекция (COVID-19) увеличивает частоту возможных тромботических осложнений, играет значительную роль в развитии сердечно-сосудистых заболеваниях. На сегодняшний день вопросы диагностики и методов хирургического лечения острой артериальной ишемии, остаются одними из наиболее актуальных проблем в современной сосудистой хирургии. Обзор литературы представлен современные подходы и применения эндоваскулярных методов лечения при острой ишемии нижних конечностей у больных инфицированных COVID-19.

Ключевые слова: острая ишемия нижних конечностей, коронавирусная инфекция (COVID-19), эндоваскулярное лечение, катетерная тромбаспирация.

Введение

Распространенность острой ишемии нижних конечностей (ОИНК) приблизительно составляет 1:6000. Оперативная вмешательства по поводу ОИНК достигает 10–16% [1]. Самое крупное эпидемиологическое исследование, касающееся ОИНК, было проведено Korabathina R. с соавт. [2]. Авторы установили, что в период с 1988 по 1997 гг. в клиниках Соединенных Штатов Америки было свыше 1 миллиона обращений по поводу острой ишемии нижних конечностей, а в последующее десятилетие число подобных обращений сократилось почти до 670 000, т.е. частота артериальных тромбозов или эмболий нижних конечностей в периоды с 1988 по 1997 гг. и с 1998 по 2007 гг. снизилась с 42,3 на 100 000 пациенто-лет до 23,3 на 100 000 пациенто-лет. В соответствии с этим снизился и уровень внутрибольничной летальности — с 8,3% до 6,3%. За последние два года новой коронавирусной инфекцией (COVID-19) во всем мире переболело свыше 500 миллионов человек и более 6 миллионов из них скончались, при этом только в Российской Федерации за всё время пандемии заразилось свыше 18 миллионов и умерло более трети миллиона человек [3, 4, 5]. В частности, острая непроходимость артерий нижних конечностей у пациентов с COVID-19 по данным ряда авторов возрастает в 5–7 раз и может достигать 12–15% [6,7,8]. По данным зарубежных авторов, частота артериальных тромбозов нижних конечностей составляет от 0,4 до 11% от общего числа пациентов с COVID-19 [9]. Риск летального исхода при формировании данного осложнения, по данным источников мировой литературы возрастает в три раза, по сравнению с группой пациентов с COVID-19 не осложнённых тромбозами нижних конечностей [10]. Несмотря на использования всего арсенала хирургических методов лечения смертность среди пациентов с ОИНК, как в целом, так и на фоне COVID-19 остается очень высокой. В исследовании Bellosta R. и соавт. [7], летальность у пациентов с острой ишемией нижних конечностей, развившейся на фоне COVID-19, составила 40%, а среди основных причин послеоперационной летальности были острая почечная недостаточность, полиорганная недостаточность и острый респираторный дистресс-синдром. Среди методов открытой сосудистой хирургии при лечении острой ишемии артерий нижних конечностей следует упомянуть тромбэктомию, которая в исследовании SánchezJB и соавт. [11] была выполнена у 76% COVID-19-инфицированных пациентов с ОИНК стадии IIB по классификации Rutherford. При этом у каждого пятого пациента в этом исследовании тромбэктомия дополнялась фасциотомией. Чаще всего тромбэктомия выполняется при тромботическом поражении проксимального отдела артериального русла нижних конечностей, включая аорто-подвздошно-бедренный сег-

мент, т.е. когда имеется высокая тромботическая нагрузка. Принципиально существует два основных подхода к лечению пациентов с острой ишемией нижних конечностей: терапевтический и хирургический, в составе последнего отдельно выделяется эндоваскулярный метод. Комбинация последних двух методов лежит в основе так называемой «гибридной методики» [7,12]. Эндоваскулярная реваскуляризация является методом выбора лечения пациентов с острым тромбозом артерий нижних конечностей, особенно у пациентов с выраженной сопутствующей патологией, и в частности — при тяжелом течении коронавирусной инфекции [13,14]. Эндоваскулярные методы реваскуляризации при остром тромбозе нижних конечностей не менее эффективны, чем методы открытой сосудистой хирургии или гибридный подход. В недавно проведенном многоцентровом ретроспективном исследовании по изучению результатов лечения 1480 пациентов с ОИНК, у которых выполнялось открытое хирургическое, эндоваскулярное или гибридное вмешательство, было продемонстрировано, что эндоваскулярная реваскуляризация сопровождалась меньшей частотой ампутаций в сравнении с группами открытого хирургического и гибридного лечения. Хотя надо сказать, что никаких различий по частоте повторных вмешательств или смертности между группами не наблюдалось [15]. К эндоваскулярным вмешательствам относятся катетерный (регионарный) тромболизис (включая ультразвуковой тромболизис) и эндоваскулярные методы тромбэктомии: катетерная (мануальная) тромбаспирация, реолитическая, ротационная, аспирационная тромбэктомия и фармакомеханический тромболизис [16]. К преимуществам эндоваскулярных методик относят минимальную инвазивность и травматичность с низким операционным риском, отсутствие необходимости в проведении общей анестезии, возможность непосредственного выявления целевого поражения артерии после удаления тромба и одномоментная его коррекция с целью улучшения кровотока и достижения лучших результатов, отсутствие повреждения эндотелия, возможность восстановления кровотока в коллатеральных сосудах и артериях малого калибра (в дистальных отделах артериального русла) [16]. Итак, что касается катетерного тромболизиса, то согласно клиническим рекомендациям Американской коллегии кардиологов и Американской ассоциации по изучению заболеваний сердца по лечению пациентов с заболеваниями артерий нижних конечностей [17], у лиц с ОИНК с жизнеспособной конечностью катетерный (регионарный) тромболизис является эффективным методом лечения (класс и уровень доказательности — IA), а методы катетерной/механической тромбэктомии могут использоваться в качестве вспомогательных при проведении тромболизиса (класс и уровень доказательности — IIA). При этом согласно

этим клиническим рекомендациям реваскуляризирующая процедура должна выполняться в течение первых 6–24 часов при I степени ишемии по Rutherford и в течение 6 часов при IIA и IIB степени ишемии по Rutherford. В клинических рекомендациях по лечению острой ишемии конечностей Европейского общества сосудистых хирургов [18] сказано, что у пациентов с острой ишемией конечности IIA степени по классификации Rutherford катетерный тромболитический тромболитический препарат может быть альтернативой открытой операции (класс и уровень доказательности — IA), а у пациентов с острой ишемией конечности IIB степени по классификации Rutherford проведение катетерного тромболитического препарата может рассматриваться, если его можно быстро провести, и можно комбинировать с катетерной тромбаспирацией или механической тромбэктомией (класс и уровень доказательности — IIB). Принцип метода катетерного тромболитического препарата, как понятно из его названия, заключается в селективном введении тромболитического препарата в тромботически окклюзированный сегмент артерии. Специальный инфузионный катетер или обычный диагностический катетер с боковыми отверстиями («sideholes») заводятся интраартериально и устанавливаются внутри тромботических масс или в непосредственной близости к ним. Через отверстия инфузионного катетера в заданном режиме и с определенной скоростью вводится тромболитический препарат. Стоит сказать несколько слов об этих препаратах. По сути, они являются активаторами плазминогена, превращая его в плазмин. Последний разрушает фибрин и фибриноген с образованием продуктов его деградации [16]. На настоящий момент существует три поколения тканевых активаторов плазминогена. К препаратам первого поколения относится альтеплаза, в качестве примера препаратов второго поколения можно привести ретеплазу, а третьего поколения — тенектеплазу [19]. Во многих исследованиях с участием пациентов с острой ишемией нижних конечностей было показано, что результаты катетерного тромболитического препарата и открытых хирургических вмешательств сопоставимы, т.е. катетерный тромболитический препарат не менее эффективен, чем открытая тромбэктомия [20, 21]. Ebben H.P. с соавт. [22] провели систематический обзор имеющихся данных и показали, что катетерный тромболитический препарат может использоваться даже у пациентов с тяжелой степенью ишемии (степень IIB по классификации Rutherford), и результаты, достигаемые при этом, ничуть не хуже тех, которые были получены у пациентов с более легкой степенью ишемии. В ходе ретроспективных исследований были получены схожие результаты [23, 24, 25]. Авторы сделали вывод, что при более тяжелой ишемии дозу тромболитика можно увеличить или же комбинировать тромболитическую терапию с какой-либо другой эндоваскулярной методикой. Частота технического успеха катетерного тромболитического препарата достаточно высока

и по данным ряда авторов достигает 80%–90% [26, 27]. Тромболитический препарат может применяться как при тромбозе нативных артерий, так и шунтов и стентов, а также при тромбоэмболии [28, 29]. Частота отсутствия больших ампутаций в течение первых 30 дней после тромболитического препарата составляет 84%, а к концу первого года — 75% [23]. Основным осложнением тромболитического препарата является массивное кровотечение, требующее прекращения проведения тромболитической терапии. Частота таких кровотечений может достигать 30% [27]. Кроме того, существует и небольшой риск внутримозговых кровоизлияний, он хоть и не высок (0,4%–2,3%), но обычно такие кровоизлияния носят летальный характер [30]. Другими грозными осложнениями тромболитического препарата являются дистальная эмболия, наблюдающаяся у 5–10% пациентов [19], компартмент-синдром, встречающийся также в 5–10% случаев и острая почечная недостаточность, развивающаяся у 0–2% пациентов [31]. Кроме того, также следует упомянуть и об относительно новой методике тромболитического препарата, которую стали лишь недавно применять для лечения пациентов с острым тромбозом артерий нижних конечностей, — ультразвуковом тромболитическом препарате. Принцип метода основан на способности высокочастотного ультразвука низкой интенсивности ускорять ферментативный лизис тромба, ослабляя связи между фибриновыми нитями, тем самым, увеличивая проницаемость тромба, высвобождая большее количество рецепторов плазминогена для связывания. При ультразвуковом тромболитическом препарате акустическая кавитация (образование и схлопывание микроскопических полостей внутри тромба), но механической фрагментации тромба не происходит в отличие от фармакомеханического тромболитического препарата, поэтому вероятность дистальной эмболизации при ультразвуковом тромболитическом препарате крайне низка [32]. Однако, данные, сравнивающие эффективность и безопасность применения данной системы с другими эндоваскулярными методиками тромбаспирации и обычным катетерным тромболитическим препаратом противоречивы, и необходимо дальнейшее накопление опыта использования данной методики, в том числе проведение крупных рандомизированных клинических исследований (пока что класс и уровень доказательства для применения ультразвукового тромболитического препарата — IIB) [33, 34]. К другим эндоваскулярным методам реваскуляризации при ОИМК относятся катетерная тромбаспирация, механическая аспирация: реолитическая, ротационная, аспирационная тромбэктомия и фармакомеханический тромболитический препарат, а также баллонная ангиопластика и стентирование, в том числе с использованием стент-графтов [35]. Частота технического успеха при использовании этих методов высока (75%–90%), а в сочетании с тромболитическим препаратом достигает 95%–100% [35]. Преимуществом данных методов является возможность удаления достаточно большого объема тромботических масс и быстрое вос-

становление кровотока в ишемизированной конечности [36]. Развитие данных методик было продиктовано необходимостью снизить дозу и уменьшить время инфузии тромболитического препарата или же вовсе обойтись без него, сократить время ишемии конечности, ускорив тем самым время наступления ревазуляризации, уменьшить количество геморрагических осложнений, характерных для тромболитической терапии, в том числе внутричерепных кровоизлияний [16]. Кроме того, данные методики позволяют охватить больше групп пациентов, а именно лиц со степенью ишемии IIB по Rutherford и с высоким риском геморрагических осложнений или противопоказаниями к тромболитическому лечению. Основным наиболее простым и доступным эндоваскулярным методом ревазуляризации нижних конечностей является катетерная тромбаспирация. Она проводится с использованием широкопросветного гайд-катетера и обычного шприца объемом 50 мл, с помощью которого создается отрицательное давление, необходимое для аспирации тромба из просвета артерии. Это методика относительно проста, не требует большого количества эндоваскулярного инструментария и экономически малозатратна. Впервые об использовании обычных широкопросветных гайд-катетеров для удаления тромбов из просвета артерий нижних конечностей было сообщено еще в 1992 году [37]. Кроме обычных широкопросветных гайд-катетеров на рынке существует и несколько специальных аспирационных катетеров (например, Eliminate (Terumo, Япония), Sofia (Microvention, Terumo, США), ACE 68 (PenumbraSystem®, Alameda, CA, США)). Существенным недостатком применения данного метода является небольшая его эффективность при несоответствии внутренних размеров катетера и артерии, в результате чего не происходит полного удаления тромботических масс, что особенно часто наблюдается в артериях крупного диаметра, например, в бедренной артерии [38]. Поэтому катетерная тромбаспирация наиболее эффективна при использовании катетеров, соответствующих диаметру артерии (чаще всего это катетеры диаметром 6–8 Fr, и широко применяется при тромбозах артерий ниже уровня коленного сустава [39]). Катетерная аспирация может дополняться другими эндоваскулярными методами (катетерным тромболитическим, ангиопластикой отдельно или в сочетании со стентированием). Так, в одном из исследований комбинированное применение катетерной тромбаспирации и тромболитического лечения привело к снижению числа ампутаций за 6 месяцев более чем на 10% [40]. Катетерная тромбаспирация может успешно применяться после неэффективного тромболитического лечения [41,42], или же использоваться в качестве метода первой линии, устраняя тем самым необходимость в проведении катетерного тромболитического лечения, что существенно сокращает период ишемии в конечности и увеличивает вероятность ее восстановления [38]. Примером одной из наи-

более популярных автоматических систем для аспирационной тромбэктомии из артерий нижних конечностей является Penumbra (PenumbraIndigo®, Alameda, CA, США) [43,38,44]. Система состоит из насоса, создающего отрицательное давление, катетера и проводника-сепаратора, находящегося на кончике катетера и предназначенного для фрагментации тромба с целью предотвращения окклюзии катетера крупным тромбом. Особенностью катетера является максимально возможный его внутренний просвет при минимально допустимом внешнем диаметре [45,43]. Следует обратить внимание, что при применении данного устройства случаи дистальной эмболии практически отсутствуют, что свидетельствует о высокой безопасности данного метода [43]. Существенным недостатком использования данной системы является ее стоимость. В своей работе Adams G.L. и соавт. показали, что технический успех применения системы PenumbraIndigo® достигает 96,3%, а полная ревазуляризация наступает в 76,5% случаев. Осложнений, связанных с этим устройством, не наблюдалось [45]. Еще одним эндоваскулярным методом лечения острой ишемии нижних конечностей является механическая тромбэктомия. Существует ряд устройств для тромбэктомии, классифицируемых по механизму их действия. Устройство для реолитической (гидродинамической) тромбэктомии AngioJet® (AngioJetPeripheralThrombectomySystem; BostonScientific, MA, США) позволяет быстро достичь хороших результатов, но основным фактором, лимитирующим его использование, является невозможность применения данного катетера в артериях небольшого калибра, а также высокий риск гемолитического шока, гиперкалиемии, гемоглобинурии и повреждения почек и сосудистой стенки [46]. Принцип метода заключается в использовании гидродинамических потоков жидкости для удаления тромботических масс из просвета кровеносного сосуда (эффект Вентури/принцип Бернулли) [47]. В настоящее время устройство AngioJet® чаще применяется для фармакомеханического тромболитического лечения, когда наряду с гидродинамической фрагментацией тромба и последующей аспирацией его фрагментов происходит введение тромболитического препарата внутрь тромба. При этом реперфузия достигается существенно быстрее [48]. Примером другой системы, предназначенной для механической ротационной тромбэктомии, является устройство Rotarex® (StraubMedicalAG, Vilters-Wangs, Швейцария). На конце специального катетера, использующегося с этой системой, находятся цилиндры, фрагментирующий тромб, а внутри катетера находится металлическая спираль по типу архимедова винта, вращающаяся со скоростью около 40 000 об/мин. Создаваемый внутри катетера при этом вакуум засасывает фрагментированные тромботические массы [49]. Использование данной системы также сопряжено с высокой частотой технического успеха,

даже в случае достаточно организованных тромбов (подострого тромбоза), что может снизить необходимость в проведении катетерного тромболизиса, но Rotarex® также нельзя применять в артериях небольшого диаметра, т.е., как правило, ниже уровня коленного сустава, так как высок риск перфорации [50]. Необходимо подчеркнуть, что при применении любых устройств для механической тромбэктомии может возникнуть такое грозное осложнение как дистальная эмболия артериального русла. Изначально эти устройства разрабатывались для лечения тромбоза глубоких вен, где дистальная эмболия приводит к менее тяжелым последствиям [18]. Сравнение по данному показателю всех вышеперечисленных механических устройств для эндоваскулярной реваскуляризации говорит в пользу применения катетерной тромбоаспирации, которая наиболее эффективна с экономической точки зрения [18]. Примером комбинированного применения эндоваскулярных методов реваскуляризации служит фармакомеханический тромболизис, объединяющий в себя тромболитическое и механическое воздействие на тромб (ранее упоминавшаяся система AngioJet и устройство Trellis, Covidien LLC, Medtronic, США). Принцип работы периферической инфузионной системы Trellis заключается в отграничении тромбированного участка артерии путем раздувания двух баллонов, расположенных на некотором расстоянии друг от друга (10–30 см) и находящихся на дистальном конце

артериального катетера (это позволяет профилактировать дистальную эмболию). Тромб фрагментируется за счет высокочастотных колебаний нитинолового проводника (500–3000 колебаний в минуту), при этом в пространство, отграниченное двумя раздутыми баллонами, через порт в проксимальной части катетера поступает тромболитический препарат [51]. По данным этих авторов технический успех при применении данной методики достигается в 92% случаев. Однако, опыт использования данного метода все еще небольшой, что не позволяет сделать убедительные выводы о его эффективности и безопасности. Кроме того, данное устройство не разрешено к применению на территории Российской Федерации.

Таким образом, проблема поиска новых и совершенствование уже существующих подходов к лечению острой артериальной непроходимости нижних конечностей у пациентов с тяжелым течением COVID-19 остается актуальной и на сегодняшний день. Кроме того, небезинтересным было бы изучение клинических и клинико-лабораторных характеристик у таких больных. И, если вопросам лечения острого тромбоза бедренно-подколенного сегмента у больных с COVID-19 посвящено достаточно большое количество публикаций [7,18,51], то проблема острого тромбоза на уровне голеностопного сегмента в мировой литературе практически не освещена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Снявин Г.В., Винокуров И.А., Мнацаканян Г.В., Белов Ю.В. Эпидемиология и патогенез острой ишемии нижних конечностей. Обзор. Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2019; 12 (4):291–295.
2. Korabathina R, Weintraub AR, Price LL, Kapur NK, Kimmelstiel CD, Iafrati MD, et al. Twenty-year analysis of trends in the incidence and in-hospital mortality for lower-extremity arterial thromboembolism. *Circulation* 2013;128:115–21.
3. Björck M, Earnshaw JJ, Acosta S, Bastos Gonçalves F, Cochenec F, Debus ES, et al. European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2020 Clinical Practice Guidelines on the Management of Acute Limb Ischaemia. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2020; 59:173–218.
4. Grip O, Wanhainen A, Acosta S, Björck M. Long-term outcome after thrombolysis for acute lower limb ischaemia. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2017;53:853–61.
5. Joly BS, Siguret V, Veyradier A. Understanding pathophysiology of hemostasis disorders in critically ill patients with COVID-19. *Intensive Care Med* 2020;46:1603–6.
6. Baccellieri D, Bilman V, Apruzzi L, Monaco F, D'Angelo A, Loschi D, et al. A case of COVID-19 patient with acute limb ischemia and heparin resistance. *Ann Vasc Surg* 2020;68–88.
7. Bellosta R, Luzzani L, Natalini G, Pegorer MA, Attisani L, Cossu LG, et al. Acute limb ischemia in patients with COVID-19 pneumonia. *J Vasc Surg.* 2020;72 (6):1864–72.
8. Jongkind V, Earnshaw JJ, Bastos GF, Cochenec F, Debus ES, Hincliffe R. et al. Update of the European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2020 clinical practice guidelines on the management of acute limb ischaemia in light of the COVID-19 pandemic, based on a scoping review of the literature. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2022;63:80–89.
9. Неъматзода О, Гаибов АД, Калмыков ЕЛ, Баратов АК. COVID-19-ассоциированный артериальный тромбоз Вестник Авиценны. 2021;23 (1):85–94.
10. Fournier M, Faille D, Dossier A, Mageau A, Nicaise Roland P, Ajzenberg N, et al. Arterial thrombotic events in adult inpatients with COVID-19. *Mayo.*
11. Ilonzo N, Rao A, Safir S, R, et al. Acute limb ischemia in a Peruvian cohort infected by COVID-19. *Ann Vasc Surg* 2021;72:196–204.
12. Ilonzo N, Rao A, Safir S, et al. Acute thrombotic manifestations of coronavirus disease 2019 infection: experience at a large New York City health care system. *J Vasc Surg* 2021;73:789–96.
13. Joly BS, Siguret V, Veyradier A. Understanding pathophysiology of hemostasis disorders in critically ill patients with COVID-19. *Intensive Care Med* 2020;46:1603–6.
14. Ouriel K, Veith FJ, Sasahara AA. A comparison of recombinant urokinase with vascular surgery as initial treatment for acute arterial occlusion of the legs. Thrombolysis or Peripheral Arterial Surgery (TOPAS) Investigators. *N Engl J Med* 1998;338: 1105–11.

15. Davis FM, Albright J, Gallagher KA, Gurm HS, Koenig GC, Schreiber T, et al. Early outcomes following endovascular, open surgical, and hybrid revascularization for lower extremity acute limb ischemia. *Ann Vasc Surg* 2018;51:106–12.
16. Кутько Е.А. Сравнительный анализ эндоваскулярных методов лечения острой ишемии нижней конечности // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2019. Т. 27, № 2. С. 258–273.
17. Gerhard-Herman M.D., Gornik H.L., Barrett C., Barshes N.R., Corriere M.A., Drachman D.E., Fleisher L.A., Fowkes F.G.R., Hamburg N.M., Kinlay S., et al. 2016 AHA/ACC Guideline on the Management of Patients with Lower Extremity Peripheral Artery Disease: Executive Summary A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2017;135: E686–E725.
18. Björck M, Earnshaw JJ, Acosta S, Bastos Gonçalves F, Cochennec F, Debus ES, et al. European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2020 Clinical Practice Guidelines on the Management of Acute Limb Ischaemia. *EurJVascEndovascSurg* 2020; 59:173–218.
19. Patel N.H., Krishnamurthy V.N., Kim S., et al. Quality improvement guidelines for percutaneous management of acute lower-extremity ischemia // *Journal of Vascular and Interventional Radiology*. 2013. Vol. 24, № 1. P. 3–15.
20. Comerota AJ, Weaver FA, Hosking JD, Froehlich J, Folander H, Sussman B, et al. Results of a prospective, randomized trial of surgery versus thrombolysis for occluded lower extremity bypass grafts. *Am J Surg* 1996;172:105–12.
21. Ouriel K, Veith FJ. Acute lower limb ischemia: determinants of outcome. *Surgery* 1998;124:336–41.
22. Ebben HP, Jongkind V, Wisselink W, Hoksbergen AWJ, Yeung KK. Catheter directed thrombolysis protocols for peripheral arterial occlusions: a systematic review. *Eur J VascEndovascSurg* 2019;57:667–75.
23. Kashyap VS, Gilani R, Bena JF, Bannazadeh M, Sarac TP. Endovascular therapy for acute limb ischemia. *J Vasc Surg* 2011;53:340–6.
24. Taha AG, Byrne RM, Avgerinos ED, Marone LK, Makaroun MS, Chaer RA. Comparative effectiveness of endovascular versus surgical revascularization for acute lower extremity ischemia. *J Vasc Surg* 2015;61:147–54.
25. Vakhitov D, Suominen V, Korhonen J, Oksala N, Salenius JP. Independent factors predicting early lower limb intra-arterial thrombolysis failure. *Ann Vasc Surg* 2014;28:164–9.
26. Acosta S, Kuoppala M. Update on intra-arterial thrombolysis in patients with lower limb ischemia. *J Cardiovasc Surg* 2015;56: 317–24.
27. Grip O, Kuoppala M, Acosta S, Wanhainen A, Akeson J, Björck M. Outcome and complications after intra-arterial thrombolysis for lower limb ischaemia with or without continuous heparin infusion. *Br J Surg* 2014;101:1105–12.
28. Grip O, Wanhainen A, Michaelsson K, Lindhagen L, Björck M. Open or endovascular revascularization in the treatment of acute lower limb ischaemia. *Br J Surg* 2018;105:1598–606.
29. Grip O, Wanhainen A, Acosta S, Björck M. Long-term outcome after thrombolysis for acute lower limb ischaemia. *Eur J VascEndovasc Surg* 2017;53:853–61.
30. Braithwaite BD, Buckenham TM, Galland RB, Heather BP, Earnshaw JJ. Prospective randomized trial of high-dose bolus versus low-dose tissue plasminogen activator infusion in the management of acute limb ischaemia. Thrombolysis Study Group. *Br J Surg* 1997;84:646–50.
31. Казаков Ю.И., Казаков А.Ю., Нефедов В.И., Герасин А.Ю., Докшонов Г.Р., Керимханов Р.О., Страхов М.А. Хирургическая тактика ведения пациентов с острой артериальной ишемией нижних конечностей на фоне атеросклеротического поражения артерий // Наука молодых (EruditioJuvanium). 2019. Т. 7, № 1. С. 86–92.
32. Doornik D.E., Schrijver A.M., Zeebregts C.J., et al. Advancements in Catheter-Directed Ultrasound Accelerated Thrombolysis // *Journal of Endovascular Therapy*. 2011. Vol. 18, № 3. P. 418–434.
33. Motarjeme A. Ultrasound-enhanced thrombolysis. *J EndovascTher* 2007;14:251–6.
34. Wissgott C, Richter A, Kamusella P, Steinkamp HJ. Treatment of critical limb ischemia using ultrasound-enhanced thrombolysis (PARES Trial): final results. *J EndovascTher* 2007;14:438–43.
35. Kasirajan K, Gray B, Beavers FP, Clair HJ. Adjunctive techniques in percutaneous mechanical thrombectomy. *Tech VascIntervRadiol* 2003;6:6–13.
36. Kasirajan K, Gray B, Beavers FP, Clair DG, Greenberg R, Mascha E, et al. Rheolytic thrombectomy in the management of acute and subacute limb-threatening ischemia. *J VascIntervRadiol* 2001;12:413–21.
37. Wagner HJ, Starck EE. Acute embolic occlusions of the infrainguinal arteries: percutaneous aspiration embolectomy in 102 patients. *Radiology* 1992;182:403–7.
38. Kwok CHR, Fleming S, Chan KKC, Tibballs J, Samuelson S, Ferguson J, et al. Aspiration thrombectomy versus conventional catheter-directed thrombolysis as first-line treatment for noniatrogenic acute lower limb ischemia. *J VascIntervRadiol* 2018;29:607–13.
39. Katsargyris A, Ritter W, Pedraza M, Moehner B, Bruck M, Verhoeven EL. Percutaneous endovascular thrombosuction for acute lower limb ischemia: a 5-year single center experience. *J Cardiovasc Surg* 2015;56:375–81.
40. Bellosta R, Luzzani L, Natalini G, Pegorer MA, Attisani L, Cossu LG, et al. Acute limb ischemia in patients with COVID-19 pneumonia. *J Vasc Surg*. 2020;72(6):1864–72.
41. Cleveland TJ, Cumberland DC, Gaines PA. Percutaneous aspiration thromboembolectomy to manage the embolic complications of angioplasty and as an adjunct to thrombolysis. *ClinRadiol* 1994; 49:549–52.
42. Saxon RR, Benenati JF, Teigen C, Adams GL, Sewall LE. Utility of a power aspiration-based extraction technique as an initial and secondary approach in the treatment of peripheral arterial thromboembolism: results of the multicenter PRISM trial. *J VascIntervRadiol* 2018;29:92–100.
43. Baumann F., Sharpe E. III, Pena C., et al. Technical results of vacuum-assisted thrombectomy for arterial clot removal in patients with acute limb ischemia // *Journal of Vascular and Interventional Radiology*. 2016. Vol. 27. P. 330–335.
44. Yamada R, Adams J, Guimaraes M, Schonholz C. Advantages to Indigo mechanical thrombectomy for ALL: device and technique. *J Cardiovasc Surg* 2015;56:393–400.

45. Adams G.L. Final results of the PRISM trial for novel aspiration thrombectomy in treatment of peripheral and visceral arterial occlusions. In: Archive Leipzig Interventional Course. Vol. 26–29. Jan 2016; Leipzig, Germany.
46. Byrne RM, Taha AG, Avgerinos E, Marone LK, Makaroun MS, Chaer RA. Contemporary outcomes of endovascular interventions for acute limb ischemia. *J Vasc Surg* 2014; 59:988–95.
47. Allie D.E., Hebert C.J., Lirtzman M.D., et al. Novel simultaneous combination chemical thrombolysis/rheolytic thrombectomy therapy for acute critical limb ischemia: the power pulse-spray technique // *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2004. Vol. 63, № 4. P. 512–522.
48. Leung D.A., Blitz L.R., Nelson T., et al. RheolyticPharmacomechanical Thrombectomy for the Management of Acute Limb Ischemia: Results From the PEARL Registry // *Journal of Endovascular Therapy*. 2015. Vol. 22, № 4. P. 546–557.
49. Lichtenberg M., Stahlhoff F.W., Boese D. Endovascular treatment of acute limb ischemia and proximal deep vein thrombosis using rotational thrombectomy: a review of published literature // *Cardiovascular Revascularization Medicine*. 2013. Vol. 14, № 6. P. 343–348.
50. Freitas B, Steiner S, Bausback Y, Branzan D, Ulrich M, Braunlich S, et al. Rotarex mechanical debulking in acute and subacute arterial lesions. *Angiology* 2017; 68:233–41.
51. Capuano A, Rossi F, Paolisso G. Covid-19 kills more men than women: an overview of possible reasons. *Front Cardiovasc Med* 2020;7:131.

© Шукуров Иномжон Хайрулло Угли (krepteks@mail.ru),

Джуракулов Шухрат Рахманович (dzhurakulov.1982@mail.ru), Ступин Виктор Александрович (stvictor@bk.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS

Abibullaev A. — Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky", Institute "Medical Academy named after S.I. Georgievsky, Simferopol city
141210141210@mail.ru

Afanasyev A. — Teaching assistant BMSTU
wolfram_zn@mail.ru

Afanasyev A. — Teaching assistant BMSTU
wolfram_zn@mail.ru

Afanasyev G. — Candidate of Technical Sciences, associate professor BMSTU
gaipcs@bmstu.ru

Afanasyev G. — Candidate of Technical Sciences, associate professor BMSTU
gaipcs@bmstu.ru

Ahmedova A. — Assistant, Sumgayit State University, Republic of Azerbaijan, Sumgait
ehmedovaaynur19888@gmail.com

Akimov D. — PhD, MIREA – Russian Technological University, Moscow
akimov_d@mirea.ru

Arbuzov V. — PhD, MIREA – Russian Technological University, Moscow

Atamanov D. — Resident Doctor, Novosibirsk National Research State University
dmi.atamanov@yandex.ru

Balakchina A. — Institute "S.I. Georgievsky Medical Academy", Simferopol
anna.balakchina@mail.ru

Balandina A. — Institute "S.I. Georgievsky Medical Academy", Simferopol
anastasya.nazarova-1@yandex.ru

Balter R. — Candidate of Medical Sciences, Professor, Samara State Medical University, Samara
samaraobsgyn2@yandex.ru

Barabash A. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "N.P. Ogarev National Research Mordovian State University", Saransk
anast.barabash@gmail.com

Barkova A. — Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky, Saratov, Russia
Angelina.Barkova2013@yandex.ru

Barova N. — Candidate of Medical Sciences, Kuban State Medical University, Krasnodar

Barylnik S. — Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky, Saratov, Russia
sbarylnik@yandex.ru

Basurov V. — Candidate of Biological Sciences, Lobachevsky National Research Nizhny Novgorod State University
basurov@mail.ru

Baziev A. — Candidate of Sciences (Medicine), associate professor, Kabardino-Balkarian state University named after H.M. Berbekov, Nalchik
bazaarth76@mail.ru

Belyakova A. — Postgraduate student, Moscow City University (MCU), Moscow
itwhitelight@mail.ru

Berezina Svetlana Liyowna — Ph.D. (Chemistry), Bauman Moscow State Technical University Moscow

Blagovestnaya E. — Institute "S.I. Georgievsky Medical Academy", Simferopol
Katy_katy1718@mail.ru

Bobylev Yu. — FGBOU VO "PGMA named after Academician E.A. Wagner" of the Ministry of Health of Russia, Perm

Bogaevskaya O. — Candidate of Medical Sciences, docent, Peoples Friendship University of Russia
7959369@gmail.com

Bogatynova T. — Yaroslavl State Medical University, Ministry of Health of Russia
tbogatynovavootb@icloud.com

Botashev R. — Associate Professor, Karachay-Cherkess State University named after U.D. Aliyev, Karachayevsk
botashevruslan@mail.ru

Chuenko N. — Post-graduate student, Novosibirsk State Agrarian University; Researcher, Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Rospotrebnadzor
natali26.01.1983@yandex.ru

Davydova O. — Candidate of Medical Sciences, Tver State Medical University

Divinskaya V. — Institute "S.I. Georgievsky Medical Academy", Simferopol

Dolmatov R. — Graduate student, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
d_roman.kst@mail.ru

Dyachkova A. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "N.P. Ogarev National Research Mordovian State University", Saransk
dalim4@mail.ru

Dyachkova E. — "Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State Pediatric Medical University" Ministry of Health of the Russian Federation"
betti-d-01@mail.ru

Dzhurakulov Sh. — Doctor of Medical Sciences, doctor of X-ray endovascular surgeon, RADiL GKB No.15 named after O.M. Filatov, DZM. GBOU VO "Russian National Research Medical Institute named after N.I. Pirogov", Ministry of Health of Russia
dzhurakulov.1982@mail.ru

Egorov V. — Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Plastic Surgery, LLC Medical and Diagnostic Center "AvisMed"
vadime899@mail.ru

Enzel D. — Institute "S.I. Georgievsky Medical Academy", Simferopol
darya.enzel@yandex.ru

Esedova A. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Makhachkala
asiyat_idrisova@bk.ru

Fedorova E. — Applicant, Samara State Medical University, Samara
samaraobsgyn2@yandex.ru

Feyzulaev A. — Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky", Institute "Medical Academy named after S.I. Georgievsky, Simferopol city
Mr.ahtem@yandex.ru

Fischev S. — MD, Professor, "St. Petersburg State Pediatric Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation
super.kant@yandex.ru

Gadzhieva A. — Postgraduate student, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Makhachkala
amina.gadzhieva1989@mail.ru

Gadzhieva U. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Dagestan State Pedagogical University of the Ministry of Education of Russia, Makhachkala
gapisova65@icloud.com

Galstyan S. — PhD, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
samvel.galstyan.2012@mail.ru

Goncharenko E. — Ph.D. (Chemistry), Bauman Moscow State Technical University Moscow
eeg84@mail.ru

Grydyakyn I. — Sechenov First Moscow State Medical University of Russia

Gulicheva A. — MIREA (Russian Technological University)
n-gulicheva@yandex.ru

Guryanova E. — Senior Lecturer, MIREA – Russian Technological University, Moscow

Ibragimova A. — Candidate of Medical Sciences, Samara State Medical University, Samara
a.r.ibragimova@samsmu.ru

Irza Oksana Leontievna—Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky", Institute "Medical Academy named after S.I. Georgievsky, Simferopol city
oksanastomat@yandex.ru

Ivanova T. — Candidate of Medical Sciences, Samara State Medical University, Samara
t.v.ivanova@samsmu.ru

Katkova A. — FGBOU VO "PGMA named after Academician E.A. Wagner" of the Ministry of Health of Russia, Perm

Kazakov E. — Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky", Institute "Medical Academy named after S.I. Georgievsky, Simferopol city
edipkazakov@gmail.com

Khovayko V. — Postgraduate student, Tver State Medical University
vitality_95@bk.ru

Kiselev A. — Pediatric surgeon, head of the department KPO-2 GBUZ DKKB, Krasnodar

Klimov A. — PhD, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
pstom4@zdrav.spb.ru

Konovalov A. — Postgraduate student, Moscow City University (MCU), Moscow
bernadott94@yandex.ru

Koryagin S. — Ph.D., Associate Professor of the Department of Integrated Security-3, Russian University of Technology
dongenealog2003@mail.ru

Koshurnikova E. — FGBOU VO "PGMA named after Academician E.A. Wagner" of the Ministry of Health of Russia, Perm
ekaterina_koshur@mail.ru

Kosyreva T. — Doctor of Medical Sciences, professor, Peoples Friendship University of Russia

Kozlovskaya I. — Candidate of Medical Sciences, obstetrician-gynecologist, State Budgetary Institution of Health of the Yaroslavl Region "Regional Perinatal Center"
kia801980@mail.ru

Kravchenya A. — CM, Saratov SMU n.a. V.I. Razumovsky

Kravchenya D. — Saratov SMU n.a. V.I. Razumovsky

Ksenofontov B. — Dr. Sc. Tech., Bauman Moscow State Technical University Moscow

Kulemin Yu. — Junior Researcher of Kuzbass botanical garden Federal research center of coal and coal chemistry SB RAS, Kemerovo
kulemin_y@mail.ru

Kuprijanov A. — Dr. Sci. (Biol.), professor of Kuzbass botanical garden Federal research center of coal and coal chemistry SB RAS, Kemerovo
kupr-42@yandex.ru

Lazechko M. — Candidate of Medical Sciences, docent, Skobelkin State Scientific Center of Laser Medicine FMBA

Lomovtsev R. — Postgraduate student, Moscow City University (MCU), Moscow
feedback.roman@gmail.com

Lovpache Z. — Candidate of Sciences (Medicine), associate professor, Kabardino-Balkarian state University named after H.M. Berbekov, Nalchik
tanka70@yandex.ru

Ma L. — Undergraduate student BMSTU
malin5050@outlook.com

Mamedov Ferzi Sultanovich — Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Makhachkala
zaynal.zaynalov@mail.ru

Marina E. — FGBOU VO "I.N. Ulyanova Chuvash State University", Cheboksary
mekaterin@bk.ru

Melnikov D. — KF MSTU. N.E. Bauman
melnikov-dv@yandex.ru

Movchan K. — MD, Professor, Medical information and analytical center, Saint Petersburg, Professor of the North-Western state medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg
movchank@miac.zdrav.spb.ru

Narayeva A. — Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky", Institute "Medical Academy named after S.I. Georgievsky, Simferopol city
naraeva.a@bk.ru

Neprelyuk O. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky", Institute "Medical Academy named after S.I. Georgievsky, Simferopol city
Oneprelyuk@mail.ru

Neprelyuk S. — Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky", Institute "Medical Academy named after S.I. Georgievsky, Simferopol city
sneprelyuk@inbox.ru

Nikitina A. — FGBOU VO "I.N. Ulyanova Chuvash State University", Cheboksary
Nastyarb1999@ya.ru

Nizhegorodtsev A. — Candidate of Biological Sciences, Lobachevsky National Research Nizhny Novgorod State University
ecotox@mail.ru

Novikov E. — Doctor of Biological Sciences, Professor, Novosibirsk State Agrarian University
eug_nv@ngs.ru

Ovtina A. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "N.P. Ogarev National Research Mordovian State University", Saransk
nastenikao@yandex.ru

Palyutina E. — Candidate of Medical Sciences, Yaroslavl State Medical University, Ministry of Health of Russia
peyu260562@mail.ru

Panachev A. — Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg
panachev1@mail.ru

Pavlova S. — PhD, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation
svetap_75@mail.ru

Perebora E. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Kuban State Agrarian University, Krasnodar
pereboraelena@mail.ru

Petrovichev M. — KF MSTU. N.E. Bauman
tabblif@yandex.ru

Polidanov M. — Saratov SMU n.a. V.I. Razumovsky
maksim.polidanoff@yandex.ru

Popova D. — Russian University of Technology
pdl13@yandex.ru

Povaliy K. — Methodologist, Medical information and analytical center, Saint Petersburg
movchank@miac.zdrav.spb.ru

Prokopieva A. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "N.P. Ogarev National Research Mordovian State University", Saransk
Prokopjevaanna2000@yandex.ru

Puzdyreva M. — PhD, Assistant, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
seven-spb@yandex.ru

Romashkova O. — Doctor of Engineering, Professor, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), Moscow
ox-rom@yandex.ru

Romashkova O. — Doctor of Engineering, Professor, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), Moscow
ox-rom@yandex.ru

Romashkova O. — Doctor of Engineering, Professor, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), Moscow
ox-rom@yandex.ru

Rozhkova M. — Assistant, "St. Petersburg State Pediatric Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation
rozmaria2010@yandex.ru

Ryabov A. — Applicant, Samara State Medical University, Samara
samaraobs gyn2@yandex.ru

Ryabova M. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "N.P. Ogarev National Research Mordovian State University", Saransk
Riabova8@mail.ru

Rykhlevich A. — Academy of Postgraduate Education of Federal Research and Clinical Center of Specialized Medical Technologies of FMBA of Russia

Saed M. — Postgraduate student, Vladimir State University, Vladimir
Manas.saed@gmail.com

Saradgishvili S. — Candidate of Technical Sciences, docent, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
ssaradg@yandex.ru

Sardaryan G. — Undergraduate, MIREA – Russian Technological University, Moscow

Savchenko O. — PhD, Leading Researcher, Department of Toxicology with Sanitary-Chemical Laboratory, Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Rospotrebnadzor
Savchenko1969@mail.ru

Sereda E. — Institute "S.I. Georgievsky Medical Academy", Simferopol
liza.sereda.98@mail.ru

Sevastyanov A. — MD, Professor, "St. Petersburg State Pediatric Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation
ardy.dkr@mail.ru

Shtorina A. — PhD, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation
kondratyuk.andrey@icloud.com

Shukurov I. — Postgraduate student, cardiovascular surgeon, N.I. Pirogov Russian National Research Medical Institute, Ministry of Health of Russia
krepteks@mail.ru

Shungarov H. — Ph.D., Karachay-Cherkess State University named after U.D. Aliyev, Karachayevsk
hamidsh@rambler.ru

Sidorenko M. — Candidate of Biological Sciences, Lobachevsky National Research Nizhny Novgorod State University
eco_smv@mail.ru

Smirnova A. — FGBOU VO "I.N. Ulyanova Chuvash State University", Cheboksary
anastasiia.smirnova.1999@ya.ru

Sokhov S. — Doctor of Medical Sciences, professor, Moscow State Medical and Dental University named after A.I. Evdokimov

Starchenko V. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Kuban State Medical University, Krasnodar

Startsev A. — PhD, Associate Professor, Ukhta State Technical University, Ukhta
astarcev@ugtu.net

Stryukovsky A. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Kuban State Medical University, Krasnodar

Stupin V. — Doctor of Medical Sciences, N.I. Pirogov Russian National Research Medical Institute, Ministry of Health of Russia
stvictor@bk.ru

Teunikova I. — Department assistant, Kabardino-Balkarian state University named after H.M. Berbekov, Nalchik
teunikova88@mail.ru

Teuvov A. — Candidate of Sciences (Medicine), associate professor, Kabardino-Balkarian state University named after H.M. Berbekov, Nalchik
teuw@mail.ru

Tikhomirova M. — Yaroslavl State Medical University, Ministry of Health of Russia
m.thmrv@mail.ru

Tlakadugova M. — Candidate of Sciences (Medicine), associate professor, Kabardino-Balkarian state University named after H.M. Berbekov, Nalchik
tla-madina@yandex.ru

Toschuk S. — Postgraduate student, Rostov State University of Economics, Rostov-on-Don
toshchuk@yandex.ru

Trifonova T. — Professor, Vladimir State University, Vladimir
kaf_bie@mail.ru

Trushina O. — CM, Saratov SMU n.a. V.I. Razumovsky

Tselkovich L. — Doctor of Medical Sciences, Samara State Medical University, Samara
samaraobsgyn2@yandex.ru

Tsybulya N. — PhD, Researcher, Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (TsSBS SORAN), Novosibirsk
ntsybul@yandex.ru

Tvorogov D. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the North-Western state medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg
tvorogovd@bk.ru

Tyumina O. — Doctor of Medical Sciences, Chief Physician of the Medical Center "Dynasty", Samara
samaraobsgyn2@yandex.ru

Ulyashev A. — Postgraduate Student, Ukhta State Technical University, Ukhta
artem.ulyashev@gmail.com

Vrublevsky N. — KF MSTU. N.E. Bauman
vrublevsky_nf@bmstu.ru

Winterglade O. — FGBOU VO "I.N. Ulyanova Chuvash State University", Cheboksary
olesya.evv@icloud.com

Xia T. — Undergraduate student BMSTU
1820505375@qq.com

Yartsev M. — Candidate of Medical Sciences, Expert, Medical information and analytical center, Saint Petersburg
movchank@miac.zdrav.spb.ru

Yesayan M. — Postgraduate student, Kuban State Medical University, Krasnodar
mishana61@mail.ru

Yunina V. — Senior lecturer, Lobachevsky National Research Nizhny Novgorod State University
ecocenter_nngu@mail.ru

Zaprudnova E. — Associate Professor, Candidate of Biological Sciences, Vladimir State University, Vladimir
eazaprudnova@mail.ru

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 допускаются.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Литература составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные - 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» (e-mail: redaktor@nauteh.ru).