

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№5 2023 (МАЙ)

Учредитель журнала
Общество с ограниченной ответственностью
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Журнал издается с 2011 года.

Редакция:

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

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

Издатель:

Общество с ограниченной ответственностью
«Научные технологии»

Адрес редакции и издателя:
109443, Москва, Волгоградский пр-т, 116-1-10
Тел/факс: 8(495) 142-8681

E-mail: redaktor@nauteh.ru
<http://www.nauteh-journal.ru>

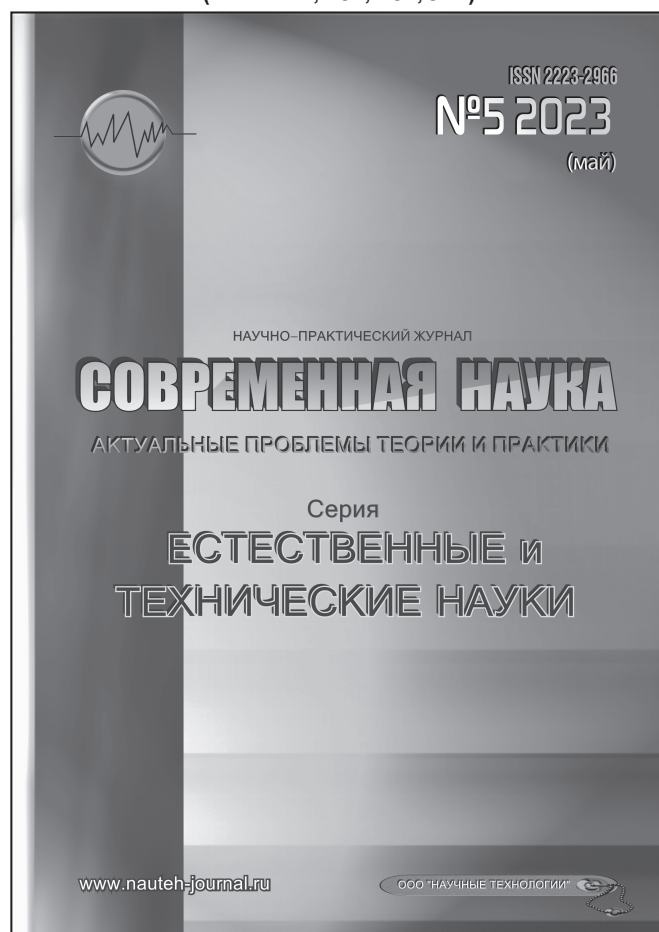
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(ВАК - 1.1.2, 1.5.x, 2.3.x, 3.1.x)



В НОМЕРЕ:

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

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

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

Журнал отпечатан в типографии
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296
Подписано в печать 25.05.2023 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., доцент, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Общая биология

- Аксёнова М.В.** — Реакция *Lemna minor* Linne на действие нефтезагрязненных озерных грунтов
Aksenova M. — Reaction of *Lemna minor* Linne to the action of oil-contaminated lake soils7
- Бебякова Н.А., Левицкий С.Н., Шабалина И.А., Жиборт Е.Л., Никонова Ю.М.** — Участие полиморфизма rs 6842241 гена рецептора эндотелина-1 А-типа (EDNRA) в изменении функционирования сердечно-сосудистой системы у жителей Европейского Севера
Bebyakova N., Levitsky S., Shabalina I., Zhibort E., Nikonova Yu. — Involvement of endothelin-1 A-type receptor (EDNRA) gene polymorphism rs 6842241 in changes in cardiovascular system functioning in European North residents16
- Далгатова А.А., Акаева Х.С., Далгатова М.А., Батырханова А.Б., Пирисмаилов А.И., Давыдова А.М.** — Полиморфизм мтДНК и его роль в адаптации к условиям среды и в предрасположенности к заболеваниям
Dalgatova A., Akaeva Kh., Dalgatova M., Bатыrkhanova A., Pirismailov A., Davydova A. — mtDNA polymorphism and its role in adaptation to environmental conditions and predisposition to diseases21
- Далгатова А.А., Алибекова С.Н., Абдулбекова Т.Р., Мамедова Л.Т., Ганиева А.И., Мамеджафарова А.Х.** — Сравнение эффективности лечения длительной бессонницы снотворными средствами 2-го и 3-го поколения: агонистами бензодиазепиновых рецепторов
Dalgatova A., Alibekova S., Abdulbekova T., Mamedova L., Ganieva A., Mamedzhafarova A. — Comparison of treatment effectiveness prolonged insomnia sleeping pills 2nd and 3rd generation agents: benzodiazepine receptor agonists26
- Ковалева И.А., Иванцова Н.В.** — Эффективность биофунгицидных бактериальных препаратов для растений
Kovalyova I., Ivancova N. — Effectiveness of biofungicidal bacterial preparations for plants29
- Королев В.А., Медведева О.А., Ряднова В.А., Королев Е.В., Бабаева М.А.** — Влияние тирама на количественную представительность бифидо- и лактобактерий и коррекция дисбиоза
Korolev V., Medvedeva O., Riadnova V., Korolev E., Babaeva M. — Thiram influence on the quantitative representation of bifido- and lactobacteria and correction of dysbiosis33
- Магомедов А.М., Мусинова Э.М., Аскерова Я.Н., Ремиханов И.А., Тагиров Р.Р.** — Влияние строительства Гочатлинской ГЭС на отдельные компоненты экосистем внутреннегорного Дагестана
Magomedov A., Musinova E., Askerova Ya., Remikhanov I., Tagirov R. — The impact of the construction of the Gotsatli HPP on individual components of the ecosystems of inland Dagestan38
- Малкова А.В., Иркитова А.Н., Садовников Г.Г.** — Совместимость нового бактериального препарата для защиты и стимуляции роста растений с химическими пестицидами
Malkova A., Irkitova A., Sadovnikov G. — Compatibility of a new bacterial preparation for protecting and stimulating plant growth with chemical pesticides42
- Цыренова Д.Ю.** — Флористические особенности отдельных растений пойменных водоемов Нижнего Приамурья
Tsyrenova D. — Floristic features of riverbank plants of floodplain water bodies of the Lower Amur region45

Информатика и вычислительная техника и управление

- Алейников Д.П.** — Определение характеристик транспортного потока на основе данных, зарегистрированных средствами фото и видеофиксации административных правонарушений

<i>Aleynikov D.</i> — Identification of traffic flow characteristics based on data recorded by means of photo and video recording of administrative offenses.....48	Макеева О.В., Красников С.А., Николаева С.В. — Анализ методов и средств обработки векторных массивов данных в нейроструктурах
Астахов М.И., Петрова К.И., Калинин И.В., Огурцова К.М., Зайцев А.А., Евстигнеев Н.Н. — Проектирование отладочно-моделирующего высокоуровневого слоя layered cake архитектуры системы разработки динамических объектов на примере НПА и БПЛА	<i>Makeeva O., Krasnikov S., Nikolaeva S.</i> — Analysis of methods and tools for processing vector data arrays in neurostructures.....84
<i>Astahov M., Petrova K., Kalinin I., Ogurtsova K., Zaitsev A., Evstigneev N.</i> — Design of high level debugging and simulation layer of layered cake architecture of dynamic object development system as an example.....52	Орлов С.П. — Моделирование агрегатов роботизированного грузового автомобиля с помощью цифровых двойников
Баранов Н.С., Ардатовский М.И. — Отличия оптимизации бизнес-процессов в электронном правительстве и в бизнесе в целом и в части управления рисками в частности	<i>Orlov S.</i> — Simulation of robotic truck's units using digital twins.....88
<i>Baranov N., Ardatovsky M.</i> — Differences in optimizing business processes in e-government and in business in general and in terms of risk management.....60	Пономарев Н.А., Таров Е.В. — Метод анализа программ на наличие вредоносного кода с применением методов машинного обучения и правил YARA
Вишневская Т.И., Климов И.С. — Анализ методов машинного обучения с целью обнаружения дефектов программного обеспечения	<i>Ponomarev N., Tarov E.</i> — A method of analyzing programs for the presence of malicious code using machine learning methods and YARA rules.....93
<i>Vishnevskaya T., Klimov I.</i> — Analysis of machine learning methods to detect software defects.....65	Пуртов Д.В., Пуртов В.С., Шмитко К.А., Русаков А.М., Мельников А.О., Филатов В.В. — Разработка программного обеспечения для анализа сайтов на предмет утечки персональных данных
Гантц И.С., Бергер Е.Г. — Использование систем электронного документооборота на предприятии	<i>Purtov D., Purtov V., Shmitko K., Rusakov A., Melnikov A., Filatov V.</i> — Website analysis software development for the leakage of personal data.....97
<i>Gantts I., Berger E.</i> — The use of electronic document management systems in the enterprise.....69	Семенова Е.О., Самохина В.М. — Автоматизированное создание учебно-методической документации
Латин Ю.Э. — Современные подходы к автоматическому программированию	<i>Semenova E., Samokhina V.</i> — Automated creation of educational and methodological documentation.....105
<i>Latin Yu.</i> — Current approaches to automatic programming.....73	Титов Д.Н., Рыжкова Е.В. — Разработка нелинейной робастной системы управления БПЛА с обратной связью
Лукьянчиков О.И., Трушин М.М., Русаков А.М., Лукьянчиков А.И., Филатов В.В., Долженков С.С. — Принцип работы систем распознавания лиц и особенности их применения при обработке видеопотока в реальном времени	<i>Titov D., Ryzhkova E.</i> — Development of a nonlinear robust UAV control system with feedback.....109
<i>Lukyanchikov O., Trushin M., Rusakov A., Lukyanchikov A., Filatov V., Dolzhenkov S.</i> — Operating principle of face recognition systems and peculiarities of their application in real time video stream processing.....76	Харазян А.А. — Современные методы защиты серверной части распределенных приложений
	<i>Kharazyan H.</i> — Modern methods of protecting the server part of distributed applications.....113
	Шалобанов С.В., Шалобанов С.С. — Диагностирование непрерывных динамических систем методом пробных отклонений параметров модели

Shalobanov S., Shalobanov S. — Diagnosis of continuous dynamical systems by the method of trial deviations of model parameters 118

Клиническая медицина

Агеев К.В. — Возможные взаимосвязи между развитием синдрома сухого глаза и наличием целиакии
Ageev K. — Possible relationships between the development of dry eye syndrome and the presence of celiac disease 122

Гусенов С.Г., Расулов И.М., Ильясов К.А., Идрисова М.А. — Роль ортопедических методов в комплексном лечении хронического генерализованного пародонтита
Gusenov S., Rasulov I., Ilyasov K., Idrisova M. — The role of orthopedic methods in the complex treatment of chronic generalized periodontitis 125

Казеев Д.А., Байчоров Э.Х., Узденов Н.А. — Результаты оперативного лечения доброкачественных заболеваний щитовидной железы с применением ультразвукового скальпеля HARMONIC FOCUS. Наш опыт
Kazeev D., Baychorov E., Uzdenov N. — The results of surgical treatment of benign thyroid diseases using an ultrasonic scalpel HARMONIC FOCUS. Our experience 130

Котова М.А. — Противовоспалительная терапия в стоматологии: эффективность и риски
Kotova M. — Anti-inflammatory therapy in dentistry: effectiveness and risks 134

Котова М.А. — Профилактика стоматологических заболеваний у детей дошкольного возраста средствами ИТ-технологий
Kotova M. — Prevention of dental diseases in preschool children with means IT technologies... 140

Мирзабеков М.К., Школьник М.И., Богомолов О.А., Кнеев А.Ю., Артемов М.В. — Опыт применения лапароскопического доступа в хирургическом лечении рака почки с опухолевым тромбозом нижней полой вены 1–2 уровня
Mirzabekov M., Shkolnik M., Bogomolov O., Kneev A., Artemov M. — Experience of laparoscopic approach in surgical treatment of renal cancer complicated with level 1–2 inferior vena cava tumor thrombus 145

Орлова И.В., Фищев С.Б., Севастьянов А.В., Павлова С.Г., Шторина А.А., Пуздырева М.Н., Рожкова М.Г., Попов В.П. — Оценка результатов исследования макродонтных зубных дуг мезогнатического типа
Orlova I., Fischev S., Sevastyanov A., Pavlova S., Shtorina A., Puzdyreva M., Rozhkova M., Popov V. — Evaluation of the results of the study of macrodata of mesolithic dental arches 150

Павлова С.Г., Орлова И.В., Фищев С.Б., Севастьянов А.В., Шторина А.А., Пуздырева М.Н., Рожкова М.Г., Кондратюк А.А. — Изучение результатов исследования микродонтных зубных дуг мезогнатического типа
Pavlova S., Orlova I., Fischev S., Sevastyanov A., Shtorina A., Puzdyreva M., Rozhkova M., Kondratyuk A. — To study the results of the study of microdont dental arches of mesognathic type... 154

Похилюк Н.В., Горбачев А.Л., Киричук А.А. — Особенности развития эндемии зоба у жителей приморских районов Магаданской области
Pokhilyuk N., Gorbachev A., Kirichuk A. — Features of the development of endemic goiter in residents of the coastal regions of the Magadan region 158

Пуздырева М.Н., Фищев С.Б., Севастьянов А.В., Павлова С.Г., Шторина А.А., Рожкова М.Г., Кондратюк А.А., Галстян С.Г. — Результаты исследования макродонтных зубных дуг брахиогнатического типа
Puzdyreva M., Fischev S., Sevastyanov A., Pavlova S., Shtorina A., Rozhkova M., Kondratyuk A., Galstyan S. — The results of the study of macrodont dental arches of brachygnathic type..... 163

Таликова Е.В., Шипилов К.Э. — 3D технологии в хирургии гепатобилиарной зоны
Talikova E., Shipilov K. — 3D technologies in hepatobiliary zone surgery 167

Таликова Е.В., Шипилов К.Э. — Паллиативная помощь в онкологии: актуальная проблема
Talikova E., Shipilov K. — Palliative care in oncology: the actual problem 170

Телеш А.А., Морозова Т.Г. — Дифференциальная диагностика анемий у пациентов с гепатитами и циррозами печени: от лабораторных критериев к возможностям бесконтрастной ASL-перфузии

Telesh A., Morozova T. — Differential diagnosis of anemia in patients with hepatitis and cirrhosis of the liver: from laboratory criteria to the possibilities of contrast-free ASL perfusion 174

Хомидов П.А., Сидоров С.В., Эмомов Д.Ш. — Роль неоадъювантной химиотерапии у больных раком молочной железы при органосохраняющем лечении

Homidov P., Sidorov S., Emomov D. — The role of neoadjuvant chemotherapy in breast cancer patients for organ-preserving treatment 180

Чуйкова В.С. — Исследование рациональности применения нутритивной поддержки при использовании химиотерапии у пациентов с онкологическими заболеваниями

Chuikova V. — Study of the rationale of the use of nutritional support in the use of chemotherapy in patients with oncological diseases 183

Шалин В.В., Шефер Г.А., Егоров В.Г., Теричев А.Е., Саранов Д.В., Сериков Г.И. — Кишечные швы в хирургии. Обзор литературы

Shalin V., Shaefer G., Egorov V., Terichev A., Saranov D., Serikov G. — Intestinal sutures in surgery. Literature review 188

Щенин А.В., Громов А.Л., Лунев М.А., Язикова К.С. — Клинический случай язвенно-некроического стоматита, осложненного флегмоной дна полости рта

Shchenin A., Gromov A., Lunev M., Yazikova K. — Clinical case of the ulcerative-necrotizing stomatitis complicated with mouth floor phlegmon 193

РЕАКЦИЯ *LEMNA MINOR* LINNE НА ДЕЙСТВИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ОЗЕРНЫХ ГРУНТОВ

Аксьонова Марина Владиславовна

Аспирант, ФГБОУ ВО «ГАУ Северного Зауралья»;
специалист Тюменского филиала ФГБНУ «ВНИРО»
(«Госрыбцентр»)

aksjonova.mv@asp.gausz.ru

REACTION OF *LEMNA MINOR* LINNE TO THE ACTION OF OIL-CONTAMINATED LAKE SOILS

M. Aksenova

Summary: The article presents the results of a study of the toxicity of bottom sediments (BS) of 4 nameless lakes located on the territory of the Yuzhno-Agansky licensed area in the Nizhnevartovsky district of the Tyumen region in relation to the lesser duckweed *Lemna minor* Linne. It was shown that 2 years after the total withdrawal (purification) of BS from lakes No. 1, 2, 3 (the content of oil products from 49–380 g/kg to 7.9–15.4 g/kg), they did not have a lethal effect on duckweed, as well as the BS of the control lake No. 4, where cleaning was not carried out (content of oil products 7.8–14.5 g/kg). At the same time, BS of all lakes had a chronic toxic effect on the growth of duckweed fronds and roots in a number of generations. Experimental studies have shown that duckweed, being highly resistant to oil pollution, can serve as an active primary link in the ecosystem of oil-polluted lakes during their reclamation.

Keywords: lakes №№ 1, 2, 3, cleaning, bottom sediments (BS), duckweed (*Lemna minor*), bioassay toxicity.

Нефтедобывающая промышленность, составляя основу экономики России, является одной из наиболее опасных отраслей хозяйства в плане воздействия на окружающую природную среду. Освоение богатейших месторождений углеводородного сырья повлекло за собой целый комплекс экологических проблем, связанных с воздействием на окружающую природную среду.

Среднее Приобье — основной нефтедобывающий район Западной Сибири (42 % всей добычи нефти РФ) характеризуется обилием рек, озер и болот со своеобразным гидрохимическим режимом и резко континентальным климатом, что обуславливает специфику как наземных, так и водных экосистем.

В процессе разведки и добычи нефти происходит их загрязнение нефтью, максимальное количество которой (тяжелые фракции нефтепродуктов, а также смолы и асфальтены) накапливаются донными грунтами. Это долгоживущая, наиболее опасная (в частности, ПАУ) часть нефтяного загрязнения, поэтому очистка дна озер является необходимым элементом рекультивации водоемов.

В Ханты-Мансийском автономном округе (ХМАО — Югра) впервые была применена технология тотальной выемки ДО сильно загрязненных нефтью внутриболотных озер №№ 1, 2, 3 на территории Южно-Аганского лицензионного участка [1]. Озеро № 4 не подвергалось

Аннотация. В статье приведены результаты исследования токсичности донных отложений (ДО) 4 безымянных озер, расположенных на территории Южно-Аганского лицензионного участка в Нижневартковском районе Тюменской области по отношению к ряске малой *Lemna minor* Linne. Показано, что через 2 года после тотального изъятия (очистки) ДО озер №№ 1, 2, 3 (содержание нефтепродуктов с 49–380 г/кг до 7,9–15,4 г/кг) они не оказывали летального действия на ряску, как и ДО контрольного озера № 4, где очистку не проводили (содержание нефтепродуктов 7,8–14,5 г/кг). Вместе с тем, ДО всех озер оказывали хроническое токсическое действие на рост листецов и корней ряски в ряду поколений. Экспериментальные исследования показали, что ряска, обладая высокой устойчивостью по отношению к нефтяному загрязнению, может служить активным первичным звеном экосистемы нефтезагрязненных озер при их рекультивации.

Ключевые слова: озера, донные отложения (ДО), очистка, ряска малая (*Lemna minor*), биотестирование, токсичность.

сильному техногенному воздействию и рассматривалось как контрольное.

Целью данной работы явилась оценка токсичности донных грунтов с помощью *Lemna minor* после произведенных через 2 года восстановительных работ.

Материал и методы исследований

Исследовали токсичность ДО 4 озер, отобранных в сентябре 2016 г. в трех из которых в июне 2014 г было проведено изъятие 0,5 м слоя ДО. Озеро №4 рассматривалось как контрольное. ДО всех озер представлены торфом в избыточно-влажном и очень влажном состоянии.

Оценку токсичности ДО проводили согласно Методическим рекомендациям [2]. Исследуемый тест-объект ряску *L. minor* Linne размещали в чашках Петри с тестируемым грунтом (слоем 0,5 см) и отстоянной водопроводной водой (0,5 см). В каждую чашку помещали по 10 одиночных одновозрастных колоний ряски. Продолжительность хронического эксперимента составляет 30 дней. Токсичность оценивали по показателям выживаемости (к 4 сут), численности и морфометрическим характеристикам листецов и корней ряски материнских особей (F_0) и дочерних поколений (F_1 , F_2 , F_3) на 10, 20 и 30 сут. Опыты проводили в 2 повторностях с двух станций отбора (литераль и профундаль).

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по общепринятым методикам с использованием пакета программ программы Statistica 6.1.

Результаты исследований

Грунты озер спустя два года после проведения очистки не оказывали острого токсического действия на ряску. Выживаемость листецов *L. minor* на 4 сут во всех опытных вариантах была 100 %.

На рисунке 1 представлен график появления листецов в литоральных пробах исследуемых озер. Из графика видно, что в большинстве тестируемых проб на протяжении всего эксперимента наблюдали задержку вегетативного размножения ряски. Максимальное снижение количества листецов против К уровня отмечали

в грунтах оз. № 1: 10 сут — на 16,7 %, 20 сут — на 53,7, 30 сут — на 33,9 %.

Разница с К в суспензиях грунтов оз. №№ 2 и 3 на 10 сут отсутствовала или была незначительной (на 6,1 %), на 20 отмечали увеличение количества листецов на 5,6–19,4 %, к концу эксперимента количество листецов снизилось, максимально снижение отмечали в грунтах оз. № 3 — на 41,1 % (рисунок 1). В литорали оз. № 4 (контрольное) количество листецов было ниже К уровня на 4,9–14,9 %.

Если в литоральных пробах к 30 сут отмечали снижение количества листецов, то в большинстве профундальных проб, увеличение. Максимальная тенденция к увеличению отмечена в грунтах оз. №№ 3 и 1, на 41,0 и 88,7 % соответственно (рисунок 2). В суспензиях грунтов оз. № 2 отмечали максимальное снижение на 20 сут на 34,7 %,

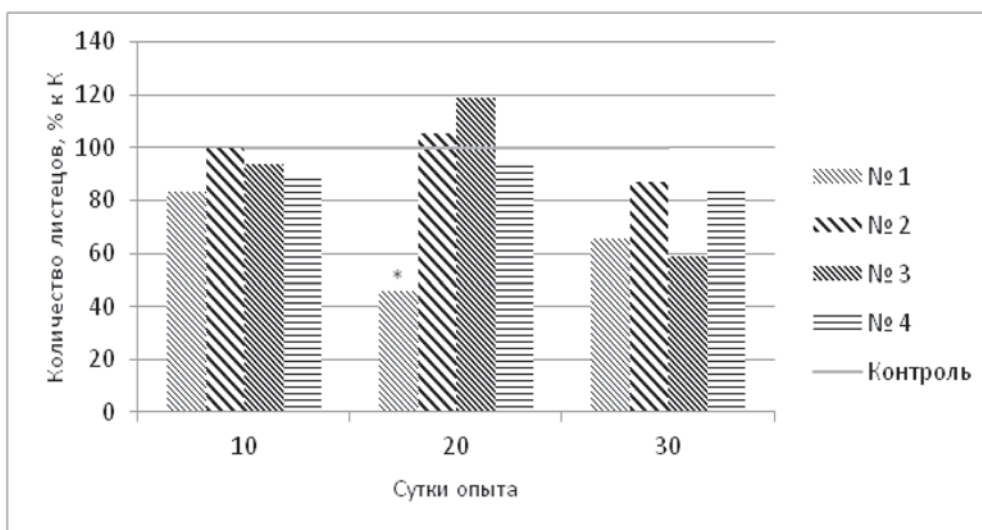


Рис. 1. Количество листецов *L. minor* в пробах суспензии грунтов, отобранных в литорали исследуемых озер

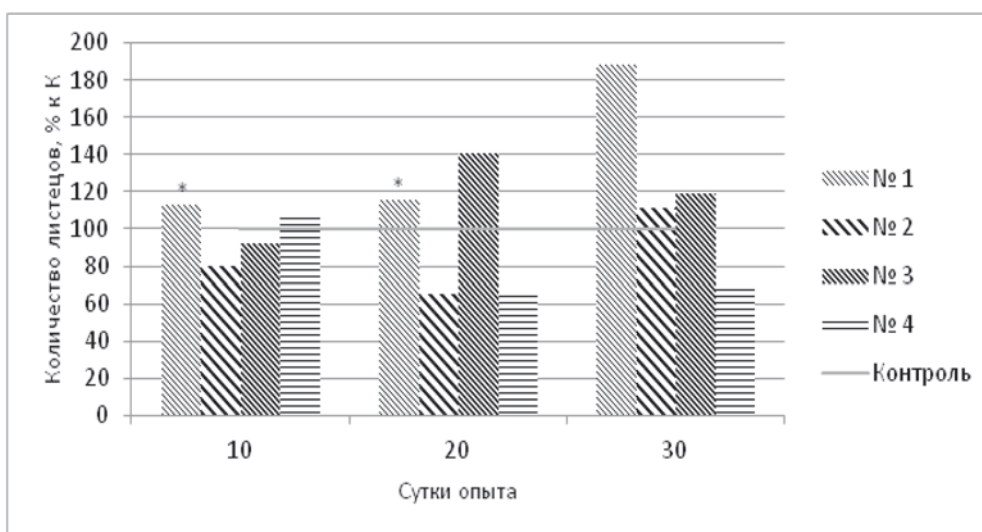


Рис. 2. Количество листецов *L. minor* в пробах суспензии грунтов, отобранных в профундали исследуемых озер

увеличение к 30 сут — на 19,6 %. В оз. № 4 при незначительном увеличении на 10 сут (на 7,6 %) отмечали резкое снижение количества листочков в последующие дни наблюдений, ниже уровня К — на 31,0–32,6 % (рисунок 2).

Исследуемые донные отложения оказывали влияние и на рост листочков *L. minor*, увеличивая или снижая их размеры. В большинстве исследуемых суспензиях грунтов отмечали достоверное, но незначительное снижение длины материнских (F_0) листочков на 10 сут опыта на 3,9–9,5 % ($P < 0,05$). К 20 сут разница с К в грунтах оз. №№ 2 и 3 нивелировалась, и длина листочков была незначительно больше уровня К (на 4,6 % и 7,3 %). К 30 сут эксперимента в грунтах исследуемых озер наблюдали увеличение роста растений, длина материнских листочков была больше К на 10,3–27,7 % (рисунок 3).

И в профундальных пробах исследуемых озер на 10 сут опыта отмечали снижение длины материнских листочков на 7,6–12,5 %, незначительное увеличение в суспензиях грунтов оз. №№ 2 и 3 на 20 сут и увеличение роста всех исследуемых растений к концу эксперимента (больше К на 25,5–38,0 %). Длина материнских листочков в суспензиях грунтов оз. № 4 была незначительно ниже уровня К (на 8,6 %) на 10 сут, статистически достоверно была увеличена к концу опыта, на 38,0 % ($P < 0,01$) (рисунок 4).

Если в большинстве исследуемых литоральных и профундальных пробах до 20 сут отмечали незначительно отставание в росте материнских листочков, то у листочков поколения F_1 на протяжении всего эксперимента в большинстве исследуемых проб отмечали незначительное, но увеличение роста растений.

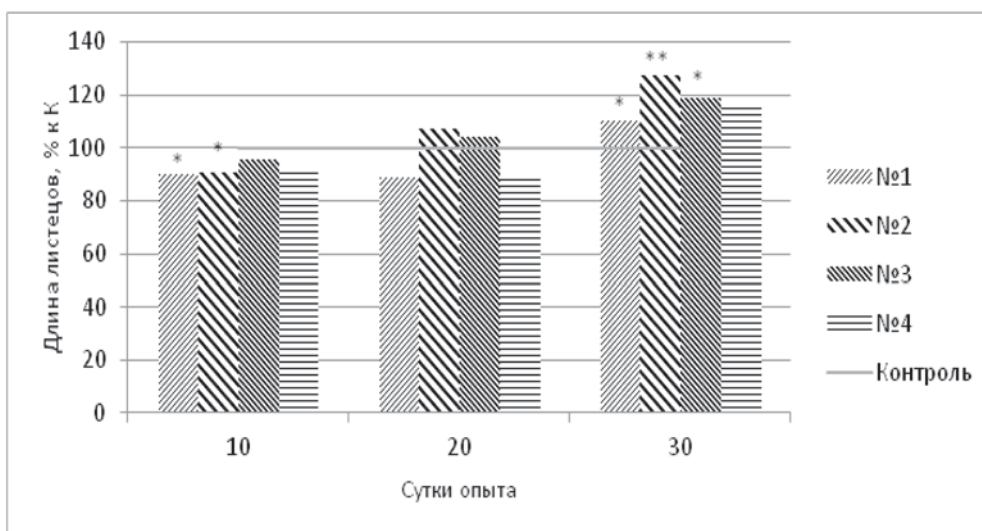


Рис. 3. Длина материнских листочков (F_0) *L. minor* в пробах суспензии грунтов, отобранных в литорали исследуемых озер

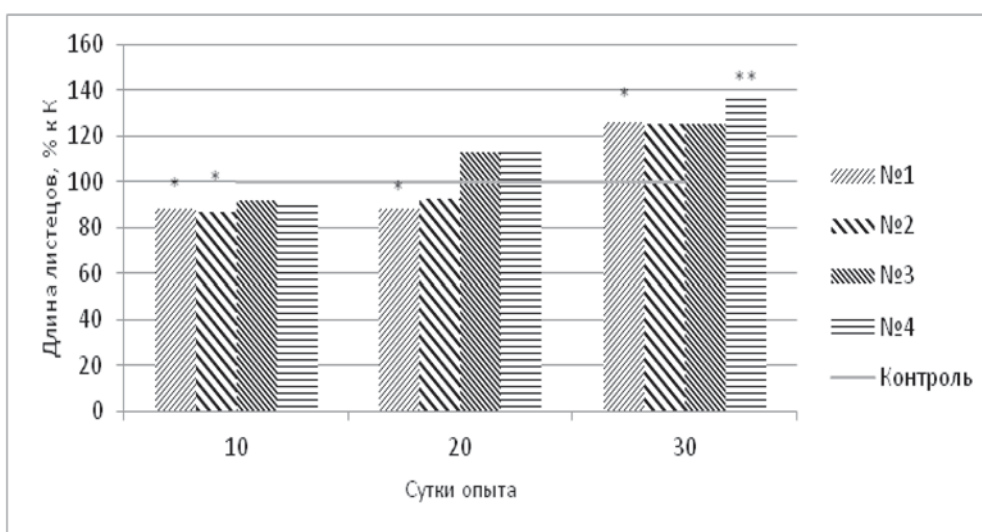


Рис. 4. Длина материнских листочков (F_0) *L. minor* в пробах суспензии грунтов, отобранных в профундали исследуемых озер

Статистически достоверное увеличение длины листцов 1 поколения (F_1) отмечали только в пробах оз. № 2 на 30 сут (на 30,6 %) (рисунок 5). Незначительно, но статистически достоверное увеличение роста листцов наблюдали и в литорали оз. № 4 — на 19,1 %.

На 10 сут опыта, в большинстве профундальных проб длина листцов F_1 была незначительно выше уровня К. Статистически достоверное увеличение длины листцов 1 поколения (F_1) отмечали в пробах оз. № 1 — на 20 и 30 сут (на 30,4 и 31,3 %), оз. № 4 — на 10 сут (на 13,8 %) (рисунок 6).

Увеличение длины листцов в последующих поколениях (F_2 и F_3) не наблюдали.

В поколении F_2 длина листцов в литоральных пробах на 10 сут опыта была ниже уровня К, максимальное

снижение отмечали в суспензиях грунтов оз. №№ 1 и 4 (контрольное) на 48,9 и 81,0 % соответственно. В тех же самых пробах на 20 сут наблюдали увеличение роста листцов на 24,0 и 35,5 %. К 30 сут разница с К во всех исследуемых пробах нивелировалась, отклонения с К были незначительными и составили 7,8 — 11,4 % (рисунок 7).

В профундальных пробах максимальное достоверное снижение длины листцов второго поколения (F_2) отмечали в пробах оз. №№ 1 и 2 на 72,9 и 54,3 % соответственно (рисунок 8). На 20 и 30 сут опыта в суспензиях грунтов этих озер рост листцов увеличивался, и длина их была на уровне К или превышала таковую (на 29,6–40,1 %). В суспензиях грунтов оз. № 3 разница с К была незначительной на протяжении опыта и нивелировалась к концу эксперимента. Длина листцов

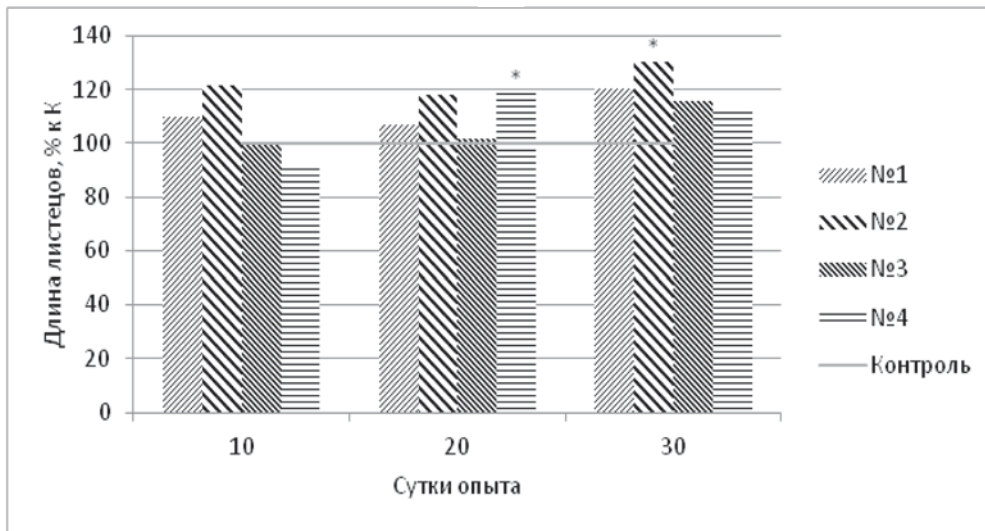


Рис. 5. Длина листцов поколения F_1 *L. minor* в пробах суспензии грунтов, отобранных в профундали исследуемых озер

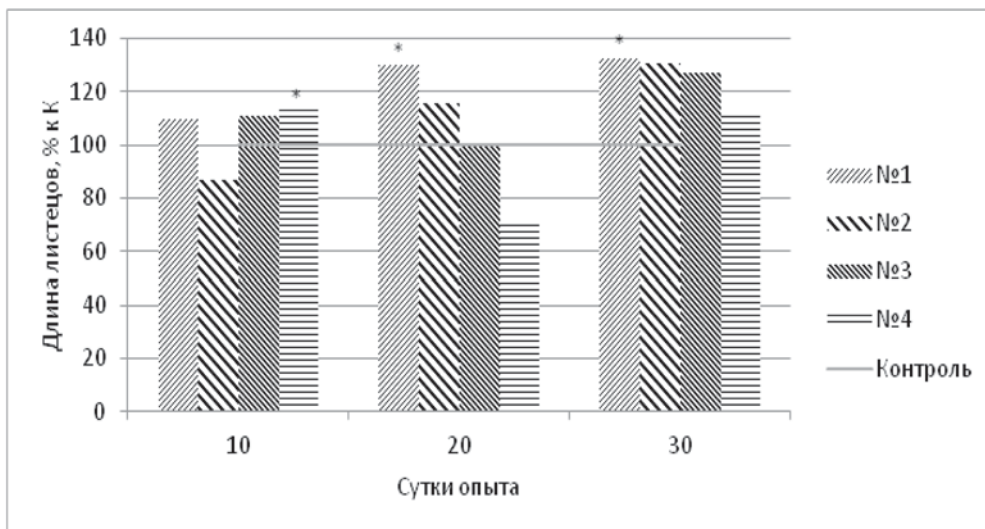


Рис. 6. Длина листцов поколения F_1 *L. minor* в пробах суспензии грунтов, отобранных в профундали исследуемых озер

в суспензиях грунтов оз. № 4 была снижена против К на 17,6–57,4 % (рисунок 8).

В поколении F_3 длина листецов *L. minor* на 10 сут опыта в литоральных грунтах была снижена, максимальное достоверное отклонение отмечали в грунтах оз. №№ 2 и 4 (ниже К на 77,8–87,7 %) (рисунок 9). На 20 сут в литоральных пробах оз. №№ 1 и 3 рост листецов увеличивался на 37,4–38,6 %, в пробах оз. №№ 2 и 4 длина опытных листецов была на уровне К. На 30 сут вновь отмечали снижение длины листецов по сравнению К на 19,0–39,7 % в грунтах оз. №№ 2–4 (рисунок 9).

Профундальные пробы оз. №№ 1–3 оказались еще более токсичными, длина их на 10 сут опыта была снижена по сравнению с К на 98,8–99,4 % (рисунок 10). Однако, к 20 сут разница с К нивелировалась, но к 30 сут вновь

отмечали отклонение от К, длина листецов максимально была снижена в суспензиях грунтов оз. № 1 на 36,2 %. В суспензиях грунтов оз. № 4 длина листецов была статистически достоверно снижена на протяжении всего эксперимента на 83,3, 59,6 и 12,5 %, соответственно, на 10, 20 и 30 сут опыта (рисунок 10).

Листецы 4 поколения (F_4) в литоральных и профундальных пробах оз. №№ 1–3 появились только на 20 сут опыта. Длина листецов в суспензиях грунтов оз. № 1 по сравнению с К была снижена на 67,2 %, в грунтах оз. № 2 — больше К на 164,1 %. В суспензиях грунтов оз. № 4 (контрольное) листецы 4 поколения появились на 10 сут опыта, длина их была ниже К уровня на 93,9 %, к 20 сут рост листецов увеличился по сравнению с К на 51,6 %. К 30 сут листецы 4 поколения отмечали только в профун-

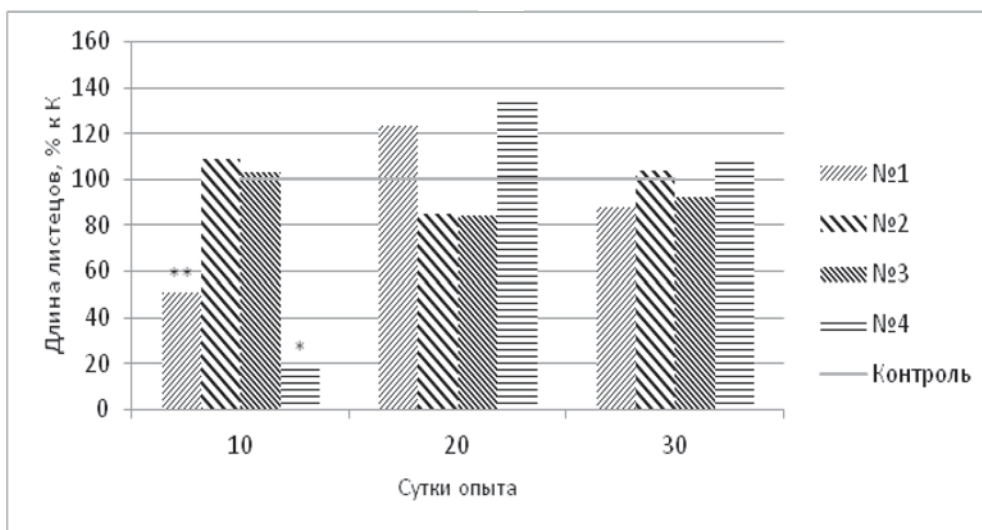


Рис. 7. Длина листецов поколения F_2 *L. minor* в пробах суспензии грунтов, отобранных в литорали исследуемых озер

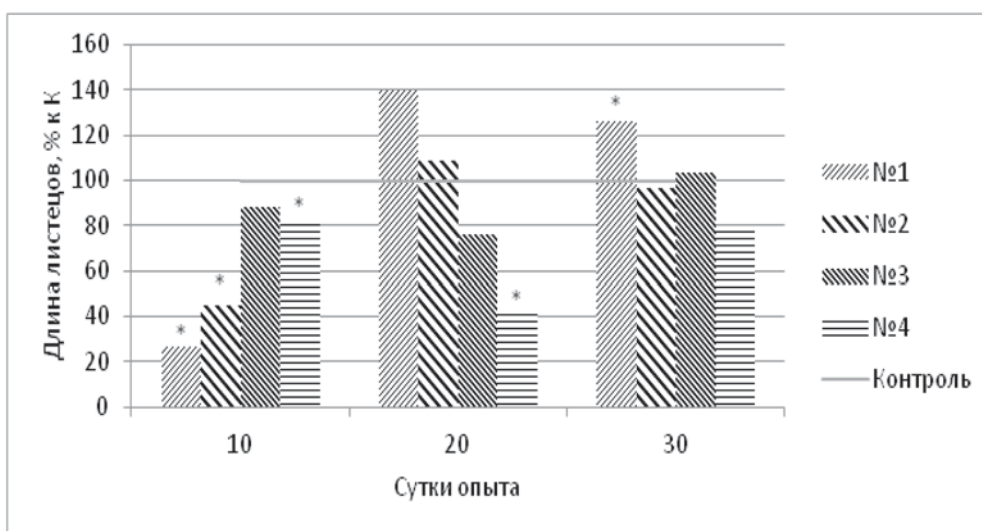


Рис. 8. Длина листецов поколения F_2 *L. minor* в пробах суспензии грунтов, отобранных в профундали исследуемых озер

дальных грунтах оз. № 2, длина их была меньше уровня К на 13,3 %.

Угнетение испытывала и корневая система *L. minor*. В первые 10 сут появление корней было незначительно, но больше К уровня (на 10,7–24,3 %). Начиная с 20 сут, количество листецов в большинстве тестируемых проб увеличивалось, а количество корней снижалось. Количество корней в суспензиях грунтов оз. № 1 и 4 снизилось: на 20 сут — на 34,3 и 28,6 % ($P < 0,05$), на 30 сут — на 62,7 и 28,4 % соответственно. К 30 сут количество корней было меньше уровня К на 11,8 и 33,3 % в грунтах оз. №№ 2 и 3 соответственно (рисунок 11).

В профундальных пробах также отмечали снижение количества корней в оз. №1 на 20 сут (30 %) и 30 сут (56,9 %). На 20 сут опыта количество корней было мень-

ше уровня К во всех тестируемых пробах, кроме оз. № 3 (больше К на 44,3 %). К концу эксперимента (30 сут) количество корней в тестируемых пробах было на уровне К (100 %) или больше К (на 35,3–57,8 %) (рисунок 12).

Снижение количества корней в литеральных грунтах оз. № 1 на 20 и 30 сут опыта компенсировалось их ростом, длина корней была больше уровня К на протяжении всего эксперимента на 25,9–49,0 % (рисунок 13). В других суспензиях грунтов отмечали статистически достоверное снижение длины корней на 10 сут опыта на 49,8–64,0 %, с последующим ростом и статистически достоверным увеличением по сравнению с К на 30 сут в грунтах оз. №№ 2 и 3 на 55,0 и 20,4 % соответственно (рисунок 13).

Профундальные пробы оз. №№ 2–4 угнетали ростовые процессы *L. minor* на 10 сут, длина корней была до-

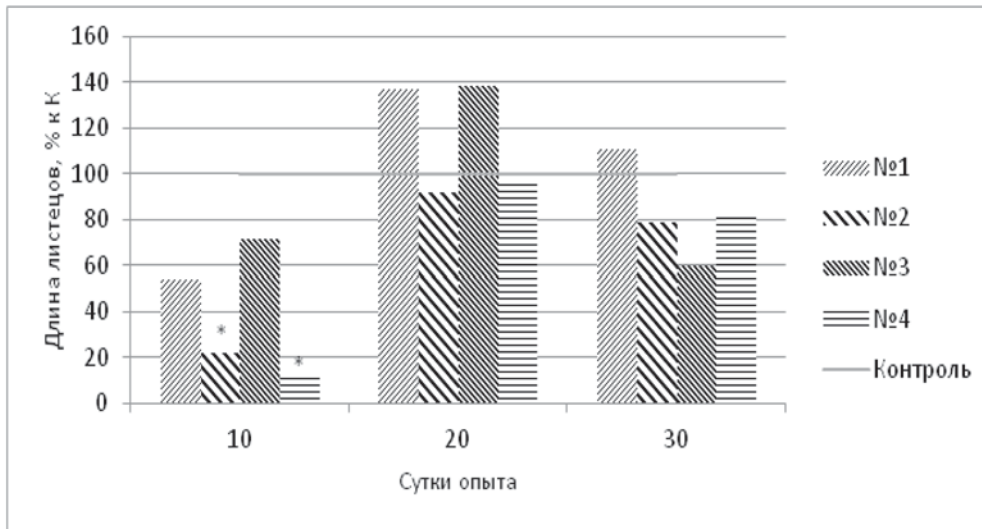


Рис. 9. Длина листецов поколения F_3 *L. minor* в пробах суспензии грунтов, отобранных в литорали исследуемых озер

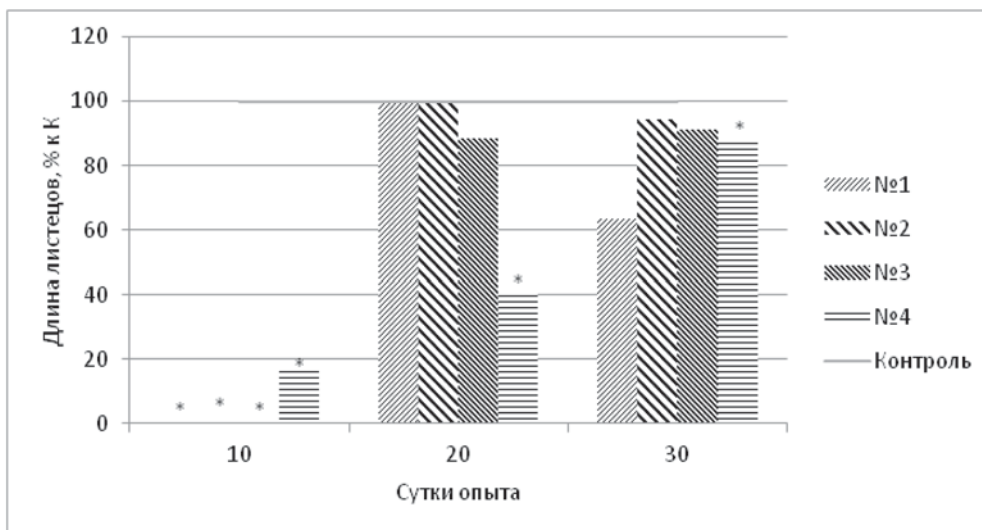


Рис. 10. Длина листецов поколения F_3 *L. minor* в пробах суспензии грунтов, отобранных в профундали исследуемых озер

стоверно меньше уровня К (на 56,1–84,9 %). На 20 сут опыта разница с К нивелировалась, исключение грунты оз. № 4, длина корней была меньше К на 62,9 %. К концу эксперимента в суспензиях грунтов оз. №№ 1–3 длина корней была больше уровня К на 26, 8–67,4 % (рисунок 14).

Итак, тестируемые грунты после очистки озер не оказывали летального действия на ряску, но влияли на ростовые процессы растений в хронических опытах. Вероятно, в связи с многоводностью 2015–2016 гг. и смыва большого количества нефтепродуктов с водосборной площади увеличилось их содержание и в ДО исследуемых озер. Береговые пробы озер №№ 1–4 были изучены с помощью дафний и ряски, где была показана их высокая степень токсичности для гидробионтов [3, 4].

Таким образом, проведенный анализ восстановительного периода показал, что грунты озер спустя два года после очистки не оказывали острого токсического действия на *Lemna minor*. При хроническом воздействии значительные отклонения отмечали по количеству листочков (вегетативное размножение), длине и количеству корней. Известно, что подавление роста и развития растительных организмов вызваны, прежде всего, нарушением корневой системы. О большей изменчивости корневой системы в ответ на токсическое воздействие известно из литературы [5–7]. Растения обладают способностью в случае очень сильного загрязнения усиливать формирование главного защитного органа — корневой системы за счёт сокращения биомассы надземной части. Эту реакцию растительного организма следует рассматривать, как вынужденную потребность растения

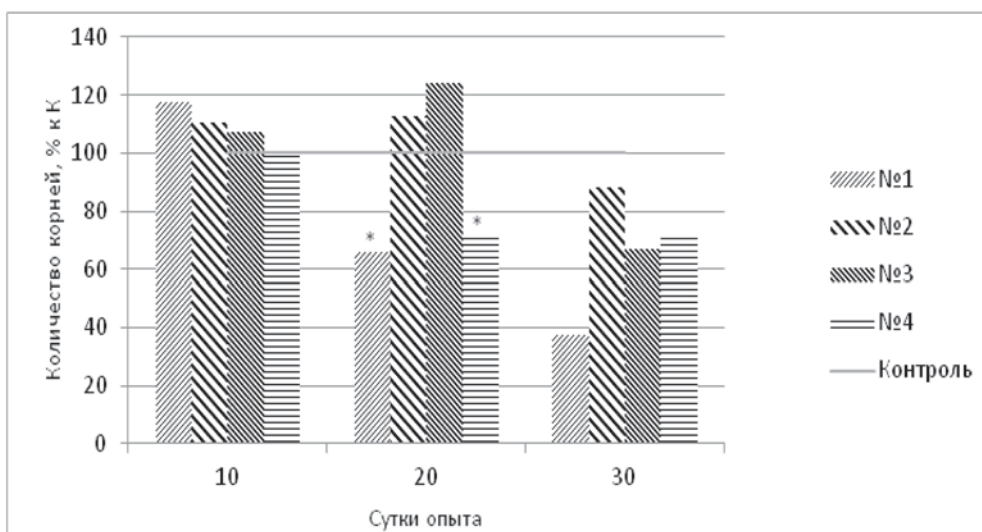


Рис. 11. Количество корней *L. minor* в пробах суспензии грунтов, отобранных в литорали исследуемых озер

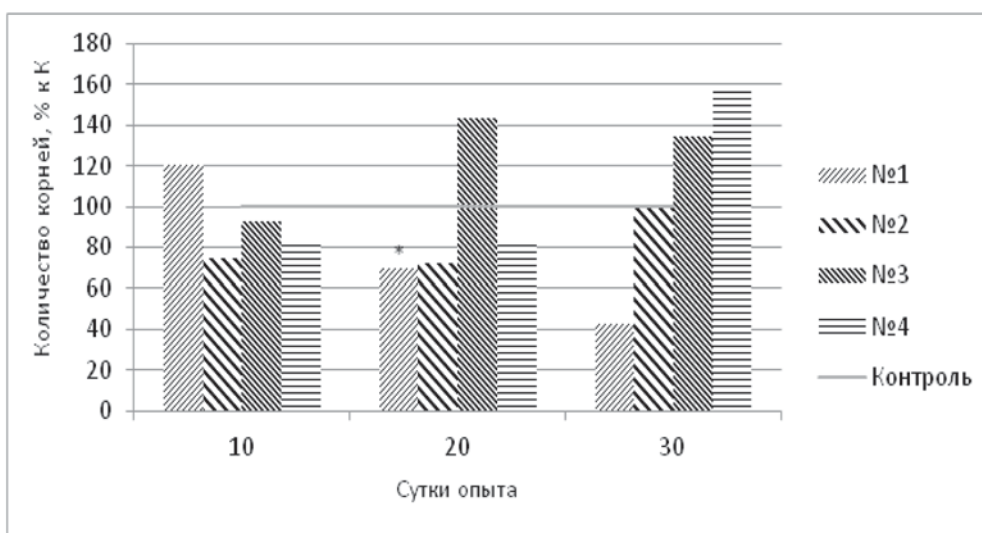


Рис. 12. Количество корней *L. minor* в пробах суспензии грунтов, отобранных в профундали исследуемых озер

усилить ёмкость корней. Корни, находясь в непосредственном контакте с загрязнителями, в большей степени подвергаются негативному воздействию токсиканта. Таким образом, корни ряски очень чувствительны к нефтяному воздействию [5]. Нельзя исключать и то обстоятельство, что корни у ряски, отрастая в ходе эксперимента, представлены молодыми, активно делящимися клетками, чувствительность которых, как известна, высока [5–7]. В клетках корней ряски после 30-дневного контакта с ДО, загрязненного нефтью, отмечали хромосомные нарушения, увеличение частоты встречаемости анафаз и телофаз с нарушениями [7]. Не исключено, что в более ранние сроки наблюдений частота хромосомных aberrаций (ХА) была бы выше, поскольку к 30 сут уменьшается число делящихся клеток, что показано в опытах с кострецом безостым [6].

Стимуляция роста растений является признаком активации защитных механизмов [8] и может быть связана не только с наличием в нефти так называемого «нефтяного ростового вещества» [9, 10], но и с присутствием в ней биогенов и микроэлементов, в том числе тяжелых металлов.

В микроколичествах тяжелые металлы (Cu, Zn, Co и др.) необходимы для роста растений, слегка повышенные (против жизнеобеспечивающих) концентрации резко стимулируют рост [11], а высокие повреждают мембраны [12], изменяют гомеостаз, ингибируют фотосинтез, изменяют биохимические процессы, вызывают гормональный дисбаланс, что в итоге приводит к торможению роста растений и гибели. Вероятно, соотношение нефтяных углеводов и тяжелых металлов

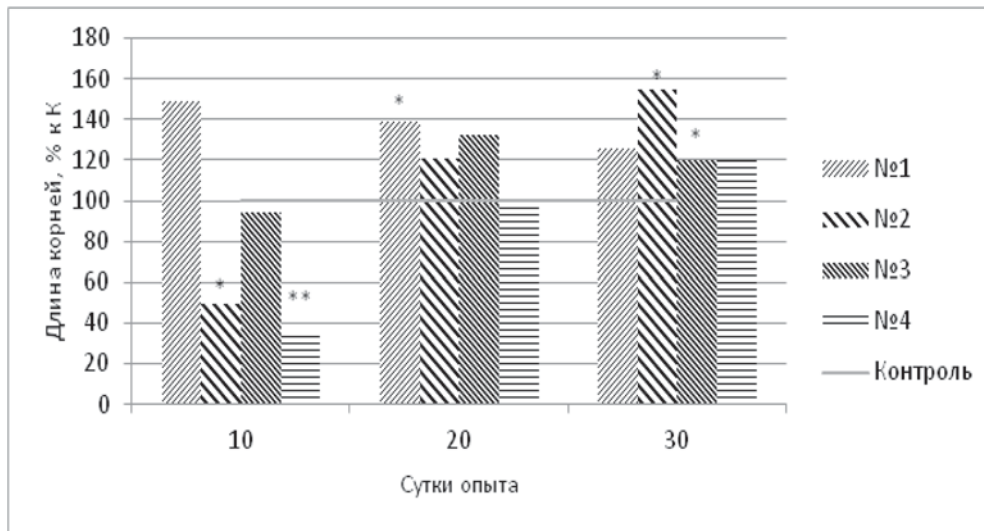


Рис. 13. Длина корней *L. minor* в пробах суспензии грунтов, отобранных в литорали исследуемых озер

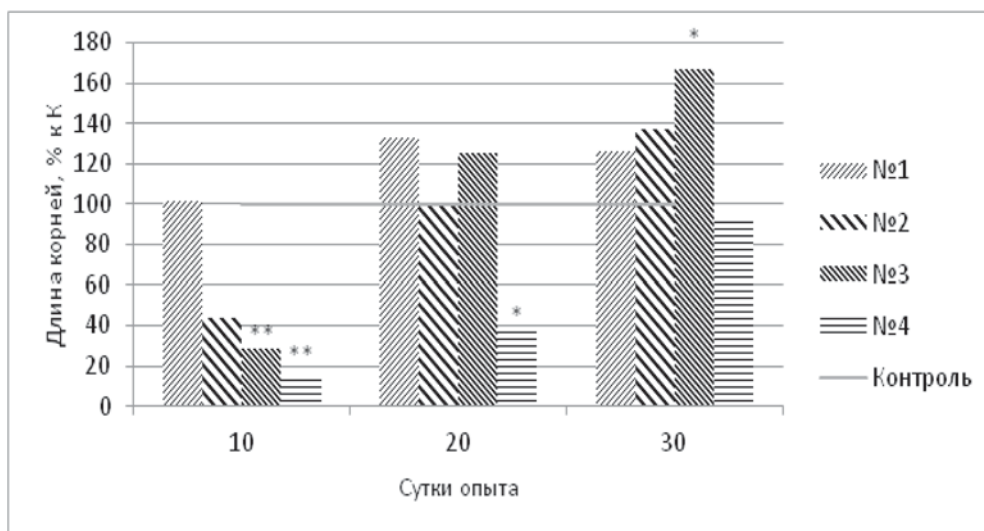


Рис. 14. Длина корней *L. minor* в пробах суспензии грунтов, отобранных в профундали исследуемых озер

при совместном действии могут вызывать различные эффекты — от стимуляции до угнетения, тоже прослеживается и при совместном действии нефти и хлоридов [6], возможно, подобное наблюдаем и в наших экспериментах.

Таким образом, проведенный анализ восстановления озер позволил сформулировать следующие рекомендации: если водосбор сильно загрязнен нефтью, требуется одновременно проводить рекультивацию территории, чтобы предотвратить повторное загрязнение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проект очистки озера от нефтезагрязнения в районе куста 14 Южно-Аганского лицензионного участка и рекультивация прибрежной территории: Отчет по инженерным изысканиям. Нижневартовск: ЗАО СибНИПИРП, 2012. 65 с.
2. Временное методическое руководство по нормированию уровней содержания химических веществ в донных отложениях поверхностных водных объектов (на примере нефти). М.: РЭФИА, НИА-Природа, 2002. 134 с.
3. Титенко Н.Е., Рыбина Г.Е. Оценка токсичности донных отложений и береговых грунтов некоторых озер с помощью планктонного рачка *Daphnia magna* Straus // Интеграция науки и практики для развития Агропромышленного комплекса: Материалы Всероссийской научной конференции (Тюмень, 10 ноября 2017 г.) ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья, 2017. С. 552–558.
4. Аксенова М.В., Рыбина Г.Е. Оценка токсичности береговых грунтов некоторых озер с территории ХМАО-Югра с помощью *Lemna minor* Linne // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения: материалы VIII Международной студенческой научно-практической конференции (29 марта 2019, Тюмень). Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2019. Т. 2. С. 294–298.
5. Петухова Г.А. Механизмы устойчивости организмов к нефтяному загрязнению среды: монография. Тюмень: Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2008. 171 с.
6. Михайлова Л.В., Цулаия А.М. Стрессовое состояние высших растений в условиях нефтесолевого загрязнения почв / Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов: Материалы V Международной конференции, г. Тюмень, 1 — 3 октября 2014 г. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2014. С. 157–159.
7. Рыбина Г.Е., Михайлова Л.В., Петухова Г.А. Оценка токсичности донных отложений некоторых водных объектов по их действию на макрофиты // Вестник рыбохозяйственной науки. 2019. Т.6. № 2 (22). С. 48–64.
8. Gechelf K. J. Mutagenic action of caffeine on ethylenimine induced strucae mutations in burley chromosome // Exp. Mutagenesis Plant. 1976, pp. 119–124.
9. Згуровская Л.Н. Влияние нефтяного ростового вещества на интенсивность фотосинтеза и темп деления клеток // Гидробиол. журн. 1969. № 1. С. 55–59.
10. Миронов О.Г. Деление некоторых диатомовых водорослей в морской воде, содержащей нефтепродукты // Науч. докл. Высш. шк. биолог. Наук. М., 1970. № 7. С. 69–72.
11. Карпевич А.Ф. Норма и патология при влиянии на гидробионты неядовитых веществ и факторов среды // Теоретические проблемы водной токсикологии. М.: Наука, 1983. С. 26–36.
12. Котелевцев С.В., Ствилинский С.Л., Бейм А.М. Эколого-токсикологический анализ на основе биологических мембран. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. 106 с.

© Аксёнова Марина Владиславовна (aksjonova.mv@asp.gausz.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

УЧАСТИЕ ПОЛИМОРФИЗМА RS 6842241 ГЕНА РЕЦЕПТОРА ЭНДОТЕЛИНА-1 А-ТИПА (EDNRA) В ИЗМЕНЕНИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У ЖИТЕЛЕЙ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

INVOLVEMENT OF ENDOTHELIN-1 A-TYPE RECEPTOR (EDNRA) GENE POLYMORPHISM RS 6842241 IN CHANGES IN CARDIOVASCULAR SYSTEM FUNCTIONING IN EUROPEAN NORTH RESIDENTS

**N. Bebyakova
S. Levitsky
I. Shabalina
E. Zhibort
Yu. Nikonova**

Summary: The aim of this study was to investigate the involvement of EDNRA gene polymorphism (rs 6842241) (substitution of C for A) in the changes of cardiovascular system functioning in the young population living in the territory of the European North (Arkhangelsk region). It was found that the presence of polymorphic allele A led to changes in the levels of the main vasoactive endothelial factors nitric oxide (NO) and endothelin-1 (EDN1). The rs 6842241 polymorphism caused tendencies to changes in both the central hemodynamic indices and the indices of its reserve capacity, indicating its possible involvement in the formation of adaptive (maladaptive) reactions to the body's stress reactions.

Keywords: endothelin receptors, cardiovascular system, vasoconstrictor response, EDNRA gene polymorphism (rs 6842241).

Бебякова Наталья Александровна

доктор биологических наук, профессор,
Северный государственный медицинский университет
(г. Архангельск)
nbebyakova@mail.ru

Левицкий Сергей Николаевич

кандидат биологических наук, доцент,
Северный государственный медицинский университет
(г. Архангельск)
sergeylevitski@yandex.ru

Шабалина Ирина Алексеевна

кандидат биологических наук, доцент,
Северный государственный медицинский университет
(г. Архангельск)
ira_sha@mail.ru

Жиборт Екатерина Леонидовна

кандидат биологических наук, доцент,
Северный государственный медицинский университет
(г. Архангельск)
zhibort71@yandex.ru

Никонова Юлия Михайловна

кандидат биологических наук,
Северный государственный медицинский университет
(г. Архангельск)
nickonova.yulia2014@yandex.ru

Аннотация. Целью данного исследования являлось изучение участия полиморфизма гена *EDNRA* (rs 6842241) (замена С на А) на изменение функционирования сердечно-сосудистой системы у молодого населения, проживающего на территории Европейского Севера (Архангельская область). Установлено, что наличие полиморфного аллеля А приводило к изменению уровня основных vasoактивных эндотелиальных факторов — оксида азота (NO) и эндотелина-1 (EDN1). Полиморфизм rs 6842241 вызывал тенденции к изменению как показателей центральной гемодинамики, так и показателей ее резервных возможностей, что указывает на возможное его участие в формировании адаптивных (дезадаптивных) реакций на стресс-реакции организма.

Ключевые слова: эндотелиновые рецепторы, сердечно-сосудистая система, вазоконстрикторная реакция, полиморфизм гена *EDNRA* (rs 6842241)

По современным представлениям, в развитии и прогрессировании сердечно-сосудистых заболеваний ключевая роль принадлежит эндотелиальной дисфункции, обусловленной нарушением баланса vasoактивных систем эндотелия — оксида азота (NO) и эндотелина-1 (EDN1), что может рассматриваться как маркер развития данной патологии [1, 2]. В формиро-

вании сердечно-сосудистой патологии, обусловленной вазоконстрикторными реакциями сосудистого тонуса, наследственным факторам принадлежит большая роль, а в основе индивидуальных генетических различий в ее формировании лежит полиморфизм генов-кандидатов [3].

Особый интерес в этом плане представляет система EDN1, эндотелиновых рецепторов (EDNR) и их однонуклеотидные полиморфизмы, которые могут быть причастны к развитию вазоконстрикции. Важным механизмом действия EDN1 в формировании констрикторного эффекта сосудов является взаимодействие его со специфическими рецепторами EDNR различных типов.

EDNR A-типа (EDNRA) преобладают в гладкомышечных клетках сосудов и сердца, атриовентрикулярной и эндокардиальной проводящей системе и клетках эндокарда, при этом они отсутствуют в эндотелии. Взаимодействие EDN1 с EDNRA вызывает стойкую вазоконстрикцию и пролиферацию гладкомышечных клеток. При патологических состояниях EDNRA регулируются по-разному и это ведёт к дисбалансу эффектов в направлении вазоконстрикции и пролиферации клеток [4, 5]. При этом высокий уровень EDN1 при артериальной гипертензии ассоциируется, как правило, с нарушением регуляции тонуса сосудов [6]. Однако, в исследованиях на животных (различные линии гипертензивных крыс) показано, что блокада рецепторов EDNRA эффективна не при всех видах гипертензии [7]. Экспериментальные работы и клинические исследования по применению селективных блокаторов EDNRA показали их вовлечённость в развитие атеросклероза [8], сердечной недостаточности [9], легочной гипертензии [10].

EDNRA состоит из 427 аминокислотных остатков [11], а ген, кодирующий его, локализован в chr4:147479667 (GRCh38.p14) [12]. К настоящему времени обнаружено более 40 полиморфных вариантов гена EDNRA. Однако данные о роли этих полиморфизмов в развитии и прогрессировании заболеваний сердечно-сосудистой системы очень малочисленны и противоречивы. Так, при изучении полиморфизма гена EDNRA (rs1801708) на особенности течения ишемической болезни сердца установлено, что он связан с негативными результатами чрезкожного коронарного вмешательства посредством развития более выраженной дисфункции сосудистого эндотелия в ответ на интервенционное вмешательство [13].

При изучении полиморфизмов -231G >A, 70C>G, 1222C>T установлена их взаимосвязь с повышенным внутриглазным давлением при глаукоме [14, 15]. В ряде работ установлено влияние полиморфизмов гена EDNRA в повышении риска сердечной недостаточности [16], резкой констрикторной реакции сосудистого тонуса при мигрени [17], в развитии дилатационной кардиомиопатии и диабетической микрососудистой дисфункции [18].

При изучении генетической основы эссенциальной гипертензии было показано, что в гене EDNRA замена G>A в 5'-UTR и C>T в экзоне 8 ассоциированы с повышением систолического и диастолического артериально-

го давления [19], а полиморфизм 138ex1 ins/del связан с худшим исходом сердечно-сосудистого повреждения [20]. Однако имеются работы, в которых не установлены ассоциации полиморфных вариантов изучаемого гена с вазоконстрикторными реакциями сосудистого тонуса, например, при прогрессировании атеросклероза у больных гипертонией [21].

В русскоязычных публикациях нами обнаружены единичные работы по изучению роли полиморфизмов EDNRA в развитии сердечно-сосудистой или иной патологии. Так, установлена ассоциация полиморфизма rs6842241 с эссенциальной гипертензией в татарской популяции России. Выявлено увеличение частоты генотипа A/A в группе больных гипертонической болезнью, демонстрирующие значительную роль рецепторов в опосредовании эффектов EDN1 [22, 23]. Получены данные об ассоциации полиморфизма rs6842241 гена EDNRA у больных с сахарным диабетом 2 типа. Факторами, повышающими риск развития заболевания, были гетеро- (C/A) и гомозиготный (A/A) минорные генотипы [24].

Климатические условия для проживания человека на Европейском Севере являются неблагоприятными, что приводит к повышенным требованиям ко всем системам организма человека, прежде всего к сердечно-сосудистой системе, особенности работы которой выражаются в высоких энергозатратах и повышенном тоне периферических сосудов при действии холода [1]. В связи с этим крайне необходимым является изучение распространённости патологических аллелей генов-кандидатов функционирования сердечно-сосудистой системы в популяциях жителей Европейского Севера.

Цель исследования: изучение влияния полиморфизма гена EDNRA (rs6842241) на функционирование сердечно-сосудистой системы у молодых коренных жителей Европейского Севера.

Методы и организация исследования

Исследование проведено на базе Центральной научно-исследовательской лаборатории Северного государственного медицинского университета, в нем приняли участие 96 человек. Средний возраст обследуемых 19,1 год (95 % ДИ 18,4–19,8). Критерии включения: постоянное проживание на территории Архангельской области, возраст, не диагностированные сердечно-сосудистые заболевания. Критерии исключения: курение и наличие хронических заболеваний.

Генотипирование проводили методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) с аллельспецифичными праймерами с последующим рестрикционным анализом. Номенклатура исследуемых локусов:

F 5/ — aactgcctcttttggaggaa-3/
R 5/ — accaccattgaaagagcctta-3/

A 5/ — tggttggctgattctcctca-3/
G 5/ — tggttggctgattctcctcc-3/

Уровень EDN1 определяли иммуноферментным методом, NO оценивали в сыворотке крови по суммарной концентрации стабильных метаболитов нитратов/нитритов.

Показатели работы сердца — систолический объем крови (СОК) и минутный объем кровообращения (МОК) рассчитывали по общепринятым формулам.

Коэффициент выносливости (КВ), характеризующий функциональное состояние сердечно-сосудистой системы, интегративно объединяя ЧСС, СД и ДД в состоянии покоя, рассчитывали по формуле Кваса: $KB = ЧСС \times 10 / ПД$, где: ЧСС — частота сердечных сокращений, ПД — пульсовое давление.

Коэффициент экономичности кровообращения (КЭК) рассчитывали по формуле: $КЭК = (СД - ДД) \times ЧСС$, где: СД — систолическое давление, ДД — диастолическое давление, ЧСС — частота сердечных сокращений.

Тип саморегуляции кровообращения (ТСК), который показывает уровень напряжения в регуляции сердечно-сосудистой системы определяли как: $ТСК = ДД / ЧСС \times 100$, где: ДД — диастолическое давление, ЧСС — частота сердечных сокращений. Данный показатель отражает фенотипические особенности организма. Изменение регуляции кровообращения в сторону преобладания сосудистого компонента свидетельствует об ее экономизации и повышении функциональных резервов.

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью стандартного статистического пакета программ IBM SPSS Statistics Version 23. Проводили анализ дисперсии распределения частотных показателей с оценкой стандартного отклонения, дисперсии, размаха, минимальных и максимальных значений, коэффициента асимметрии и коэффициента вариации. Распределение частот генотипов рассчитывали при помощи программного калькулятора KnudChristensen. Для оценки нормальности распределения использовали тест Колмогорова–Смирнова и Шапиро–Уилка. Количественные показатели представляли в виде медианы и квартилей (Me, Q1, Q3). Парные сравнения количественных данных проводили с помощью критерия Манна–Уитни. Статистическую взаимосвязь между количественными данными и вариантом генотипа по полиморфизму гена EDNRA (rs 6842241) оценивали с использованием критерия χ^2 Пирсона и отношения шансов (OR). Критический уровень значимости (p) при проверке статистических гипотез принимали равным 0,05.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ частот встречаемости генотипов по полиморфизму EDNRA показал, что у обследованных преобладающим был генотип C/C («дикий тип»), который составил 65,67 %. Генотип C/A составил 32,84 %, генотип A/A — 1,49 %. В соответствии с распределением генотипов в выборке, частота аллеля C составила 0,122, аллеля A — 0,878. Полученные данные согласуются с данными распространения изучаемых аллелей в мире: C — 0,847079; A — 0,152921 и в европейских популяциях: C — 0,858554; A — 0,141446 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/snp/rs6842241>).

Уровень вазоактивных эндотелиальных факторов в группе исследования соответствовал нормальным значениям: EDN1 — 0,49 (0,27; 1,34) фмоль/мл, NO — 68,2 (63,6; 76,5) мкмоль/мл. Статистически значимых половых различий концентраций вазоактивных эндотелиальных факторов не было установлено: уровень EDN1 у юношей — 0,46 (0,26; 1,41) фмоль/мл, у девушек — 0,5 (0,27; 1,31) фмоль/мл ($p=0,602$), уровень NO у юношей — 69,2 (63,6; 80,5) мкмоль/мл, у девушек — 68,0 (63,7; 72,8) мкмоль/мл ($p=0,393$).

Показатели функционирования сердечно-сосудистой системы у большинства обследуемых значительно не отклонялись от нормальных физиологических значений и не имели половых различий.

Для установления роли полиморфизма rs 6842241 гена EDNRA в изменении гемодинамических показателей были сформированы две группы: C/C («дикий тип») и C/A+A/A (в генотипе присутствует мутантный аллель).

При наличии в генотипе мутантного аллеля A наблюдалась тенденция к повышению как уровня EDN1 на 4,08 % ($\chi^2=57,02$; $p=0,44$), так и NO — на 0,88 % ($\chi^2=57,39$; $p=0,46$).

Хотя наличие полиморфного варианта rs6842241 гена EDNRA не приводило к статистически достоверным изменениям показателей функционирования сердечно-сосудистой системы у молодого населения Европейского Севера, однако, наблюдалась тенденция к изменению ее функционально-резервных возможностей (таблица 1).

Таким образом, установлено, что наличие полиморфного варианта гена приводило к снижению функциональных показателей работы сердца: МОК на 7,77 %, а СОК — на 8,76 %.

Особо следует отметить изменение показателя КВ. У лиц с генотипами C/A и A/A абсолютные его показатели были на 14,6 % выше, чем у лиц с генотипом C/C. Кроме

того, у людей с «диким» генотипом он встречался с частотой 47,73 %, а в группе C/A+A/A — 65,22 % (OR=1,518, S=0,546, CI=0,521-4,426), что говорит об ослаблении функциональных возможностей миокарда.

Показатель	Генотипы Me (P 25-75)		Значение χ^2 , значимость различий (p)
	C/C	C/A+A/A	
СД	113 (109,5; 120)	115 (106; 124)	40,53; 0,143
ДД	70 (67; 78)	74 (68; 80)	30,55; 0,29
ПД	42,5 (35,5; 48,5)	40 (31; 52)	33,21; 0,408
ЧСС	76 (71; 89)	75 (67; 80)	31,27; 0,26
СОК	68,5 (64,9; 73,15)	62,5 (60,4; 71,4)	58,12; 0,434
МОК	5382 (4837; 5763)	4964 (4371; 5720)	67,00; 0,408
КВ	18,5 (15,6; 22,3)	21,2 (14,3; 25,1)	64,78; 0,313
КЭК	3330 (2757; 3811)	2800 (2304; 3900)	64,78; 0,414
ТСК	89,26 (84,28; 100,0)	101,21 (86,25; 105,48)	67,00; 0,443

Показатель резервных возможностей сердечно-сосудистой системы — КЭК был незначительно выше нормы у 73,13 % обследованных молодых людей. У представителей с «диким» генотипом частота встречаемости показателей КЭК выше нормы составляла 81,82 %, в то время как в группе C/A+A/A снижалась до 73,91 % (OR=0,630, S=0,615, CI=0,189–2,102), что также говорит о наличии сдвигов в работе сердечно-сосудистой системы, напряжении механизмов ее адаптации, неэкономичном расходовании ее резервов.

Преобладающими ТСК в выборке являлись сердечно-сосудистый тип (46,27 %) и сердечный тип (44,78 %). Данный факт свидетельствует о смещении регуляции кровообращения в сторону понижения функциональных резервов сердечно-сосудистой системы. Однако

межгрупповое сравнение частот встречаемости различных вариантов ТСК показало, что частота встречаемости сердечного типа в группе C/A+A/A в 1,97 раза ниже, чем в группе обследованных с генотипом C/C (OR=0,582, S=0,528, CI=0,207–1,638), сердечно-сосудистого — выше в 1,1 раза (OR=1,192, S=0,513, CI=0,436–3,254), сосудистого типа — выше в 4 раза (OR=4,632, S=0,908, CI=0,781–27,482).

Заключение

Проведенное исследование показало, что распределение частот генотипов (C/C, C/A и A/A) и аллелей (C и A) гена EDNRA в обследуемой выборке соответствовало закону Харди — Вайнберга и значительно не отличалось от общемировых и европейских популяций. Основные физиологические показатели функционирования сердечно-сосудистой системы показали тенденцию к изменению их абсолютных величин, что указывает на напряженность механизмов регуляции сосудистого тонуса и в целом функционирования сердечно-сосудистой системы уже в молодом возрасте у жителей Европейского Севера. Наличие мутантного аллеля A в генотипе приводило к изменению уровня NO и EDN1, однако не оказывало статистически значимого влияния на показатели функционирования сердечно-сосудистой системы в целом. Полученные результаты, вероятно, связаны с тем, что в исследование были включены молодые люди, проживающие с рождения на Европейского Севере и не имеющие сердечно-сосудистой патологии. Так по данным И.В. Аверьяновой [25] с увеличением сроков проживания в северных широтах происходит последовательное снижение степени напряжения в работе сердечно-сосудистой системы. Изучение роли полиморфизма rs 6842241 гена EDNRA у людей более старшего возраста и с диагностированной кардио-васкулярной патологией может показать более выраженное влияние полиморфизма rs 6842241 гена EDNRA на функционирование сердечно-сосудистой системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бебякова Н.А., Первухина О.А., Фадеева Н.А., Хромова А.В. Полиморфизм генов AGT, AGT2R1 и NOS3 как фактор риска развития дисбаланса вазоактивных факторов // Экология человека. — 2020. — №10. — С. 4–9.
2. Бебякова Н.А., Левицкий С.Н., Шабалина И.А., Командресова Т.М. Полиморфизм генов рецепторов эндотелина-1 и вазоактивные эндотелиальные факторы // Вестник Биомедицина и социология. — 2020. — Т. 5, №2. — С. 58–62. DOI 10.26787/nydha-2618-8783-2020-5-2-58-62.
3. Бебякова Н.А., Левицкий С.Н., Первухина О.А. Полиморфизм генов ренин-ангиотензиновой системы у жителей европейского севера // Современные проблемы науки и образования. — 2019. — № 3. — С. 108.
4. Arai H., Hori S., Aramori I., Ohkubo H., Nakanishi S. Cloning and expression of a cDNA encoding an endothelin receptor // Nature, Lond. — 1990. — Vol. 348. — P. 730–732.
5. Sakurai T., Yanagisawa M., Takuwa Y., Miyazaki H., et al. Cloning of a cDNA encoding a non-isopeptide-selective subtype of the endothelin receptor // Nature, Lond. — 1990. — Vol.348. — P. 732–735.
6. Moreau P., d'Uscio L.V., Shaw S., Takase H., Barton M., Lüscher T.F. Angiotensin II increases tissue endothelin and induces vascular hypertrophy: reversal by ET(A)-receptor antagonist. Circulation. 1997 Sep 2;96(5):1593-7. doi: 10.1161/01.cir.96.5.1593. PMID: 9315552.
7. Barton M., d'Uscio L.V., Shaw S., Meyer P., Moreau P., Lüscher T.F. ET(A) receptor blockade prevents increased tissue endothelin-1, vascular hypertrophy, and endothelial dysfunction in salt-sensitive hypertension. Hypertension. 1998 Jan;31(1 Pt 2):499–504. doi: 10.1161/01.hyp.31.1.499. PMID: 9453352.

8. Böhm F, Ahlborg G, Pernow J. Endothelin-1 inhibits endothelium-dependent vasodilatation in the human forearm: reversal by ETA receptor blockade in patients with atherosclerosis. *Clin Sci (Lond)*. 2002 Mar;102(3):321-7. PMID: 11869173.
9. Mulder P, Boujedaini H, Richard V, Henry J.P., Renet S., Münter K., Thuillez C. Long-term survival and hemodynamics after endothelin-a receptor antagonism and angiotensin-converting enzyme inhibition in rats with chronic heart failure: monotherapy versus combination therapy. *Circulation*. 2002 Aug 27;106(9):1159-64. doi: 10.1161/01.cir.0000027138.07524.38. PMID: 12196345.
10. Schulze-Neick I, Li J., Reader J.A., Shekerdemian L., Redington A.N., Penny D.J. The endothelin antagonist BQ123 reduces pulmonary vascular resistance after surgical intervention for congenital heart disease. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2002 Sep;124(3):435-41. doi: 10.1067/mtc.2002.121492. PMID: 12202858.
11. Шамитова Е.Н., Серебрякова А.А., Жукова А.А. Что такое эндотелины, понятие, роль, происхождение, значение // Международный студенческий научный вестник. — 2019. — № 2.; URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=19594> (дата обращения: 12.02.2023).
12. Cyr C., Huebner K., Druck T., Kris R. Cloning and chromosomal localization of a human endothelin ETA receptor. *Biochem Biophys Res Commun*. 1991 Nov 27;181(1):184-90. doi: 10.1016/s0006-291x(05)81399-3. PMID: 1659806.
13. Бузиашвили Ю.И., Кокшенёва И.В., Мацкеплишвили С.Т., Инаури И.А., Бузиашвили В.Ю., Шуваев И.П., Шерстянникова О.М. Влияние полиморфизма гена эндотелинового рецептора типа А (ENDRA rs1801708) и дисфункции сосудистого эндотелия на результаты чрескожных коронарных вмешательств // Клиническая физиология кровообращения. — 2019. — Т. 16(3). — С. 192–208. DOI: 10.24022/1814-6910-2019-16-3-192-208.
14. Lisi V., Paternoster D.M., Stecca A., Micciché F., Fantinato S., Leon A., Damante G., Fabbro D., Clementi M. Investigation of endothelin-1 type A receptor gene polymorphism (-231 G > A) in preeclampsia susceptibility. *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2007 Feb;20(2):145-9. doi: 10.1080/14767050601127797. PMID: 17437213
15. Kim S.H., Kim J.Y., Kim D.M., Ko H.S., Kim S.Y., Yoo T., Hwang S.S., Park S.S. Investigations on the association between normal tension glaucoma and single nucleotide polymorphisms of the endothelin-1 and endothelin receptor genes. *Mol Vis*. 2006 Aug 29;12:1016-21. PMID: 16971893.
16. Colombo M.G., Ciofini E., Paradossi U., Bevilacqua S., Biagini A. ET-1 Lys198Asn and ET(A) receptor H323H polymorphisms in heart failure. A case-control study. *Cardiology*. 2006; 105(4):246-52. doi: 10.1159/000092374. Epub 2006 Mar 30. PMID: 16582543.
17. Tzourio C., El Amrani M., Poirier O., Nicaud V., Bousser M.G., Alperovitch A. Association between migraine and endothelin type A receptor (ETA -231 A/G) gene polymorphism. *Neurology*. 2001 May 22;56(10):1273-7. doi: 10.1212/wnl.56.10.1273. PMID: 11376172.
18. Nasser S.A., El-Mas M.M. Endothelin ETA receptor antagonism in cardiovascular disease. *Eur J Pharmacol*. 2014 Aug 15;737:210-3. doi: 10.1016/j.ejphar.2014.05.046. Epub 2014 Jun 2. PMID: 24952955.
19. Benjafield A.V., Katyk K., Morris B.J. Association of EDNRA, but not WNK4 or FKBP1B, polymorphisms with essential hypertension. *Clin Genet*. 2003 Nov;64(5):433-8. doi: 10.1034/j.1399-0004.2003.00148.x. PMID: 14616768.
20. Tamiozzo S.R., Lassen O.C., Herrera J., Igarzabal P., Tabares S., Sembaj A. Polimorfismos de un solo nucleótido en genes de endotelina-1 y su receptor A asociados a daño cardiovascular en hipertensión arterial esencial [Single nucleotide polymorphisms in genes of endothelin-1 and receptor A associated to cardiovascular in essential hypertension]. *Hipertens Riesgo Vasc*. 2017 Apr-Jun;34(2):78-84. Spanish. doi: 10.1016/j.hipert.2016.10.003. Epub 2016 Nov 19. PMID: 27876299.
21. Yasuda H., Kamide K., Takiuchi S., Matayoshi T., Hanada H., Kada A., Yang J., Miwa Y., Yoshii M., Horio T., Yoshihara F., Nakamura S., Nakahama H., Tei C., Miyata T., Kawano Y. Association of single nucleotide polymorphisms in endothelin family genes with the progression of atherosclerosis in patients with essential hypertension. *J Hum Hypertens*. 2007 Nov; 21(11):883-92. doi: 10.1038/sj.jhh.1002234. Epub 2007 May 24. PMID: 17525706.
22. Тимашева Я.Р., Насибуллин Т.Р., Имаева Э.Б., Мирсаева Г.Х., Мустафина О.Е. Полиморфизм генов системы эндотелина-1 и риск эссенциальной гипертензии // Медицинская генетика. — 2015. — Т. 14(10). — С. 29–35.
23. Тимашева Ю., Насибуллин Т.Р., Имаева Э.Б., Закирова А.Н., Мустафина О.Е. Полиморфизмы генов А и В рецепторов эндотелина-1 ассоциированы с эссенциальной гипертензией у татар России // *Journal of Hypertension*. — 2015. — Т. 33(5). — С. 378. DOI: 10.1097/01.hjh.0000468555.40726.67. Режим доступа: https://journals.lww.com/jhypertension/abstract/2015/06001/pp_28_16__endothelin_1_receptor_a_and_b_gene.1205.aspx (дата обращения: 01.02.2023)
24. Чернобривцева М.П. Полиморфизм генов рецепторов эндотелина-1 и риск развития сахарного диабета 2 типа // *Материалы 82-го Международного медицинского конгресса молодых ученых «Актуальные проблемы теоретической и клинической медицины»*. — Донецк. — 2020. — С. 90–91.
25. Аверьянова И.В., Вдовенко С.И. Оценка степени напряжения функционального состояния организма человека при различных сроках адаптации к условиям севера // *Экология человека*. — 2021. — № 7. — С. 12–17. — DOI 10.33396/1728-0869-2021-7-12-17.

© Бебякова Наталья Александровна (nbebyakova@mail.ru); Левицкий Сергей Николаевич (sergeylevitski@yandex.ru);
Шабалина Ирина Алексеевна (ira_sha@mail.ru); Жиборт Екатерина Леонидовна (zhibort71@yandex.ru);
Никонова Юлия Михайловна (nickonova.yulia2014@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПОЛИМОРФИЗМ МТДНК И ЕГО РОЛЬ В АДАПТАЦИИ К УСЛОВИЯМ СРЕДЫ И В ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТИ К ЗАБОЛЕВАНИЯМ

MTDNA POLYMORPHISM AND ITS ROLE IN ADAPTATION TO ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND PREDISPOSITION TO DISEASES

A. Dalgatova
Kh. Akaeva
M. Dalgatova
A. Batyrkhanova
A. Pirismailov
A. Davydova

Summary: The article analyzes the role of human mitochondrial DNA population polymorphism in the formation of hereditary adaptation to extreme environmental conditions and predisposition to diseases. Mitochondrial DNA (mtDNA) genotyping is carried out using various methods, including modern high-throughput sequencing technologies. Phylogeographic studies make it possible to reconstruct the family tree of human mtDNA and to estimate the prevalence of characteristic haplotypes in various populations. Studies of the association of mtDNA polymorphisms with diseases are based on a comparison of the prevalence of haplotypes and individual mtDNA variants in patient groups with ethnically matched control samples.

Studies of mtDNA polymorphism in human populations from different geographic regions indicate that some haplotypes and individual mtDNA variants may play a role in population adaptation to high altitude conditions. Studies of associations of mtDNA polymorphisms with multifactorial diseases have revealed haplogroups and individual mtDNA polymorphisms that affect the risk of developing diseases and their complications depending on the population.

Keywords: mitochondrial DNA, genetic adaptation, hereditary predisposition.

Далгатова Асера Арабхановна

к.м.н., ассистент, ФГБОУ ВО ДГМУ Минздрава России
asera80@mail.ru

Акаева Хадиджат Солтановна

ФГБОУ ВО ДГМУ Минздрава России
akaeva91@mail.ru

Далгатова Маликат Абдулаевна

ФГБОУ ВО ДГМУ Минздрава России
dalgat_93@mail.ru

Батырханова Айзанат Батырхановна

ФГБОУ ВО ДГМУ Минздрава России
stom_05@mail.ru

Пирисмаилов Ахмед Исмаилович

ФГБОУ ВО ДГМУ Минздрава России
dgm1932@mail.ru

Давыдова Амина Магдиевна

ФГБОУ ВО ДГМУ Минздрава России
david89@mail.ru

Аннотация. В статье проведен анализ роли популяционного полиморфизма митохондриальной ДНК человека в формировании наследственной адаптации к экстремальным условиям среды и предрасположенности к заболеваниям.

Генотипирование митохондриальной ДНК (мтДНК) осуществляют с помощью различных методов, включая современные технологии высокопроизводительного секвенирования. Филогеографические исследования позволяют реконструировать родословное древо мтДНК человека, оценить распространенность характерных гаплотипов в различных популяциях. Исследования ассоциаций полиморфизма мтДНК с заболеваниями основаны на сравнении распространенности гаплотипов и отдельных вариантов мтДНК в группах пациентов с этнически соответствующими контрольными выборками.

Исследования полиморфизма мтДНК в популяциях человека из различных географических регионов указывают на то, что некоторые гаплотипы и отдельные варианты мтДНК могут играть роль в адаптации популяции к условиям высокогорья. Исследования ассоциаций полиморфизма мтДНК с многофакторными заболеваниями выявили гаплогруппы и отдельные полиморфизмы мтДНК, влияющие на риск развития заболеваний и их осложнений в зависимости от популяции.

Ключевые слова: митохондриальная ДНК, генетическая адаптация, наследственная предрасположенность.

Митохондриальная ДНК (мтДНК) — небольшая, но важная часть нашего генома. В ней закодирована информация о 13 субъединицах комплексов дыхательной цепи митохондрий.

По сравнению с ядерными генами, мтДНК обладает рядом отличительных особенностей: наследова-

ние по материнской линии, отсутствие рекомбинации в мейозе и высокая скорость мутаций (примерно в 10 раз выше, чем в ядерных генах). Как и в Y-хромосоме, новые мутации добавляются к уже существующим, образуя гаплотипы, неизменные в ряду поколений, каждый из которых можно описать последовательностью замен по отношению к предковой последовательности

(MRCA — most recent common ancestor) или к референсной последовательности мтДНК (rCRS — revised Cambridge reference sequence). Митохондриальная ДНК является сегодня, пожалуй, наиболее изученной частью генома человека. Количество секвенированных индивидуальных последовательностей мтДНК исчисляется десятками тысяч, исследованы популяции человека во всех регионах земного шара. Создана подробная филогения гаплотипов мтДНК, в которой отражены «родственные связи» всех нуклеотидных замен, возникших в процессе микроэволюции. Крупные кластеры в этой филогении можно разделить на «африканские», «европейские» (западноевразийские) и «азиатские» (восточноевразийские), в соответствии с местом их происхождения и преимущественного распространения (рисунок 1).

На этом родословном древе встречаются и варианты, приводящие к заменам аминокислот, и мутации в генах транспортных и рибосомных РНК, а также обратные и повторные мутации. Так как мтДНК кодирует белки дыхательной цепи митохондрий, то есть задействована в жизненно важных функциях клетки, логично предположить, что возникающие мутации мтДНК могут быть подвержены отбору. Результаты многочисленных исследований ассоциаций полиморфизма мтДНК с подверженностью к различным заболеваниям указывают на функциональную значимость популяционного полиморфизма. Однако эти результаты зачастую противоречивы — возможно потому, что качественный и количественный состав популяционных генофондов мтДНК является «регион-специфичным». Эта географическая дифференциация может быть обусловлена, с одной сто-

роны, особенностями миграционных процессов, а также «дрейфом генов» — случайным ненаправленным изменением генных частот в популяциях небольшой численности. С другой стороны, распространение отдельных гаплогрупп и гаплотипов мтДНК в некоторых популяциях, проживающих в экстремальных условиях (например, в высокогорье или на Крайнем Севере), может быть результатом отбора локально адаптивных комбинаций полиморфизмов.

Адаптивная и функциональная роль полиморфизма мтДНК

МтДНК кодирует жизненно важные белки, участвующие в синтезе АТФ, а также рибосомные и транспортные РНК, необходимые для их трансляции. И хотя полиморфизм мтДНК на протяжении многих лет являлся одним из основных ДНК-инструментов популяционной и эволюционной генетики человека, нейтральность этого полиморфизма не бесспорна, и вопрос о влиянии отбора на картину полиморфизма мтДНК в популяциях человека ставится уже давно. В некоторых случаях действительно удалось выявить это влияние. Например, анализ отношения синонимичных и несинонимичных замен в европейских гаплогруппах мтДНК выявил следы действия отбора в нескольких линиях [5]. Как было показано, для климатической адаптации особое значение имеют замены в генах цитохрома В и АТФ-синтазы. В результате сравнения синонимичных и несинонимичных замен в филогении мтДНК человека было показано, что гаплогруппа J мтДНК находится под действием отбора и что влияние отбора в митохондриальных линиях сле-

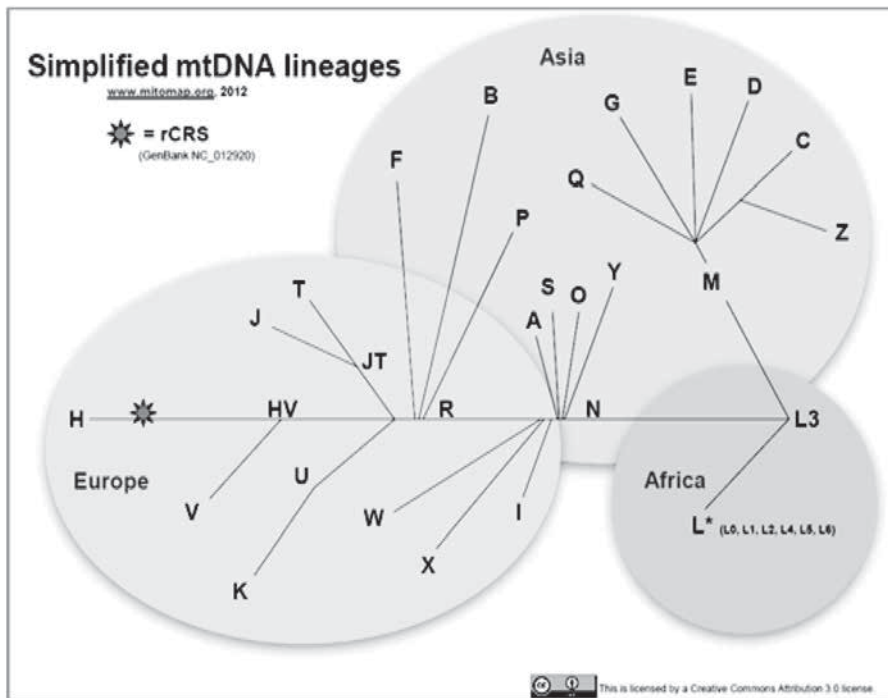


Рис. 1. Схема родословного древа митохондриальной ДНК человека (с сайта www.mitomap.org)

дует учитывать при оценке возраста коалесценции гаплогрупп [2].

Известно, что гаплогруппы H и J мтДНК различаются по эффективности окислительного фосфорилирования и продукции активных форм кислорода: H характеризуется более высокими значениями этих показателей, а J — более низкими. Это было продемонстрировано с помощью цибридов — клеточных линий, которые имеют одинаковый ядерный геном, но отличаются по генотипу мтДНК. При сопоставлении гаплогруппы H и африканской супергаплогруппы L были выявлены различия в продукции АТФ и АФК, а также в уровне экспрессии некоторых ядерных генов [12]. Клеточные линии с гаплогруппой T были более устойчивы к окислительному стрессу [6], а цибридные линии с гаплогруппой J обладали большей скоростью роста и более высокой выживаемостью при сублетальных дозах ультрафиолетового облучения [13]. У больных астенозооспермией с гаплогруппой T при изучении активности окислительного фосфорилирования было выявлено снижение эффективности работы первого комплекса на 23 %, а четвертого комплекса — на 29 %, по сравнению с гаплогруппой H [2].

В высокогорье снижено содержание кислорода в воздухе, и организм испытывает кислородное голодание (на высоте более 1800 м над уровнем моря). В этих условиях адаптационное преимущество могут иметь линии мтДНК, обеспечивающие наиболее эффективную работу электронтранспортной цепи митохондрий. В частности, у шерпов в высокогорных популяциях Тибета выявлено преобладание гаплогрупп C4a3b1 and A4e3a [11]. В другом исследовании выявлен «рисковый» эффект гаплогруппы B и «протективный» эффект гаплогруппы D4 у китайцев в отношении развития отека легких, индуцированного гипоксией [14]. Сравнение высокогорных и равнинных популяций Дагестана выявило дифференциацию по нескольким вариантам ядерных генов, обеспечивающих, по-видимому, адаптацию к высотной гипоксии, однако мтДНК в этой работе не была исследована [9].

Ассоциации полиморфизма мтДНК с долгожительством и многофакторными заболеваниями

Широко известна гипотеза «свободнорадикального старения» Хармана [8], согласно которой старение организма в значительной степени определяется возрастающей дисфункцией митохондрий (и соответственно повышением продукции свободных радикалов). Дисфункция митохондрий, в свою очередь, может быть обусловлена повреждениями мтДНК, накапливающимися в течение жизни. Если же полиморфизм мтДНК также влияет на сопряженность/разобщение окислительного фосфори-

рования, то это может повлиять на индивидуальные «стартовые условия» для процессов старения и возможность долгожительства.

Результаты проведенных исследований указывают на возможную роль полиморфизма мтДНК в формировании предрасположенности к долгожительству, однако выявляемые ассоциации в большинстве случаев являются популяционноспецифичными. Например, гаплогруппа J была ассоциирована с повышенными шансами дожить до столетнего возраста в Северной Италии и в Финляндии [7]. В Японии аналогичные ассоциации показаны для нескольких ветвей гаплогруппы D [8], а во Франции — для гаплогруппы U-K [10]. Таким образом, хотя в каждой популяции есть свои линии мтДНК, ассоциированные с долгожительством, можно предположить, что между ними есть общие черты: например, повторяющиеся варианты в определенных генах или в сайтах регуляции экспрессии/репликации мтДНК. Для исследования этого вопроса необходимо изучение новых популяций. В этом отношении особый интерес представляют различные регионы Кавказа, которые характеризуются как значительным числом долгожителей, так и разнообразным этническим составом, т.е. на одной территории со схожими климатогеографическими условиями сосуществуют несколько изолированных друг от друга генофондов.

Полиморфизм мтДНК может быть ассоциирован и с заболеваниями центральной нервной системы — в частности, с болезнью Альцгеймера. Как и для долгожительства, в разных популяциях ассоциация была выявлена для разных гаплогрупп мтДНК. Например, в итальянской популяции фактором риска болезни Альцгеймера являлась гаплогруппа H5 [12], а в польской — гаплогруппа HV [11]. При анализе ассоциаций полиморфизма мтДНК и болезни Паркинсона было продемонстрировано, что митохондриальные гаплогруппы K и J обладали протективным эффектом, снижая риск развития заболевания почти на 50 % [13].

Сердечно-сосудистые заболевания являются одной из ведущих причин смертности в современном мире. Исследования ассоциаций полиморфизма мтДНК с различными болезнями и фенотипами сердечно-сосудистой системы указывают на роль вариантов мтДНК в формировании риска развития сердечно-сосудистых заболеваний и их осложнений. В частности, нами было показано, что гаплогруппа H1 ассоциирована с ранней смертью от сердечно-сосудистых заболеваний [4]. Такой же неблагоприятный эффект для гаплогруппы H1 был выявлен и в отношении риска развития повторных сердечно-сосудистых катастроф (инфарктов миокарда, ишемических инсультов, прогрессирования сердечной недостаточности) в течение года после первого инфаркта миокарда. Фактором риска для раннего инфаркта

миокарда (до 55 лет) являлись гаплогруппа U2e и замена T16189C [2]. Анализ полиморфизма мтДНК при артериальной гипертензии показал, что гаплогруппа T увеличивала риск развития гипертрофии левого желудочка сердца, а протективный эффект в отношении гипертрофии сердца имела гаплогруппа H [1]. Гаплогруппа J была более распространена у пожилых людей без клинически выраженного атеросклероза сонных артерий и других сердечно-сосудистых заболеваний, по сравнению с пациентами, у которых степень стеноза каротидных артерий составляла более 50 % [3].

Выявлены также ассоциации полиморфизма мтДНК с изменчивостью количественных признаков: например, гаплогруппа H и вариант 16519C были связаны с индексом массы тела у больных с острым коронарным синдромом, а у пациентов с наличием сахарного диабета 2 типа гаплогруппа H была ассоциирована с более высокими значениями глюкозы в крови натощак; выявлена ассоциация гаплогруппы U с толщиной комплекса интима-медиа сонных артерий, найдена ассоциация гаплогруппы H с уровнем холестерина и со значениями глюкозы в крови индивидов при поступлении в стационар [6].

Таким образом, можно сказать, что эффект полиморфизма мтДНК на уровне фенотипа сердечно-сосудистой системы проявляется чаще не в предрасположенности к сердечно-сосудистым заболеваниям в целом, а в модуляции риска развития осложнений и коморбидных фенотипов в пределах сердечно-сосудистого континуума.

Роль полиморфизма мтДНК в проявлении наследственных митохондриальных заболеваний

Пожалуй, наиболее известный пример влияния генетического фона на фенотипическую экспрессию мутаций мтДНК — тот факт, что в популяциях европейского происхождения мутации оптальмопатии Лебера (LHON) чаще проявляются на фоне гаплогруппы J. Например, у населения Германии частота этой гаплогруппы составляет около 7 %, но среди больных LHON — 60 % [9]. Такой эффект гаплогруппы J связывают с большим числом аминокислотных замен в генах субъединиц НАДН-дегидрогеназы (первого комплекса дыхательной цепи). Значение фонового генотипа для мутаций LHON было показано и на монголоидной популяции: у китайцев эти

мутации проявляются чаще на фоне гаплогруппы M7b и реже — на фоне гаплогруппы F [14].

Другая «частая», неоднократно возникающая мутация мтДНК у человека, приводящая к митохондриальным заболеваниям, — замена A3243G в одном из двух генов транспортной РНК лейцина, связанная обычно с синдромом MELAS — Mitochondrial encephalomyopathy, lactic acidosis, and stroke-like episodes (митохондриальная энцефалопатия, лактат-ацидоз, инсультподобные приступы). В исследовании, проведенном в финской популяции (всего обследовано 245 201 человек), 11 индивидов с симптомами митохондриальных заболеваний имели эту мутацию, и у половины из них мтДНК принадлежала к гаплогруппе U, которая определяется полиморфизмом A12308G в другом гене тРНК лейцина. В целом же в финской популяции гаплогруппа U встречается с гораздо меньшей частотой — около 25 %. Во Франции у больных с мутацией A3243G был обнаружен статистически значимый «протективный» эффект гаплогруппы J: она реже регистрировалась в выборке больных по сравнению с популяцией [2]. Интересно, что гаплогруппа U2e, которая у французов встречается с очень низкой частотой (не более 1 %, согласно различным публикациям), в группе пациентов с A3243G была представлена у 5 человек с различными гаплотипами HVSI (3,65 %; различия с популяцией статистически не значимы).

Приведенные данные указывают на то, что при наследственных заболеваниях «генетический фон» локуса, в котором произошла мутация, может влиять на ее фенотипическое проявление.

Заключение

Изучение митохондриального генома в популяциях человека играет важную роль в развитии популяционной, эволюционной и медицинской генетики. Кроме того, эти исследования имеют междисциплинарное значение, так как их результаты дополняют и уточняют картину истории этносов, которая является предметом изучения гуманитарных наук. Структура генофонда населения многонационального Дагестана является уникальной, и его изучение актуально как для филогеографических исследований, так и для поиска возможных адаптивных вариантов и описания закономерностей микроэволюции мтДНК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буйкин С.В., Голубенко М.В., Пузырев В.П. Участие «митохондриальных генов» в формировании гипертрофии левого желудочка при артериальной гипертензии. Молекулярная биология 2010;44(1):28–32.
2. Голубенко М.В., Салахов Р.Р., Макеева О.А. и др. Ассоциации полиморфизма митохондриальной ДНК с инфарктом миокарда и прогностически значимыми признаками атеросклероза. Молекулярная биология 2015;49(6):968–976.
3. Голубенко М.В., Тарасенко Н.В., Макеева О.А., Гончарова И.А., Марков А.В., Слепцов А.А., Комар А., Назаренко М.С., Барбараш О.Л., Пузырев В.П. Полиморфизм мтДНК при клинически выраженном каротидном атеросклерозе: протективный эффект гаплогруппы. Медицинская генетика 2017;16(10):26–28.

4. Жейкова Т.В. Генетическая основа регуляции окислительного стресса: связь с продолжительностью жизни и ишемической болезнью сердца: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Томск, 2013. 24 с.
5. Малярчук Б.А. Сигналы адаптивной эволюции митохондриальных генов у европейцев. Биохимия 2011;76(6):858–863.
6. Салахов Р.Р., Макеева О.А., Кашталап В.В., Барбараш О.Л., Голубенко М.В. Ассоциации полиморфизма митохондриального генома с количественными признаками при инфаркте миокарда и сахарном диабете. Медицинская генетика 2015;14(10):21–24.
7. Dato S., Passarino G., Rose G. et al. Association of the mitochondrial DNA haplogroup J with longevity is population specific. European Journal of Human Genetics 2004;12(12):1080–1082.
8. Harman D. Free radical theory of aging. Mutation Research 1992;275(3–6):257–266.
9. Hofmann S., Jaksch M., Bezold R., Mertens S., Aholt S., Paprotta A., Gerbitz K.D. Population genetics and disease susceptibility: characterization of central European haplogroups by mtDNA gene mutations, correlation with D loop variants and association with disease. Hum Mol Genet. 1997;6(11):1835–1846.
10. Ivanova R., Lepage V., Charron D., and Schachter F. Mitochondrial genotype associated with French Caucasian centenarians. Gerontology 1998;44(6):349.
11. Niemi A.K., Moilanen J.S., Tanaka M., et al. A combination of three common inherited mitochondrial DNA polymorphisms promotes longevity in Finnish and Japanese subjects. European Journal of Human Genetics 2005;13(2):166–170.
12. Nishigaki Y., Fuku N., and Tanaka M. Mitochondrial haplogroups associated with lifestyle-related diseases and longevity in the Japanese population. Geriatrics and Gerontology International 2010;10(1):221–235.
13. Pagani L., Ayub Q., MacArthur D.G., Xue Y., et al. High altitude adaptation in Daghestani populations from the Caucasus. Hum Genet. 2012;131(3):423–433.
14. Pierron D., Rocher C., Amati-Bonneau P., Reynier P., Martin-Négrier M.L., et al. New evidence of a mitochondrial genetic background paradox: impact of the J haplogroup on the A3243G mutation. BMC Med Genet. 2008;(7):9–41.

© Далгатова Асера Арабхановна (asera80@mail.ru); Акаева Хадиджат Солтановна (akaeva91@mail.ru); Далгатова Маликат Абдулаевна (dalgat_93@mail.ru); Батырханова Айзанат Батырхановна (stom_05@mail.ru); Пирисмаилов Ахмед Исмаилович (dgm1932@mail.ru); Давыдова Амина Магдиевна (david89@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕЧЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОЙ БЕССОННИЦЫ СНОТВОРНЫМИ СРЕДСТВАМИ 2-ГО И 3-ГО ПОКОЛЕНИЯ: АГОНИСТАМИ БЕНЗОДИАЗЕПИНОВЫХ РЕЦЕПТОРОВ

COMPARISON OF TREATMENT EFFECTIVENESS PROLONGED INSOMNIA SLEEPING PILLS 2ND AND 3RD GENERATION AGENTS: BENZODIAZEPINE RECEPTOR AGONISTS

**A. Dalgatova
S. Alibekova
T. Abdulbekova
L. Mamedova
A. Ganieva
A. Mamedzhafarova**

Summary: The article presents a comparative characteristic of sleeping pills of the benzodiazepine group and non-benzodiazepine stimulants of benzodiazepine receptors (imidazopyridine derivatives) for the effective and safe treatment of prolonged insomnia (chronic insomnia). The data obtained by the selection of patients suffering from sleep disorders for a long time in the number of 30 people (14 men and 16 women, average age 54.9 ± 1.2 years) were used, which were divided into 2 groups of 15 people on the basis of polyclinic No. 2 in Makhachkala. The duration of the comparative study of the effect of drugs of two different generations (phenazepam and zolpidem) on patients was 28 days (2022).

Keywords: hypnotics, insomnia, chronic insomnia, muscle relaxants, anxiolytics, benzodiazepines, imidazopyridines..

Далгатова Асера Арабхановна

к. м. н., профессор РАЕ, ассистент,
ФБГОУ ВО «Дагестанский государственный
медицинский университет» МЗ РФ
asera.dalgatova@mail.ru

Алибекова Сусанна Наримановна

ФБГОУ ВО «Дагестанский государственный
медицинский университет» МЗ РФ
alibekova.gula@mail.ru

Абдулбекова Тайбат Рустамовна

ФБГОУ ВО «Дагестанский государственный
медицинский университет» МЗ РФ
abdul1997@mail.ru

Мамедова Лейла Таибовна

ФБГОУ ВО «Дагестанский государственный
медицинский университет» МЗ РФ
tamedova95@mail.ru

Ганиева Аида Исмаиловна

ФБГОУ ВО «Дагестанский государственный
медицинский университет» МЗ РФ
ganieva76@mail.ru

Мамеджафарова Амина Худавердиевна

ФБГОУ ВО «Дагестанский государственный
медицинский университет» МЗ РФ
tamed_a@mail.ru

Аннотация. В статье проводится сравнительная характеристика снотворных средств группы бензодиазепинов и небензодиазепиновых стимуляторов бензодиазепиновых рецепторов (производных имидазопиридина) для осуществления эффективного и безопасного лечения длительной бессонницы (хронической инсомнии). Использовались данные, полученные отбором пациентов, длительно страдающих расстройствами сна в количестве 30 чел., (14 мужчин и 16 женщин, средний возраст $54,9 \pm 1,2$ года), которые были разделены на 2 группы по 15 чел., на базе поликлиники №2 г. Махачкала. Длительность сравнительного исследования влияния препаратов двух разных поколений (феназепам и золпидем) на пациентов составляло 28 дней (2022 г.).

Ключевые слова: снотворные средства, бессонница, хроническая инсомния, миорелаксанты, анксиолитики, бензодиазепины, имидазопиридины.

Расстройство сна — один из факторов в оценке качества жизни человека, который встречается в практике большинства врачей любой специальности. Многочисленные исследования показывают, что во всем мире неуклонно растет доля людей, страдающих расстройствами сна. Бессонница, или инсомния, нарушает количество, качество и время сна, что приво-

дит не только к нарушению нормального процесса отдыха человека, но и ухудшает качество жизни, приводит к усугублению течения соматических заболеваний и возникновению психоэмоциональных расстройств, тревожно-депрессивных проявлений [6]. Причиной бессонницы считают стрессы, психические расстройства, заболевания с выраженным болевым синдромом,

прием некоторых препаратов, беременность и гормональные перестройки у женщин, подростковый и пожилой возраст и др.

В настоящее время известно, что бессонница повышает риск развития хронических сердечно — сосудистых заболеваний, артериальной гипертензии инфарктов и инсультов, обостряет течение хронических заболеваний желудочно-кишечного тракта, приводит к метаболическим осложнениям (сахарному диабету 2-го типа, метаболическому синдрому и т. д.), особенно у лиц пожилого возраста [1]. Также расстройство сна отрицательно сказывается на процессе обучения, на механизме кратковременной и долговременной памяти, ведет к нарушению протекания остеогенеза, т.е. процессу образования костной ткани, что повышает риск переломов и развития остеопорозов в детском и подростковом возрасте. Под нарушением качества жизни понимают и снижение работоспособности, быструю утомляемость, заторможенность, снижение когнитивных способностей. Не стоит упускать и усугубление астено — невротических проявлений, головокружений, которые повышают риск падений. Последнее у пожилых лиц повышает риск возникновения резкого ограничения подвижности, вплоть до полной обездвиженности и инвалидизации, что связано с прогрессирующим остеопорозом в этом возрасте. Длительность сна влияет и на продолжительность жизни: установлено, что сон длительностью менее 5–6 ч повышает смертность в 1,6–1,7 раз. Эти и множество других неуказанных фактов, говорят о важности сна для полного здоровья человека и высокой значимости коррекции нарушений при расстройствах даже малой степени выраженности.

На сегодняшний день для купирования симптомов бессонницы на фармацевтическом рынке существует широкий выбор снотворных средств. К снотворным средствам предъявляют ряд требований: восстановление физиологического сна, ускорение его наступления, повышение эффективности сна и минимальное влияние на его структуру, отсутствие постсомнического синдрома (сохранение бодрости и хорошего самочувствия в течение дня). Средство должно быть безопасным для больных, не снижать память, не угнетать дыхания, не вызывать привыкания, физической и психической зависимости, перекрестной токсичности и клинически значимых взаимодействий с другими препаратами [3]. В настоящей статье будет проведено сравнение эффективности и безопасности производных бензодиазепаина и имидазопиридина.

Цель исследования является сравнительная характеристика снотворных средств группы бензодиазепинов и небензодиазепиновых стимуляторов

бензодиазепиновых рецепторов (производных имидазопиридина) для осуществления эффективного и безопасного лечения длительной бессонницы (хронической инсомнии).

Материал и методы

В ходе работы были использованы данные, полученные отбором пациентов, длительно страдающих расстройствами сна в количестве 30 чел., (14 мужчин и 16 женщин, средний возраст $54,9 \pm 1,2$ лет), которые были разделены на 2 группы по 15 чел., на базе поликлиники №2 г.Махачкала. Сравнительное исследование влияния препаратов двух разных поколений на пациентов с расстройством сна велось 28 дней (2020 г.). Пациенты, обратившиеся в поликлинику, получали лечение снотворным средством 2-го поколения — производным бензодиазепаина (Феназепам) и препаратом 3-го поколения — небензодиазепиновым снотворным из группы имидазопиридинов (Золпидем). Феназепам по химическому строению относится к группе производных бензодиазепаина и, как и другие препараты этой группы, оказывает угнетающее влияние на ЦНС, усиливает ингибирующее действие гамма — аминокислоты (ГАМК) — одного из основных медиаторов пре- и постсинаптического торможения передачи нервных импульсов в ЦНС. Данный препарат оказывает не только снотворный, но и седативный, миорелаксирующий, анксиолитический (купирует тревожные состояния), противосудорожный эффекты. Разовая доза препарата, рекомендуемая для исследуемой первой группы пациентов, составляла 0,5–1,0 мг. Золпидем — препарат, который относится к новому 3-му поколению бензодиазепиновых снотворных. Он избирательно взаимодействует с центральными бензодиазепиновыми рецепторами (подтипом рецепторов ω -1). Оказывает снотворное действие, не обладая заметным миорелаксирующим, анксиолитическим, противосудорожным и остаточным седативным действием [9].

Первой группе пациентов были назначены снотворные препараты 2-го поколения, второй группе — 3-го поколения. В лечении нарушений сна Феназепам оказал, в целом, благоприятное влияние на все симптомы данной патологии у представленной группы лиц (нарушения засыпания, ночные пробуждения, нарушение сна алкогольного происхождения). Препарат, в указанной выше дозировке, принимался каждый день, на ночь, за 30 мин перед отходом ко сну. После проведенного курса лечения уменьшилось время засыпания, количество ночных пробуждений, увеличилась продолжительность сна. Пациенты не отмечали явлений утренней сонливости и вялости на следующий день после приема препарата. Однако после его отмены, спустя 28 дней курса терапии, у 73,3 % (11 чел) из исследуемой группы были обнаруже-

ны типичные симптомы «синдрома отмены» бензодиазепинов: тревожность, раздражительность, нарушение сна, тремор, снижение памяти, головокружение, головные боли, чувство онемения и «ползания мурашек», спастические боли в животе и мышцах всего тела. Из них у 72,8 % (8 чел.) исследуемых отмечалась легкая форма расстройства (синдром отмены купировался отмененным препаратом, т.е. Феназепамом), а у 27,3 % (3 чел.) наблюдались тяжелые проявления синдрома отмены: выраженные вегетативными изменения-тахикардия, гипергидроз, гипертермия, рвота, головные боли, отсутствие аппетита, дезориентация в пространстве, нарушения зрения и речи, психозы, галлюцинации. Вторая группа исследуемых принимала Золпидем (Ивадал) в течение 28 дней, в дозах равной 10 мг. Препарат хорошо переносился исследуемой группой: прием Золпидема увеличивал продолжительность сна и уменьшал время засыпания, не вызывал развития привыкания и дневной сонливости.

Также, на протяжении курса терапии этим препаратом, не были обнаружены серьезные побочные эффекты: лишь 20 % исследуемых (3 чел.) жаловались на легкое возбуждение дрожь в теле, тяжесть в голове, головокружения, которые исчезали во второй половине дня. Только один пациент из данной группы (6,67 %) подтвердил наличие симптомов «синдрома отмены» после прекращения приема препарата (см. в таблице).

Таблица 1.

Сравнение «синдрома отмены» препаратов 2-го и 3-го поколения: агонистов бензодиазепиновых рецепторов

1 группа (15 чел.) Препарат 2-го поколения (Феназепам)	2 группа (15 чел.) Препарат 3-го поколения (Золпидем)
73,3 % (11 чел.)	6,67% (1 чел.)
Из них:	
● легкая форма ≈ 72,8% (8 чел.)	
● тяжелая форма ≈ 27,3% (3 чел.)	

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что небензодиазепиновое снотворное средство Золпидем является эффективным препаратом в лечении длительных бессонниц (хронической инсомнии), восстановлении естественной структуры сна. Препарат, обладая высокоселективным действием, сочетающееся с безопасным профилем и отсутствием явления последействия на утро следующего дня, свел к минимуму проблемы, связанные с приемом снотворных препаратов и позволил его использование в общесоматической практике не только амбулаторных, но и стационарных условий. Частота побочных эффектов при приеме снотворного препарата 3-го поколения значительно ниже, нежели при использовании производных бензодиазепина (2-го поколения). Учет побочных эффектов бензодиазепинов во врачебной практике необходим для повышения потенциальной безопасности применения лекарственных средств данной группы, выстраивания правильной тактики и схемы лечения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кинкулькина М.А. Депрессии при различных психических заболеваниях: Дисс. ... докт. мед. наук. М., 2007. 285 с.
2. Мазо Г.Э. Депрессивные нарушения в клинике эндогенных психозов (клинико-фармацевтическое исследование): Дисс. ... докт. мед. наук. СПб., 2005. 384 с.
3. Смулевич А.Б. Депрессии при соматических и психических заболеваниях. М., 2003. 432 с.
4. Шмуклер А.Б. Проблема шизофрении в современных исследованиях: достижения и дискуссионные вопросы. // Медпрактика — М., 2011. 83 с.
5. Addington D.D., Azorin J.M., Falloon I.R.H. Clinical issues related to depression in schizophrenia: an international survey of psychiatrists //
6. Acta Psychiatr. Scand. 2002. Vol. 105. P. 189–195.
7. Baynes D., Mulholland C., Cooper S.J., Montgomery R.C., MacFlynn G., Lynch G., Kelly C., King D.J. Depressive symptoms in stable chronic schizophrenia: prevalence and relationship to psychopathology and treatment // Schizophr. Res. 2000. Vol. 45. P. 47–56.
8. Bressan R.A., Costa D.C., Jones H.M., Ell P.J., Pilowsky L.S. Typical antipsychotic drugs — D2 receptor occupancy and depressive symptoms in schizophrenia // Schizophr. Res. 2002. Vol. 56. P. 31–36.
9. Möller H.-J. Occurrence and treatment of depressive comorbidity in schizophrenic psychoses: conceptual and treatment issues // World J. Biol. Psychiatry. 2005 Vol. 6, N 4. P. 247–263.
10. Norholm V., Bech P. Quality of life in schizophrenic patients: association with depressive symptoms // Nord J. Psychiatry. 2006. Vol. 60, N 1. P. 32–37.
11. Siris S.G., Addington D., Azorin J.M., Falloon I.R., Gerlach J., Hirsch S.R. Depression in schizophrenia: recognition and management in the USA // Schizophr. Res. 2001. Vol. 47. P. 185–197.

© Далгатова Асера Арабхановна (asera.dalgatova@mail.ru); Алибекова Суссанна Наримановна (alibekova.gula@mail.ru);
 Абдулбекова Тайбат Рустамовна (abdul1997@mail.ru); Мамедова Лейла Таибовна (mamedova95@mail.ru); Ганиева Аида Исмаиловна (ganieva76@mail.ru);
 Мамеджафарова Амина Худавердиевна (mamed_a@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОФУНГИЦИДНЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ РАСТЕНИЙ

EFFECTIVENESS OF BIOFUNGICIDAL BACTERIAL PREPARATIONS FOR PLANTS

I. Kovalyova
N. Ivancova

Summary: The article presents an experimental study, during which a study was conducted on the effect of biofungicidal drugs on plant micromycetes. As a result of our experience *in vitro*, the biological effectiveness of biofungicides was established: «Alirin-B», «Sporobacterin», «Phytopsporin-M», «Phytopsporin-K», «Garden Rescuer» on plant micromycetes. The data obtained showed that *Fusarium sp.* showed the greatest sensitivity to all tested drugs. Preparations «Sporobacterin», «Phytopsporin-K», «Garden Rescuer» showed complete (100 %) suppression of mycelium growth of this fungus. Also, high sensitivity was detected in *Penicillium expansum*. The drugs «Alirin-B», «Phytopsporin-M», «Garden Rescuer» inhibited the growth of mycelium by 100%. *Mucor racemosus* was affected only by «Phytopsporin-K», inhibited growth by 100 %. For *Aspergillus sp.*, the only effective (100 %) drug is «Sporobacterin». It was revealed that the greatest suppression of growth is provided by drugs: «Sporobacterin», «Phytopsporin-K». The study of the properties of safer drugs using laboratory methods using axenic cultures of micromycetes remains relevant in determining the effectiveness of biofungicides. The obtained data can be applied in the field of phytopathology, biotechnology and agriculture.

Keywords: biofungicidal preparations, micromycetes, epiphytic microflora.

Введение

Иntenсивное применение разнообразных агрохимикатов для борьбы с патогенной микрофлорой влечет за собой экологическое загрязнение почв и, как следствие влияет на количество и разнообразие растительного покрова и почвенных микроорганизмов, так как имеют в своем составе различные химические соединения или элементы, такие как: соли металлов, кислоты, сера и т.д. Основное достоинство биофунгицидов, отличающихся особым качеством и количественным составом ряда микроорганизмов, заключается в низкой токсичности, которую они демонстрируют при весьма высокой эффективности. Опрыскивание растений эпифитной микрофлорой, позволяет увеличить антагонистическое действие эпифитов к фитопатогенным микроорганизмам.

Ковалева Ирина Аркадьевна
кандидат биологических наук, доцент,
Северо-Кавказский федеральный университет,
г. Ставрополь
kovalevairina3006@gmail.com
Иванцова Нина Владимировна
Северо-Кавказский федеральный университет,
г. Ставрополь
Ninalvko57@gmail.com

Аннотация. В статье представлено экспериментальное исследование, в ходе которого, проведено исследование по влиянию препаратов биофунгицидного действия на микромицеты растений. В результате проведенного нами опыта в условиях *in vitro*, установлена биологическая эффективность биофунгицидов: «Алирин-Б», «Споробактерин», «Фитоспорин-М», «Фитоспорин-К», «Садовый спасатель» на микромицеты растений. Полученные данные показали, что наибольшую чувствительность ко всем тестируемым препаратам проявил *Fusarium sp.* Препараты «Споробактерин», «Фитоспорин-К», «Садовый спасатель» проявили полное (100 %) подавление роста мицелия этого гриба. Также высокая чувствительность выявлена у *Penicillium expansum*. Препараты «Алирин-Б», «Фитоспорин-М», «Садовый спасатель» ингибировали рост мицелия на 100 %. На *Mucor racemosus* оказал влияние только «Фитоспорин-К», ингибировал рост на 100 %. Для *Aspergillus sp.*, единственным эффективным (100 %) препаратом является «Споробактерин». Выявлено что, наибольшее подавление роста оказывают препараты: «Споробактерин», «Фитоспорин-К». Изучение свойств более безопасных препаратов с помощью лабораторных методов с использованием аксеничных культур микромицетов остается актуальным в определении эффективности биофунгицидов. Полученные данные можно применять в области фитопатологии, биотехнологии и сельском хозяйстве.

Ключевые слова: биофунгицидные препараты, микромицеты, эпифитная микрофлора.

Цель исследований — влияние препаратов биофунгицидного действия на ростовые свойства микромицетов растений.

Исследования проводились в 2021–2022 гг. в лаборатории базовой кафедры микробиологии ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет».

Объектами исследования послужили эпифитные микромицеты: *Mucor racemosus*; *Penicillium expansum*, *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.*, выделенные с поверхности филлоплана растений (яблоня, груша, слива).

Идентификацию микромицетов проводили по общепринятым методикам и опираясь на следующие источники [2, 4, 9].

Приведённые результаты являются первым сообщением о чувствительности микромицетов: *Mucor racemosus*, *Penicillium expansum*, *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.*, к некоторым коммерческим антифунгальным препаратам: «Алирин-Б», «Споробактерин», «Фитоспорин-М», «Фитоспорин-К», «Садовый спасатель» и указывают на высокую видоспецифичность эффективности различных биологических фунгицидов в отношении этих микромицетов.

В настоящее время разработано достаточно препаратов для борьбы с микозами. Необходимо отметить, что они бывают разного происхождения, состава, цели и действия. С одной стороны, разнообразие фунгицидов дает выбор в борьбе с заболеванием, с другой встает вопрос об эффективности и безопасности препаратов.

Повышение пестицидной нагрузки на агроценоз, приводит к разбалансировке всего комплекса биологических, химических и физиологических процессов, как в растениях, так и в почве [1].

Кроме того, не всегда можно оценить эффективность ингибирования химпрепарата по отношению к конкретному виду микромицета, так как многие патогены способны приобретать резистентность к фунгициду становясь не эффективными в отличие от биофунгицидов, которые не вызывают устойчивость к микромицетам [6].

По этой причине возникает необходимость изучения эффективности препаратов в отношении отдельных видов с помощью лабораторных методов с использованием аксеничных культур грибов [7].

На сегодняшний день наиболее безопасными становятся препараты биофунгицидного действия, так как они отличаются особым качеством, видовым составом и количественными показателями ряда микроорганизмов, которые являются антагонистами фитопатогенных бактерий и гнилостных грибов, тем самым, предохраняя растения от заболеваний, оказывая антимикробное и ростостимулирующее действие [3].

Биологические фунгициды имеют очень широкий диапазон действия, что позволяет защитить растения от огромного количества болезней: заплесневения семян, корневой гнили, мучнистой росы, бурой росы, фитофторы, альтернариоза, фузариоза, фомоза, коккомикоза, бактериозов и разного рода пятнистостей и гнилей. Оказывают положительный эффект на укоренение, развитие, цветение, завязывание плодов у растения. Улучшают фосфорное питание культуры, активизируют деятельность почвенной микрофлоры. Биопрепараты, будучи производными синтеза белковых кристаллов и спор, обладают избирательной токсичностью (селективностью) [4]. Такое качество препарата означает со-

хранение эпифитных микроорганизмов, развивающихся на поверхности различных органов растений. Эпифитная микрофлора служит первичным барьером для защиты растений от попадающих из окружающей среды сапрофитных, условно-патогенных и патогенных микроорганизмов, что делает перспективным и актуальным исследование по данной проблеме [8].

Нами не найдены сообщения об оценке эффективности биофунгицидов в условиях *in vitro* на таких представителях микозов: *Mucor racemosus*, *Penicillium expansum*, *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.*, вызывающих плесневение, гниль различных органов растений и сочных тканей плодов и овощей. Однако в литературе представлены результаты чувствительности возбудителя парши (возбудитель *Venturia inaequalis* Aderh. в сумчатой и *Fusicladium dendriticum* Fuck. в конидиальной стадиях по отношению к некоторым биологическим препаратам. В полевых и производственных опытах изучали агат-25К ТПС (на основе бактерии *Pseudomonas aureofaciens* H16), планриз, Ж *Pseudomonas fluorescens*). Оценка эффективности препаратов и их последствие на культуру проводили на модельных деревьях (по 10 в каждом опыте) путем изучения интенсивности проявления заболевания на листьях, плодах и учета урожая по стандартным методикам. Механизм защитного действия биофунгицидов заключается в фунгистатическом эффекте в результате как фунгицидного их действия, так и активизации природных антагонистов фитопатогенов и изменения физиологического состояния растений, обуславливающих иммунный статус яблони. Биофунгициды агат-25К, планриз Ж оказывают фунгистатические, иммуномодулирующие и ростостимулирующие эффекты только в определенной дозировке, превышение которой существенно снижает их положительное действие на растения [5].

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в 2021–2022 гг. в лаборатории базовой кафедры микробиологии ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет». Объектами исследования послужили эпифитные микромицеты: класса зигомицеты (*Zygomycetes*) — *Mucor racemosus*; класса аскомицеты (*Ascomycetes*) — *Penicillium expansum*, *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.*, выделенные с поверхности и корней растений. Предмет исследования — эффективность действия коммерческих биофунгицидов на ростовые свойства эпифитных микромицетов.

Выделение фитопатогенных микромицетов проводили, используя метод реплик филлоплана модельных растений на плотную питательную среду (ПС) Сабуро. Сущность метода заключается в том, чтобы перенести с листовой пластины на плотную ПС эпифитную микрофлору растения. И на заранее приготовленную ПС Сабуро методом отпечатка листовой пластинки с двух сторон

осуществлялся посев. Подписанные засеянные чашки, перевернув их вверх дном, инкубировали в термостате 7 суток, при $t = 30^{\circ}\text{C}$.

В работе изучено действие следующих биологических фунгицидов:

- «Алирин-Б» (1 табл./5 л воды/м²), действующее вещество (ДВ) — *Bacillus subtilis*, штамм В-10 ВИЗР титр не менее 10^9 КОЕ/мл;
- «Споробактерин» (5г/5л), ДВ — споры *Trichoderma viride*, штамм 4097 — титр не менее 10^8 КОЕ/г и *Bacillus subtilis* — титр не менее 10^8 КОЕ/г;
- «Фитоспорин-М» (50 г/100мл), ДВ — бактерии *Bacillus subtilis*, штамм 26Д, титр живых спор и клеток не менее — 2 млрд КОЕ/г;
- «Фитоспорин-К» (50 г/100мл), ДВ — *Bacillus subtilis* 26Д, титр живых спор и клеток не менее 100 млн/г, гуматы Гуми;
- «Садовый спасатель» (10г/10л) ДВ — *Lactobacillus parafarraginis* штамм Lp18;
- контроль — не обработанные препаратом микромицеты.

Растворы биофунгицидов готовили из расчета концентраций, рекомендуемых производителем, таким образом: на 100 мл стерильной воды добавляли: 15 мкл «Алирин-Б»; 50 мкл «Споробактерин»; 200 мкл «Фитоспорин-М»; 200 мкл «Фитоспорин-К»; 100 мкл «Садовый спасатель». Водные растворы препаратов готовили в день эксперимента. В каждую чашку Петри с агаризованной ПС Сабуро наносили по несколько капель

водного раствора препарата и равномерно распределяли стерильным стеклянным шпателем Дригальского по поверхности ПС. Посев изолятов данных микромицетов производили бактериологической петлей в центр чашки Петри в трехкратной повторности. Полученные посевы ставили в термостат на 7 суток при температуре 30°C . Критерием оценки биологической эффективности (БЭ) препаратов служил мицелиальный рост, анализ которого проводили визуально по уменьшению роста или его отсутствию грибных изолятов на чашках исследуемой культуры агента по сравнению с контролем [4].

Результаты и обсуждение

Все изученные биофунгициды в разной степени вызвали ингибирование роста мицелия анализируемых микромицетов (рис. 1).

Наибольшую чувствительность ко всем тестируемым препаратам проявил *Fusarium sp.* Препараты «Споробактерин», «Фитоспорин-К», «Садовый спасатель» проявили полное (100 %) подавление роста мицелия этого гриба. Под действием препаратов «Фитоспорин-М» и «Алирин-Б» выявлялся рост *Fusarium sp.*

Также высокая чувствительность выявлена у *P. expansum*. Препараты «Алирин-Б», «Фитоспорин-М», «Садовый спасатель» ингибировали рост мицелия на 100 %. Препараты «Споробактерин», «Фитоспорин-К» не оказали 100 % эффективности.

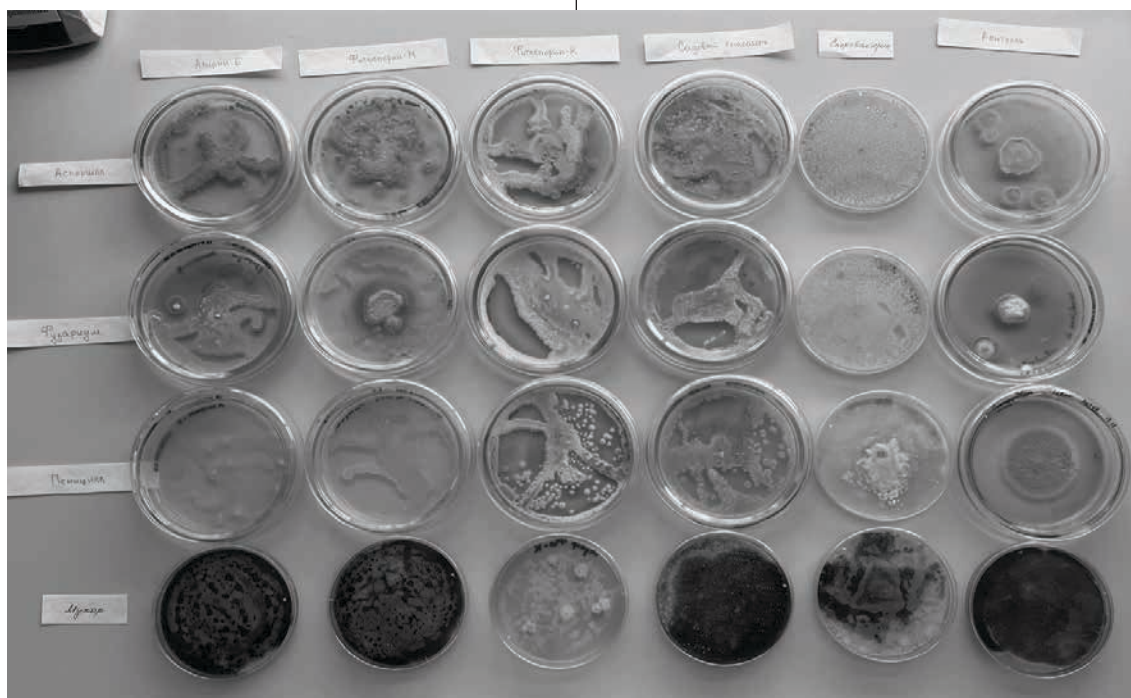


Рис. 1. Влияние биофунгицидов на ростовые свойства микромицетов: *Mucor racemosus*, *Penicillium expansum*, *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.* на ПС Сабуро

Для микромицетов *Mucor racemosus*, *Aspergillus sp.* выявлено почти полное отсутствие чувствительности к препаратам «Алирин-Б», «Фитоспорин-М», «Садовый спасатель». Только «Фитоспорин-К», ингибировал рост *M. racemosus* на 100 %. Для *Aspergillus sp.*, единственным эффективным (100 %) препаратом является «Споробактерин».

Из полученных данных, можно судить о биологической эффективности отдельных препаратов. Так, наибольшее подавление роста оказывают препараты: «Споробактерин», «Фитоспорин-К». Полученные результаты, отражающие рост или его отсутствие, указывают на высокую видоспецифичность действия биофунгицидов по отношению к исследуемым культурам микромицетов.

Таким образом, в результате проделанной работы было выделено 10 штаммов микроорганизмов с зараженных частей растений и ризосферы. На принципах изучения основных морфологических и культуральных свойств из 10 штаммов, нами были идентифицированы микромицеты: 2 штамма рода *Mucor sp.*; 2 штамма

рода *Penicillium sp.*, 3 штамма *Fusarium sp.*, 3 штаммов *Aspergillus sp.* Экспериментально установлена биологическая эффективность биофунгицидов: «Алирин-Б», «Споробактерин», «Фитоспорин-М», «Фитоспорин-К», «Садовый спасатель» на микромицеты растений. Полученные данные показали, что наибольшую чувствительность ко всем тестируемым препаратам проявил *Fusarium sp.* Препараты «Споробактерин», «Фитоспорин-К», «Садовый спасатель» проявили полное (100 %) подавление роста мицелия этого гриба. Также высокая чувствительность выявлена у *P. expansum*. Препараты «Алирин-Б», «Фитоспорин-М», «Садовый спасатель» ингибировали рост мицелия на 100 %. На *M. racemosus* оказал влияние только «Фитоспорин-К», ингибировал рост на 100 %. Для *Aspergillus sp.*, единственным эффективным (100 %) препаратом является «Споробактерин». Выявлено что, наибольшее подавление роста оказывают препараты: «Споробактерин», «Фитоспорин-К». Полученные результаты, указывают на высокую видоспецифичность действия биофунгицидов по отношению к исследуемым культурам микромицетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арифова З.И. Влияние микробиологических препаратов на морфоструктуру, урожайность и качество ягод малины // Таврический вестник аграрной науки. 2019. Вып. 1 (17). — С. 6–12.
2. Гарибова Л.В., Лекомцева С.Н. Основы микологии. Морфология и систематика грибов и грибоподобных микроорганизмов. М.: Т-во научных изданий КМК, 2005. — 220 с.
3. Минаева О.М., Акимова Е.Е., Евдокимов Е.В. Кинетические аспекты ингибирования роста фитопатогенных грибов ризосферными бактериями // Прикладная биохимия и микробиология. 2008. Т. 44. N 5. С. 565–570.
4. Минаева О.М., Акимова Е.Е., Зюбанова Т.И., Терещенко Н.Н. М61 Биопрепараты для защиты растений: оценка качества и эффективности: учеб. пособие. — Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2018. С. 12–34.
5. Рябчинская Т.А., Харченко Г.Л. Биофунгициды и регуляторы роста растений в защите яблони от парши // Вестник защиты растений. № 2. 2003. — С. 38–46.
6. Чекмарев В.В. Методика определения биологической эффективности фунгицидов в отношении грибов рода *Fusarium* и их резистентности к химическим препаратам. Тамбов: Принт-Сервис, 2015. — 61 с.
7. Чекмарев В.В., Дубровская Н.Н., Корабельская О.И., Бучнева Г.Н. Биологическая оценка фунгицидов in vitro // Зерновое хозяйство России. 2017. № 5 (53). С. 65–68.
8. Штерншис М.В., Андреева И.В., Томилова О.Г. Биологическая защита растений: учеб. 2-е изд., испр. и доп. СПб.: Лань, 2018. — 332 с.
9. Благовещенская Е.Ю. Фитопатогенные микромицеты. Учебный определитель / Е.Ю. Благовещенская. — М.: ЛЕНАНД, 2015. — 240 с.

© Ковалева Ирина Аркадьевна (kovalevairina3006@gmail.com); Иванцова Нина Владимировна (Ninalvko57@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВЛИЯНИЕ ТИРАМА НА КОЛИЧЕСТВЕННУЮ ПРЕДСТАВИТЕЛЬНОСТЬ БИФИДО- И ЛАКТОБАКТЕРИЙ И КОРРЕКЦИЯ ДИСБИОЗА

THIRAM INFLUENCE ON THE QUANTITATIVE REPRESENTATION OF BIFIDO- AND LACTOBACTERIA AND CORRECTION OF DYSBIOSIS

V. Korolev
O. Medvedeva
V. Riadnova
E. Korolev
M. Babaeva

Summary: Currently, tiram group pesticides are intensively used in agriculture. When ingested, these drugs can cause changes in the colon microbiota, resulting in the development of dysbiosis.

Keywords: pesticides, antioxidant protection, lipid peroxidation, dysbiosis, tiram, synbiotic, sea buckthorn oil.

Королев Владимир Анатольевич

Доктор биол.наук, профессор, ФГБОУ ВО
Курский государственный медицинский университет
medecol1@yandex.ru

Медведева Ольга Анатольевна

Доктор биол.наук, профессор, ФГБОУ ВО
Курский государственный медицинский университет
olgafrida@rambler.ru

Ряднова Вера Анатольевна

Ассистент, ФГБОУ ВО Курский государственный
медицинский университет
veraan8@yandex.ru

Королев Егор Владимирович

ФГБОУ ВО Курский государственный
медицинский университет
medecol1@yandex.ru

Бабаева Мадина Акифовна

ФГБОУ ВО Курский государственный
медицинский университет
bmadina.2002@mail.ru

Аннотация. В настоящее время пестициды тирамовой группы интенсивно применяются в сельском хозяйстве. Данные препараты, попадая в организмы, способны вызывать изменения микробиоты толстой кишки, в результате чего развивается дисбиоз.

Ключевые слова: пестициды, антиоксидантная защита, перекисное окисление липидов, дисбиоз, тирам, синбиотик, облепиховое масло.

Актуальность

В агропромышленном производстве пестициды являются важным средством защиты растений и повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Для борьбы с болезнями, вредителями и сохранения урожая используют широкий спектр пестицидов [1]. Широкомасштабное использование пестицидов и других стойких органических загрязнителей приводит к загрязнению воды, почвы, воздуха и биоты. Попадая в экосистему ксенобиотики, создают угрозу для человека, препятствуют нормальному функционированию многих систем организма, и особенно системы пищеварения [2, 3].

Желудочно-кишечный тракт человека и других млекопитающих колонизирует обширная и разнообразная группа микробов, среди которых доминирующими являются колонии бифидо- и лактобактерий [4]. Макроорганизм и его микрофлора является единой экологической системой, находящейся в состоянии динамического равновесия [5]. Нарушение такой связи, в результате

действия ксенобиотиков, приводит к изменению количественного и/или качественного состава бактериальной флоры, обусловленному динамическим нарушением микроэкологии кишечника в результате расстройства адаптационных, защитных и компенсаторных механизмов [6].

Процессы свободнорадикального окисления более интенсивно протекают в результате действия различных токсикантов на организм, в результате чего происходит накопление продуктов перекисного окисления липидов и нарушение работы антиоксидантной защиты организма [7].

С целью восстановления прооксидантно-антиоксидантного статуса целесообразно применять препараты антиоксидантной группы совместно с синбиотиками [8].

Цель исследования

Изучить состояние лакто- и бифидобактерий толстого кишечника экспериментальных животных при суб-

хронической интоксикации фунгицидом тирам и коррекции экспериментального дисбиоза синбиотиком Бифилар и облепиховым маслом.

Материалы и методы

Для эксперимента использованы крысы линии Wistar с массой тела 200 гр. Экспериментальные животные распределялись на 10 групп по 10 животных в каждой. Первая группа — это интактные животные, ставшие биологическим контролем. Группы 2–5 получали фунгицидный препарат тирам в дозе 1,6 мг (1/50 LD50) длительностью 28 дней, тем самым формировалась субхроническая интоксикация. Чтобы исключить физиологический стресс у животных тирам добавляли в стандартный пищевой рацион. К измельченному корму добавляли тирам и 2 мл дистиллированной воды, формировали гранулы и сушили в естественных условиях лаборатории. На 7, 14, 21, 28 сутки производили забой и осуществляли забор материала, в дальнейшем экспериментальных животных декапитировали под слабым эфирным наркозом. Крысы 6 группы после 28 дней интоксикации получали 21 день дистиллированную воду. Забой производили через 21 день после введения воды. В 7 группе субхроническая интоксикация формировалась так же 28 дней, в дальнейшем животные получали стандартный пищевой рацион в течении 30 дней. Забой производили через 30 суток. После 28 суток интоксикации тирамом самцы крыс 8 группы получали облепиховое масло 30 суток в объеме 0,17 мл из расчета на одно животное. Забой произвели через 30 дней коррекции. 9 группа животных получала тирам 28 дней, в дальнейшем 21 день синбиотик Бифилар в объеме 0,17 мл. Через 21 сутки коррекции произвели забой животных. Субхроническая интоксикация в 10 группе длилась 28 суток. Корректировали состояние животных данной группы облепиховым маслом в дозе 0,78 мг/кг и Бифиларом в дозе 85,68 мг/кг, забой производили через 30 дней применения.

Расчет дозы фунгицида тирам проводили исходя из токсикологических данных: LD50 для крыс составляет 400 мг/кг. В эксперименте использовалась доза 1/50 LD50 и после расчета для 200 граммовых экспериментальных животных она составила 8 мг/кг (1,6 мг) [9].

По методике Л.И. Кафарской и В.М. Коршунова была исследована пристеночная микрофлора толстой кишки (качественная и количественная) [10]. Идентифицировали микроорганизмы при помощи масс-спектрометра Maldi Biotyper Microflex.

Активность ферментов системы АОЗ изучали по содержанию супероксиддисмутазы и каталазы с использованием наборов фирмы CelBioLabs в микропланшетном формате на биохимическом анализаторе Clima RAC (Испания).

Результаты

В контрольной группе количество Bifidobacterium составило $lg 8,95 \pm 1,29$, Lactobacillus — $lg 6,32 \pm 0,66$. В динамике субхронической интоксикации наблюдалось снижение количества изучаемых представителей и достигло своего максимума в группе «Тирам 28 сутки». Так, количество бифидобактерий снижалось до $lg 3,00 \pm 0,27$ (в 2,98 раза ($p < 0,001$)), лактобацилл — до $lg 2,50 \pm 0,25$ (в 2,53 раза ($p < 0,001$)) (таблица 1).

Состояние антиоксидантной защиты организма оценивали при помощи активности супероксиддисмутазы и каталазы в гомогенате ткани толстой кишки и плазме крови. Наиболее выраженное уменьшение данных показателей наблюдается при сроке введения тирама на 28 сутки. Активность каталазы снизилась в 1,94 раза ($p < 0,001$), супероксиддисмутазы — в 2,34 раза ($p < 0,001$) по сравнению с интактной группой животных.

Выявленные нарушения антиоксидантной защиты могут стимулировать процессы липопероксидации, это приводит к накоплению продуктов перекисного окисления липидов. Увеличение концентрации малонового диальдегида и диеновых конъюгатов в 2,57 раза ($p < 0,001$) и 2,37 раза ($p < 0,001$) соответственно наблюдается в группе «Тирам 28 сутки» по сравнению с группой контроля (таблица 2).

Введение тирама в течении 7 суток не привело к статистически значимым изменениям значений определяемых показателей плазмы крови экспериментальных животных.

В группе «Тирам 14 суток» произошло достоверное увеличение малонового диальдегида в 1,75 раза ($p < 0,001$). Активность каталазы сократилась с $11,80 \pm 1,12$ до $8,16 \pm 0,86$, супероксиддисмутазы $13,79 \pm 1,40$ до $9,92 \pm 1,04$.

Применение тирама на 21 сутки оказал существенное влияние на показатели плазмы крови. Произошло увеличение содержания МДА в 1,99 раза и ДК в 1,48 раза по сравнению с группой интактных животных. Сократилось количество каталазы в 1,68 раза и СОД в 1,68 раза (таблица 3).

В группе животных, получавших стандартный пищевой рацион на протяжении 21 дня после проведенной интоксикации тирамом 28 суток, наблюдается увеличение количества лактобацилл и бифидобактерий в 1,40 и 1,71 раза ($p < 0,05$ и $p < 0,001$) соответственно по сравнению с группой «Тирам 28 сутки». При применении препарата Бифилар наблюдается нарастание лактобацилл в 2,39 раза и бифидобактерий в 2 раза по сравнению с группой «Контроль (вода)» (таблица 4).

Таблица 1.

Количественный состав бифидо- и лактобактерий толстой кишки крыс при применении тирама, lg КОЕ/г (M±m)

Микроорганизмы	Контроль (интактные)	Тирам 7 сут.	Тирам 14 сут.	Тирам 21 сут.	Тирам 28 сут.
Lactobacillus spp.	6,32±0,66	3,89±0,41**	3,65±0,48***	3,11±0,44***	2,50±0,25***
Bifidobacterium spp.	8,95±1,29	5,43±0,54*	4,87±0,51**	3,14±0,36***	3,00±0,27***

Примечание: * — $p < 0,05$ по сравнению с контрольной группой, ** — $p < 0,01$ по сравнению с контрольной группой, *** — $p < 0,001$ по сравнению с контрольной группой.

Таблица 2.

Активность ферментов АОЗ и содержание продуктов ПОЛ в гомогенате ткани толстой кишки крыс при введении тирама, мкат/г белка ткани (M±m)

	Контроль (интактные)	Тирам 7 сут.	Тирам 14 сут.	Тирам 21 сут.	Тирам 28 сут.
МДА	0,95±0,10	1,34±0,13*	1,76±0,18***	2,13±0,22***	2,44±0,25***
ДК	0,30±0,04	0,54±0,06***	0,59±0,07***	0,66±0,07***	0,71±0,08***
КАТ	9,66±0,97	7,17±0,75	6,43±0,70**	5,97±0,61***	4,98±0,52***
СОД	12,85±1,28	8,93±0,89*	7,39±0,80***	6,12±0,61***	5,48±0,61***

Примечание: * — $p < 0,05$ по сравнению с контрольной группой, ** — $p < 0,01$ по сравнению с контрольной группой, *** — $p < 0,001$ по сравнению с контрольной группой.

Таблица 3.

Биохимические показатели плазмы крови крыс при введении тирама, (M±m)

	Контроль (интактные)	Тирам 7 сут.	Тирам 14 сут.	Тирам 21 сут.	Тирам 28 сут.
МДА	1,02±0,10	1,36±0,14	1,79±0,18***	2,03±0,21***	2,44±0,25***
ДК	0,40±0,05	0,47±0,05	0,53±0,07	0,59±0,07*	0,71±0,08***
КАТ	11,80±1,12	9,32±0,94	8,16±0,86*	7,04±0,70***	5,19±0,67***
СОД	13,79±1,40	10,33±1,03	9,92±1,04*	8,19±0,82***	7,01±0,70***

Примечание: * — $p < 0,05$ по сравнению с контрольной группой, ** — $p < 0,01$ по сравнению с контрольной группой, *** — $p < 0,001$ по сравнению с контрольной группой.

Таблица 4.

Количественный состав лакто- и бифидобактерий при применении синбиотика БиФилар, lg КОЕ/г (M±m)

Микроорганизмы	Тирам 28 сут.	Контроль (вода)	БиФилар
Lactobacillus spp.	2,50±0,25	3,49±0,37 ^X	8,34±0,88***
Bifidobacterium spp.	3,00±0,27	5,14±0,68 ^{XXX}	10,32±1,45***

Примечание: * — $p < 0,05$ по сравнению с группой «контроль (вода)», ** — $p < 0,01$ по сравнению с группой «контроль (вода)», *** — $p < 0,001$ по сравнению с группой «контроль (вода)»; X — $p < 0,05$ по сравнению с группой «тирам 28 сут.», XX — $p < 0,01$ по сравнению с группой «тирам 28 сут.», XXX — $p < 0,001$ по сравнению с группой «тирам 28 сут.».

Со стороны биохимических показателей ткани толстой кишки крыс при применении БиФилара наблюдается сокращение МДА в 1,72 раза ($p < 0,001$) и ДК в 1,44 раза ($p < 0,05$) по сравнению с группой «Контроль (вода)». Отмечается увеличение активности показателей антиоксидантной защиты, хотя достоверных различий не установлено.

В плазме крови животных, получавших стандартный пищевой рацион после интоксикации тирамом статистической значимости достиг показатель активности каталазы, его активность выросла в 1,42 раза ($p < 0,05$) по сравнению с группой «Тирам 28 сутки». Коррекция синбиотиком БиФилар привела к достоверному снижению МДА и ДК в 1,68 ($p < 0,001$) и 1,35 ($p < 0,001$) раза соответственно по сравнению с группой «Контроль (вода)».

Таблица 5.

Количественный состав лакто- и бифидобактерий при применении облепихового масла, lg КОЕ/г (M±m)

Выделенные микроорганизмы	Тирам 28 сут.	Контроль (стандартный пищевой рацион)	Облепиховое масло
Lactobacillus spp.	2,50±0,25	4,27±0,45 ^{XXX}	5,26±0,70
Bifidobacterium spp.	3,00±0,27	6,22±0,88 ^{XXX}	6,88±0,86

Примечание: X — $p < 0,05$ по сравнению с группой «тирам 28 сут.», XX — $p < 0,01$ по сравнению с группой «тирам 28 сут.», XXX — $p < 0,001$ по сравнению с группой «тирам 28 сут.».

Таблица 6.

Количественный состав лакто- и бифидобактерий при применении синбиотика Бифилар и облепихового масла, lg КОЕ/г (M±m)

Выделенные микроорганизмы	Контроль (вода)	Контроль (стандартный пищевой рацион)	Бифилар + Облепиховое масло
Lactobacillus spp.	3,49±0,37	4,27±0,45	9,46±1,28 ^{***XXX}
Bifidobacterium spp.	5,14±0,68	6,22±0,88	10,77±1,29 ^{***XX}

Примечание: * — $p < 0,05$ по сравнению с группой «контроль (вода)», ** — $p < 0,01$ по сравнению с группой «контроль (вода)», *** — $p < 0,001$ по сравнению с группой «контроль (вода)»; X — $p < 0,05$ по сравнению с группой «контроль (стандартный пищевой рацион)», XX — $p < 0,01$ по сравнению с группой «контроль (стандартный пищевой рацион)», XXX — $p < 0,001$ по сравнению с группой «контроль (стандартный пищевой рацион)».

Установлено увеличение количества бифидо- и лактобактерий при применении облепихового масла, хотя показатели не достигли статистической значимости в экспериментальной и контрольной группе.

Количество лактобацилл выросло в 1,70 раза ($p < 0,001$) и бифидобактерий в 2,07 раза ($p < 0,001$) в группе «Контроль (стандартный пищевой рацион)» по сравнению с группой «Контроль 28 сутки» (таблица 5).

Применение облепихового масла после интоксикации тиразом в течении 28 дней привело к увеличению показателей АОЗ в ткани толстой кишки, каталазы в 1,42 раза ($p < 0,05$) и СОД в 1,63 раза ($p < 0,001$) по сравнению с группой «Контроль (стандартный пищевой рацион)». Так же наблюдается снижение МДА и ДК в 2,87 раза ($p < 0,001$) и 1,94 раза ($p < 0,001$) соответственно. Липопероксидация уменьшалась в 1,85 раза ($p < 0,001$) МДА и 1,62 раза ($p < 0,01$) ДК по сравнению с группой «Контроль (стандартный пищевой рацион)». Активность каталазы возросла в 1,61 раза ($p < 0,01$), по сравнению с группой «Контроль (стандартный пищевой рацион)», супероксиддисмутазы в 1,46 раза ($p < 0,05$) по сравнению с группой «Тирам 28 сутки».

Сочетанное применение препарата Бифилар и облепихового масла способствовало увеличению численности как Bifidobacterium, так и Lactobacillus. Количество лактобацилл выросло в 2,71 раза ($p < 0,01$) по сравнению с группой «Контроль (вода)» и в 2,22 раза ($p < 0,01$) относительно группы «Контроль (стандартный пищевой рацион)». Удельное содержание бифидобактерий увели-

чилось в 2,10 раза ($p < 0,001$) и 1,73 раза ($p < 0,01$) по сравнению с первым и вторым контролем соответственно (таблица 6).

Сочетанное действие синбиотика Бифилар и облепихового масла привело к достоверному увеличению показателей антиоксидантной защиты, как в плазме крови, так и в ткани толстой кишки экспериментальных животных. Активность каталазы возросла в ткани толстой кишки в 1,52 раза ($p < 0,01$) и 1,72 раза ($p < 0,001$) по сравнению с группами «Контроль (вода)» и «Контроль (стандартный пищевой рацион)» соответственно, так же возросла активность СОД в 2,14 раза ($p < 0,001$) в сравнении с первым контролем и 1,92 раза ($p < 0,001$) со вторым.

Отмечается снижение продуктов перекисного окисления липидов после применения синбиотика и антиоксиданта в комплексе. Концентрация МДА снизилась в 3,35 раза ($p < 0,001$) по сравнению с группой «Контроль (вода)» и в 2,96 раза ($p < 0,001$) с группой «Контроль (стандартный пищевой рацион)». Показатель ДК тоже сократился в 2,32 раза ($p < 0,001$) в сравнении с первым контролем и в 2,14 раза ($p < 0,001$) — со вторым.

Изменения биохимических показателей плазмы крови сопровождались снижением показателей ПОЛ. В 2,07 раза ($p < 0,001$) и в 1,96 раза ($p < 0,001$) снизилась концентрация МДА по сравнению с первым и вторым контролем соответственно. Содержание ДК ниже обеих контрольных групп в 1,71 раза ($p < 0,001$) и 1,66 раза ($p < 0,01$) соответственно.

В результате коррекции препаратом Бифилар и облепиховым маслом возросла активность ферментов АОЗ. Активность каталазы выросла в 1,55 раза ($p < 0,01$) по сравнению с первым контролем, со вторым в 1,67 раза ($p < 0,001$). Активность супероксиддисмутазы превысила в 1,52 раза ($p < 0,01$) и 1,39 раза ($p < 0,05$) значения группы «Контроль (вода)» и «Контроль (стандартный пищевой рацион)» соответственно.

Выводы

В результате субхронической интоксикации фунгицидным препаратом тирам возникает дисбаланс в структуре микробиоценоза толстого кишечника экспериментальных животных, который проявляется в уменьшении

количественной представительности лакто- и бифидобактерий. Одновременно с этим, в ткани толстой кишки, и в плазме крови крыс отмечено усиление процессов липопероксидации и угнетение функционирования системы антиоксидантной защиты организма. При применении синбиотика Бифилар наблюдается увеличение количества лакто- и бифидобактерий и восстанавливаются показатели антиоксидантной защиты. Облепиховое масло, как антиоксидант незначительно восстанавливает показатели микробиоты, но повышает адаптационный потенциал организма. Одновременное использование синбиотика и антиоксиданта у экспериментальных животных приводит к увеличению количественного состава доминирующей микробиоты, возрастанию показателей АОЗ и снижению концентрации продуктов ПОЛ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hassaan M.A., Nemr A. El. Pesticides pollution: Classifications, human health impact, extraction and treatment techniques. The Egyptian Journal of Aquatic Research. 2020; Vol. 46(3): 207–220 p.
2. Королёв В.А., Иванов В.П., Шорманов В.К., Ким А.В., Юшин В.В., Кирищева Н.Е., Никитина Е.С. Относительный экологический риск формирования детской патологии в условиях интенсивного применения фунгицида ТМТД // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье», 2012, № 1. С. 25–28.
3. Warra A.A., Prasad M.N.V. African perspective of chemical usage in agriculture and horticulture—their impact on human health and environment. Agrochemicals Detection, Treatment and Remediation Pesticides and Chemical Fertilizers. 2020, chapter 16. 401–436 p.
4. Frank, D.N. Gastrointestinal microbiology enters the metagenomics era / D.N. Frank, N.R. Pace // Current opinion in gastroenterology. — 2008. — Vol. 24, Iss. 1. — P. 4–10.
5. Хавкин А.И. Нарушения микроэкологии кишечника и энтеросорбция // Вопросы современной педиатрии. — 2009; 8: 2: — С. 94–98.
6. Пайков В.Л. Современные представления о кишечном дисбактериозе: сборник лекций и научных работ «Практические вопросы детской гастроэнтерологии Санкт-Петербурга». — СПб., 1999. — С. 133–138.
7. Чанчаева, Е.А. Современное представление об антиоксидантной системе организма человека / Е.А. Чанчаева, Р.И. Айзман, А.Д. Герасев // Экология человека. 2013. №7. С. 50–58.
8. Тринеева, О.В. Исследование фитохимического состава плодов облепихи крушиновидной (*Hipporhaes rhamnoides* L.) различных сортов / О.В. Тринеева, М.А. Рудая, А.И. Сливкин, Е.Ф. Сафонова // Химия растительного сырья. — 2019. — №1. — С. 139–146.
9. Хабриев Р.У. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ // М.: Медицина. 2005. 832 с.
10. Особенности микробиоценоза пристеночного муцина желудочно-кишечного тракта крыс / А.А. Воробьев [и др.] // Журн. микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. — 2005. — № 6. — С. 3–7.

© Королёв Владимир Анатольевич (medecol1@yandex.ru); Медведева Ольга Анатольевна (olgafrida@rambler.ru); Ряднова Вера Анатольевна (veraan8@yandex.ru); Королёв Егор Владимирович (medecol1@yandex.ru); Бабаева Мадина Акифовна (bmadina.2002@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВЛИЯНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ГОЦАТЛИНСКОЙ ГЭС НА ОТДЕЛЬНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ЭКОСИСТЕМ ВНУТРЕННЕГОРНОГО ДАГЕСТАНА

THE IMPACT OF THE CONSTRUCTION OF THE GOTSATLI HPP ON INDIVIDUAL COMPONENTS OF THE ECOSYSTEMS OF INLAND DAGESTAN

A. Magomedov
E. Musinova
Ya. Askerova
I. Remikhanov
R. Tagirov

Summary: The article discusses the environmental problems that arose as a result of the construction of the Gotsatlin hydroelectric power station in this area. The authors have studied the adverse effects of hydroelectric power stations on the flora and fauna of the area, the characteristics of the animal and plant diversity were given, rare species that live in this territory are highlighted, as well as recommendations for preventing the influence of hydroelectric power stations on the species diversity of the animal and plant world of the studied area.

Keywords: environmental problems, alternative energy sources, the impact of the construction of the Gotsatlinskaya HPP on the flora and fauna of the territory.

Магомедов Абдурахман Маллаевич

доктор биологических наук, профессор,
Дагестанский государственный медицинский
университет Министерства здравоохранения
Российской Федерации
Abdurahman57@mail.ru

Мусинова Эльмира Музудиновна

кандидат биологических наук, доцент,
Дагестанский государственный медицинский
университет Министерства здравоохранения
Российской Федерации
elmira.musinova@mail.ru

Аскерова Ягана Наджафовна

Дагестанский государственный медицинский
университет Министерства здравоохранения
Российской Федерации
e.askerova2021@gmail.com

Ремиханов Ибрагим Арифович

Дагестанский государственный медицинский
университет Министерства здравоохранения
Российской Федерации
i.remikhanov@gmail.com

Тагиров Рагим Расулович

Дагестанский государственный медицинский
университет Министерства здравоохранения
Российской Федерации
tagirovragim@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются экологические проблемы, возникшие в результате строительства Гоцатлинской ГЭС в данном районе. Авторами изучено неблагоприятное воздействие ГЭС на флору и фауну местности, даны характеристики животного и растительного разнообразия, выделены редкие виды, обитающие на этой территории, а также даны рекомендации по предотвращению влияния ГЭС на видовое разнообразие животного и растительного мира изучаемого района.

Ключевые слова: экологические проблемы, альтернативные источники энергии, влияние строительства Гоцатлинской ГЭС на флору и фауну территории.

Введение

Большое количество проблем с экологией и катастроф местного масштаба, а также конфронтация интересов международного сообщества обусловлено вопросами природопользования и охраны окружающей среды. Кризисы экологического и сырьевого характера являются схожими по своей природе с кризисами, происходящими в сфере экономики и финансов. Это сходство заключается в том, что они отражают низ-

кий уровень эффективности управления национальной экономикой, который непосредственно влияет не только на стабильность экономики той или иной страны, но и на устойчивость всех государственных структур в целом. Экологические аспекты гидроэнергетических объектов, в особенности крупных, имеют двойственный характер. Так, с одной стороны, данные объекты выполняют важную роль в смягчении климатических условий посредством увлажнения воздуха, а также стабилизации температурного режима. В тоже время, с другой

стороны, крупные объекты гидроэнергетики приводят к затоплению ближайших территорий, использование которых является очень важным не только для сельского хозяйства, культурного достояния, исторического наследия, но и для флоры и фауны [1].

Актуальность работы

На сегодняшний день энергетическая отрасль играет большую роль в развитии экономики, в связи с чем вопросы, связанные с производством и потреблением энергосбережения, набирают все большую актуальность. В настоящий момент ведутся активные действия, которые направлены на поиск возобновляемых энергетических ресурсов. Возведение гидроэлектростанций (далее — ГЭС) представляет собой одно из важных направлений, которое способствует процессу сбережения энергии. В связи с этим, в процессе строительства ГЭС в той или иной местности необходимо соблюсти такие условия, которые могли бы минимизировать большую часть негативных проявлений экологического характера. Гоцатлинская ГЭС возведена на реке Аварское Койсу, которая находится рядом с селом Чалда (Гергебильский район республики Дагестан). На каскаде Аварское Койсу, совместно с Гоцатлинской ГЭС, также расположена и Ирганайская ГЭС, которая находится на верхней ступени каскада. Гергебильский район является средой обитания для большого количества редчайших представителей флоры и фауны, строительство ГЭС несомненно повлияло на их условия существования.

Цели и задачи:

1. Изучить воздействие строительства Гоцатлинской ГЭС на условия обитания животного и растительного покрова данного района
2. Проанализировать экологические проблемы Гоцатлинской ГЭС и предложить методики их устранения

Материалы и методы

Авторы статьи попытались изучить и обобщить огромное количество информации, посвященное проблеме гидроэнергетики. Исходным материалом послужил уже имеющийся банк данных, собранный в результате исследований экологических проблем в районе Гоцатлинской ГЭС, а также влияния строительства ГЭС на животный и растительный мир исследуемой территории. Был собран ценный опыт иных исследователей, изучивших эту проблему [2],[3].

Результаты и их обсуждения

В районе исследования было найдено порядка 937 видов эмбриофитов, которые принадлежат к 412 родам и относятся к 85 семействам. Из совокупности всех ви-

дов растений 22 имеют отношение к высшим растениям, которые размножаются и распространяются по большей части при помощи спор, а также 4 вида, имеющие отношение к голосемянным.

Географический анализ флоры

Из всего многообразия флоры, которая представлена в изучаемом районе, большая часть видов представлена растениями, которые распространяются бореальным, плюрирегиональным и общеглобальным путем. Из всего многообразия видов растений, значительная часть из них относится к таким географическим группам как: кавказская и средиземноморская, что является в свою очередь отличительной чертой для флоры республики Дагестан, имеющего горный рельеф. Преобладание эндемиков указывает на автохтонные тенденции формирования флоры в данном регионе.

Общая характеристика растительного покрова

Если рассматривать растительный покров региона, то его растительный покров можно охарактеризовать как нагорноксерофильный, имеющий при этом аридные элементы опустыненной степи. Если обобщить растительные сообщества, которые существуют в пределах геопространства, то можно выделить такие ассоциации видов растений как:

1. Петрофильная растительность, которая располагается на обожженной скалистой местности или щебнисто-каменистых местах;
2. Мезофилы, обитающие в прибрежно-галечниковой местности;
3. Заросли кустарников, находящиеся в прибрежной зоне;
4. Ксерофитная и средиземноморская растительность;
5. Нагорные ксерофиты;
6. Леса, в которых главной лесобразующей природой являются сосновые деревья;
7. Террасное земледелие и окультуренный ландшафт [5].

Гоцатлинская ГЭС оказывает большое влияние на растительный покров региона, при чем это влияние — негативное. Прежде всего, это проявляется в затоплении некоторых территориальных зон, а также в нарушении целостности почвенного и растительного покрова земли. Затопление почвенно-растительного покрова напрямую сказывается в сокращении некоторых видов растений. По большей части это сказывается на растительности, которая располагается в прибрежно-галечниковой зоне, а также на зарослях кустарников, находящихся в прибрежной области. Изменение показателей микроклимата является малозначительным. В соответствии с прогнозными данными в зоне водохранилища

изменение агроклиматических параметров является малозначительным. Так, преобразование агроклиматических характеристик оказывает воздействие только прибрежной полосе в пределах 100 метров от линии пересечения водной поверхности с земельной поверхностью. В границах этой зоны находятся не только растительные сообщества, представленные ксерофитами, но и группы растений, относящиеся к мезофитам. Флора, представленная данными растительными сообществами, вследствие таких изменений может увеличиваться. Вместе с этим валовой сбор растениеводческой продукции в зоне прибрежной полосы будет выше.

Таким образом, нанесение ущерба растительно-почвенному покрову вследствие строительства ГЭС является неизбежным. Размер ущерба, нанесенный растительному покрову, можно рассчитать опираясь при этом на Приказ Минприроды РФ от 4 мая 1994 г. N 126 «Об утверждении такс для исчисления размера взыскания за ущерб, причиненный незаконным добыванием или уничтожением объектов животного и растительного мира».

Для того, чтобы оценить размер ущерба, прежде всего необходимо подсчитать общее количество видов растений, которые могут погибнуть вследствие работы ГЭС. Подсчет растений осуществлялся методом прямого учета. Так, по общим подсчетам, численность видов, которые могут погибнуть в связи с затоплением почвенно-растительной зоны, составляет 149 экземпляров растений, в числе которых: Лук гунибский (*Allium gunibicum*) — 84 экземпляра; Эриантус равеннский (*Erianthus ravennae*) — 37 экземпляров и Горечавка Гроссгейма (*Gentiana grossheimii*) — 28 экземпляров.

Мероприятия по предотвращению отрицательного влияния Гочатлинской ГЭС на растительный покров:

1. Минимизировать действие буровзрывных работ, т.к. волна будет поражать своим действием растительность, находящуюся на значительном расстоянии.
2. Для того чтобы возобновить произрастание редких видов растений, следует осуществлять периодический повторный посев видов, найденных на территориях, на которых они произрастают.
3. С целью закрепления оползневых деформаций, биологической рекультивации, а также земляных участков, которые сооружены из насыпного грунта, следует использовать те виды кустарниковых растений и трав, которые произрастают на данных территориях.

Обзор редких видов представителей животного мира, проживающих на исследуемой территории

Ниже представлен перечень редких животных исследуемого нами региона, которые занесены в Красную

книгу Российской Федерации и республики Дагестан. Для удобства была сформирована таблица.

Таблица 1.

Виды животных, занесенных в Красные книги России и Дагестана

Наименование животного	Перевод на латинский
Рептилии (Reptilia)	
Кавказская агама	Laudakia [3]
Разноцветный полоз	Coluber ravergieri [3]
Смирный эйренис	Eirenis modestos Martin
Кошачья змея	Telescopiis fallax [3]
Степная гадюка	Vipera ursini Bonap
Птицы	
Змееяд	Circaetus gallicus [4]
Могильник	Aguila heliaca [4]
Беркут	Aguila chrysaetos [4]
Бородач	Gypaetus barbatus [4]
Стервятник	Neophron percnopterus [4]
Черный гриф	Aegypius motiachus [4]
Белоголовый сип	Gyps fulvus [4]
Сапсан	Falco peregrinus [5]
Желтоголовый королек	Regulus regulus [5]
Синий каменный дрозд	Monticola solitarius [5]
Стенолаз	Tichodroma muraria [5]
Млекопитающие	
Малый подковонос	Rhinolophus hypposideros [5]
Лесная кошка	Felis silvestris [5]

Несмотря на то, что строительство ГЭС влечет за собой сокращение территорий, на которых обитают представленные виды, на наш взгляд, негативное влияние на фауну этих площадей будет малозначительным. Это обусловлено тем, что большая часть представленных в таблице животных, обитают также и на других подобных территориальных зонах региона. Все редкие представители фауны не нуждаются в большом количестве однообразных ландшафтных зон, чтобы успешно размножаться [8].

Выводы

Выявлены редкие представители флоры и фауны исследуемого района, даны их характеристики, а также предложены пути минимизации ущерба, наносимого со стороны Гочатлинской ГЭС среде обитания, населяемой данными видами.

Проанализированы экологические проблемы территории Гочатлинской ГЭС, даны характеристики и пути решения данных проблем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдурахманов Г.М., Урсул А.Д., Мунгиев А.А. Социально-экологическая реабилитация и устойчивое развитие Республики Дагестан (концепция и программа). Издательство ГДПИ, Махачкала, 1995. 200 с.
2. Абдурахманов Г.М. Биогеографические исследования и некоторые взгляды на существующее зоогеографическое районирование Дагестана. — В сб.: Тр. молодых ученых. Т.1. Махачкала, 1978. с. 11–15.
3. Раджи А.Д. Дикорастущие виды флоры Дагестана, нуждающиеся в охране. Махачкала, 1981. С. 84.
4. Растительность Кавказа и Дагестана // Изв. Кавказ, отд-я РГО. Т. 2. №1. Тифлис, 1894. с. 123–129
5. Мусинова Э.М. Комплексная оценка состояния и возможных изменений отдельных компонентов экосистем района функционирования и эксплуатации Гоцатлинской ГЭС Республики Дагестан// Махачкала, 2009, с. 12–15
6. Мусинова Э.М. Гоцатлинская ГЭС и окружающая среда. Монография. Махачкала: Алеф, 2009. — 120 с.
7. Джамирзоев Г.С., Абдурахманов Г.М., Мусинова Э.М. Общая характеристика, биотопический обзор и возможные изменения животного мира района строительства Гоцатлинской ГЭС и прилегающих территории. Юг России: экология, развитие. Л»2, Махачкала, 2009г. Стр. 76–80.
8. Абдурахманов Г.М., Джамирзоев Г.С., Мусинова Э.М. Редкие и исчезающие виды позвоночных животных района строительства Гоцатлинской ГЭС, занесенных в Красные книги России и Дагестана. Университетская экология. Материалы международной научной конференции. Махачкала 2009.

© Магомедов Абдурахман Маллаевич (Abdurahman57@mail.ru); Мусинова Эльмира Мугудиновна (elmira.musinova@mail.ru);
Аскерова Ягана Наджафовна (e.askerova2021@gmail.com); Ремиханов Ибрагим Арифович (l.remikhanov@gmail.com);
Тагиров Рагим Расулович (tagirovragim@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОВМЕСТИМОСТЬ НОВОГО БАКТЕРИАЛЬНОГО ПРЕПАРАТА ДЛЯ ЗАЩИТЫ И СТИМУЛЯЦИИ РОСТА РАСТЕНИЙ С ХИМИЧЕСКИМИ ПЕСТИЦИДАМИ

COMPATIBILITY OF A NEW BACTERIAL PREPARATION FOR PROTECTING AND STIMULATING PLANT GROWTH WITH CHEMICAL PESTICIDES

**A. Malkova
A. Irkitova
G. Sadovnikov**

Summary: The possibility of joint use of a new preparation for crop production based on three *Bacillus pumilus* strains with chemical seed protectants was established in the conducted studies. It was revealed that the number of bacteria from the biological preparation when one hour after mixing with the pesticide remained at the same level as in the control (at least 1×10^9 CFU/ml), with 4 out of 5 studied agents — «Prestige», «Instivo», «Vincit» and «Maxim». A decrease in the number of bacilli was noted by one order only when mixed with the preparation «Bariton». When the resulting mixtures were kept for a day, no further decrease in the number in the variant with the pesticide «Bariton» was noted, however, with the preparation «Maxim», a decrease in titer to 4.53×10^8 CFU/ml was also recorded. Therefore, the new biopreparation has the greatest compatibility with the pesticides «Prestige», «Instivo» and «Vincit».

Keywords: biological preparation, pesticides, seed protectants, *Bacillus pumilus*.

Введение

В эпитотийные годы потери урожая от инфекционных заболеваний могут достигать 50 % и более [9]. Для профилактики и борьбы с болезнями и вредителями растений существует целый ряд разработанных мероприятий. По разным классификациям выделяется порядка 7 методов защиты растений, известных в современном сельском хозяйстве — механические, агротехнические, селекционно-генетические, физические, химические, биологические и карантинные [2, 3].

Все перечисленные мероприятия имеют свои достоинства и недостатки. Например, механические методы безвредны для экологии, но очень трудоемки. Поэтому ни один из сельскохозяйственных приемов не является самодостаточным и главным. В целях эффективной и безопасной для окружающей среды защиты растений необходимо комплексное использование и развитие всех типов применяемых мероприятий. Именно такой

Малкова Ангелина Владимировна

аспирант, м.н.с., Алтайский государственный университет (Барнаул)
gelishka96@mail.ru

Ирkitова Алена Николаевна

к.б.н., доцент, в.н.с., Алтайский государственный университет (Барнаул)
elen171987@mail.ru

Садовников Георгий Геннадьевич

к.с.-х.н., в.н.с., доцент, Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий (Барнаул)
sadovnikov-g@yandex.ru

Аннотация. В проведенных исследованиях установлена возможность совместного использования нового препарата для растениеводства на основе 3-х штаммов *Bacillus pumilus* с химическими протравителями семян. Выявлено, что численность бактерий из биопрепарата при посеве через час после смешивания с пестицидом оставалась на том же уровне, как и в контроле (не менее 1×10^9 КОЕ/мл), с 4 из 5 исследуемых средств — «Престиж», «Инстиво», «Винцит» и «Максим». Снижение численности бактерий отмечалось на один порядок только при смешивании с препаратом «Баритон». При выдерживании полученных смесей в течение суток дальнейшее снижение численности в варианте с пестицидом «Баритон» не отмечалось, однако с препаратом «Максим» также было зафиксировано снижение титра до $4,53 \times 10^8$ КОЕ/мл. Поэтому новый препарат обладает наибольшей совместимостью с препаратами «Престиж», «Инстиво» и «Винцит».

Ключевые слова: биопрепарат, пестициды, протравители семян, *Bacillus pumilus*.

подход лежит в основе интегрированной защиты растений [1].

Особый интерес вызывает возможность совместного использования токсичных химических препаратов совместно с микробными биопрепаратами. Так как уже есть сведения о том, что биологические и химические пестициды эффективнее применять комплексно [10]. Однако в данном случае важно учитывать, что химикат может оказаться токсичным не только для фитопатогенов, но и для микроорганизмов, являющихся действующим компонентом биопрепарата. Поэтому при разработке биологических средств для защиты и стимуляции роста растений необходимо ориентироваться на высокоустойчивые микробные культуры. К ним, например, относятся представители рода *Bacillus*, которые обладают способностью к образованию эндоспор, повышающих их невосприимчивость к воздействию различных факторов окружающей среды [14, 17].

Целью данной работы было оценить совместимость нового бактериального препарата для защиты и стимуляции роста растений на основе штаммов *B. pumilus* с химическими пестицидами.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования выступал микробный биопрепарат «Фитопумилин» на основе 3-х штаммов *B. pumilus* из коллекции ИЦ «Промбиотех» (Алтайский государственный университет). Средство представляет из себя лиофилизированный концентрат бактерий с титром не менее 1×10^{11} КОЕ/г [13]. Рабочий раствор биопрепарата получали путем растворения 1 г порошка в 100 мл воды.

Совместимость бактериального препарата проверяли со следующими протравителями семян — инсектофунгицидом «Престиж», инсектицидом «Инстиво» и фунгицидами «Баритон», «Винцит» и «Максим». В соответствии с нормами применения пестицидов, указанными на упаковках, было заложено 6 вариантов эксперимента. В качестве контроля выступала пробирка с 9 мл рабочего раствора биопрепарата и 1 мл воды. Варианты с пестицидами «Престиж» и «Инстиво» были приготовлены аналогичным образом, но вместо воды были взяты протравители. Образец с «Баритоном» содержал 8,5 мл рабочего раствора биопрепарата и 1,5 мл пестицида. С остальными фунгицидами варианты содержали по 8 мл рабочего раствора биопрепарата и по 2 мл пестицидов.

Обработку семян химическими пестицидами можно осуществлять как непосредственно перед посевом, так и за 7–14 дней до этого без снижения эффективности. Однако обработку семян биопрепаратами рекомендовано проводить непосредственно перед посевом [7]. Поэтому учет результатов производили через час после получения смесей и через сутки хранения при 25 °С. Для этого осуществляли поверхностный посев всех вариантов на L-среду и культивировали при 37 °С в течение 24 часов [5]. Полученные данные выражали, используя среднее (M) со стандартным отклонением (m).

Результаты и их обсуждение

В соответствии с полученными результатами биопрепарат «Фитопумилин» однозначно возможно применять совместно с пестицидами «Престиж», «Инстиво» и «Винцит». На это указывает сохранение количества живых бактерий в пределах одного порядка в опыте и контроле (не менее 1×10^9 КОЕ/мл) (табл. 1).

При этом посев семян, обработанных совместно биопрепаратом и протравителем «Максим», необходимо производить в первые часы после обработки, так как титр бацилл при хранении данной смеси в течение суток снизился на один порядок по сравнению с контролем (до $4,53 \times 10^8$). Это может быть связано с тем, что действующим компонентом фунгицида «Максим» является флудиоксонил из класса фенилпирролов, который вызывает ингибирование фосфорилирования глюкозы при клеточном дыхании, однако молекулярный механизм этого процесса еще до конца не выяснен.

Во многих источниках для данного вещества указана исключительно фунгицидная активность и отсутствие выраженного токсического действия на защищаемое растение, теплокровных животных и полезные организмы. Сведения о влиянии флудиоксонила непосредственно на бактерий в литературных данных фактически не встречаются. Однако установлено, что препарат «Максим» в производственной дозе снижает численность *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-11008, а также изучено негативное воздействие самого флудиоксонила не только на фитопатогенные грибы, но и другие микроорганизмы — *Chlorella vulgaris*, *Candida albicans*, *Saccharomyces cerevisiae*. Кроме того, известны и другие вещества не только с фунгицидной, но и антибактериальной активностью, например, сурфактин [6, 8, 11–12; 15–16]. Поэтому в данной сфере необходимы дополнительные исследования.

С пестицидом «Баритон» уже через час после смешивания с биопрепаратом отмечалось снижение титра в последнем (до $8,50 \times 10^8$). Такой уровень численности бацилл сохранился и через сутки. Поэтому с данным

Таблица 1.

Влияние протравителей на численность бацилл в рабочем растворе биопрепарата

№ варианта	Вариант	Титр бактерий через час после смешивания, КОЕ/мл ($M \pm m$)	Титр бактерий через сутки после смешивания, КОЕ/мл ($M \pm m$)
1.	Контроль (с водой)	$1,70(\pm 0,42) \times 10^9$	$1,14(\pm 0,33) \times 10^9$
2.	Престиж	$2,05(\pm 0,64) \times 10^9$	$1,37(\pm 0,24) \times 10^9$
3.	Инстиво	$1,80(\pm 0,42) \times 10^9$	$1,53(\pm 0,18) \times 10^9$
4.	Баритон	$8,50(\pm 2,12) \times 10^8$	$2,80(\pm 0,28) \times 10^8$
5.	Винцит	$2,45(\pm 0,78) \times 10^9$	$1,12(\pm 0,30) \times 10^9$
6.	Максим	$1,30(\pm 0,42) \times 10^9$	$4,53(\pm 1,46) \times 10^8$

фунгицидом бактериальное средство для защиты растений менее совместимо. В состав химиката входят протионазол (триазолы) и флуоксастробин (стробилурины). Если первое вещество ингибирует синтез стерина, то последнее — клеточное дыхание, в том числе и у бактерий [4].

Таким образом, «Фитопумилин» наиболее совместим с 3 из 5 исследуемых пестицидов — «Престиж», «Инстиво» и «Винцит». Совместное использование биопрепарата с химикатами «Баритон» и «Максим» приводит к снижению титра бактерий. Вероятно, это связано с тем, что данные фунгициды оказывают влияние на функционирование дыхательной цепи, а бациллы являются аэробами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долженко В.И. Защита растений: настоящее и будущее // Плодородие, 2018. — № 1. — С. 24–26. <https://doi.org/10/25680/S19948603.2018.100.06>
2. Дорохов А.С., Старостин И.А., Ещин А.В. Перспективы развития методов и технических средств защиты сельскохозяйственных растений // Агроинженерия, 2021. — № 1 (101). — С. 26–35. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2021-1-26-35>.
3. Ертаева Ж.Т., Курманова К.Т., Алимбекова Н.А. Методы защиты растений // Вестник науки и образования, 2015. — № 1 (3). — С. 7–9.
4. Зинченко В.А. Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность. — М.: «КолосС», 2012. — 127 с.
5. Малкова А.В. Подбор питательной среды для культивирования посевного материала штаммов *Bacillus pumilus* // Актуальная биотехнология, 2022. — № 1. — С. 104.
6. Попов С.Я., Дорожкина Л.А., Калинин В.А. Основы химической защиты растений. — М.: Арт-Лион, 2003. — 208 с.
7. Семьнина Т.В. Качество семян не позволяет экономить на протравливании // Защита и карантин растений, 2013. — № 8. — С. 19–21.
8. Сираева З.Ю. биопрепарат для стимуляции роста и защиты растений от болезней на основе *Bacillus amyloliquefaciens* ВКПМ В-11008: автореферат ... кандидата биологических наук: 03.02.03. — Казань, 2012. — 24 с.
9. Сокирко В.П., Горьковенко В.С., Зазимко М.И. Фитопатогенные грибы (морфология и систематика). — Краснодар: КубГАУ. — 2014. — 178 с.
10. Суханова М.В., Мирошникова В.В., Суханов А.В. Актуальность использования интеллектуальных систем управления динамическими процессами смешивания компонентов сыпучего тела в устройствах для предпосевной обработки семян // Вестник аграрной науки Дона, 2019. — № 1 (45). — С. 45–54.
11. Bersching K., Jacob S. The Molecular Mechanism of Fludioxonil Action Is Different to Osmotic Stress Sensing // Journal of Fungi, 2021. — Vol. 7. — Is. 5. — Ar. 393. <https://doi.org/10.3390/jof7050393>
12. Liu X., Wang X., Zhang F., Yao X., Qiao Z., Deng J., Jiao Q., Gong L., Jiang X. Toxic effects of fludioxonil on the growth, photosynthetic activity, oxidative stress, cell morphology, apoptosis, and metabolism of *Chlorella vulgaris* // Science of The Total Environment, 2022. — Vol. 838. — Ar. 156069. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156069>
13. Malkova A., Evdokimov I., Shirmanov M., Irkitova A., Dudnik D. Development of a microbiological preparation for crops based on *Bacillus pumilus* strains // BIO Web Conf. International Scientific and Practical Conference «Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture» (FSRAABA 2021), 2021. — Vol. 36. — Ar. 07012. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213607012>
14. McKenney P.T., Driks A., Eichenberger P. The *Bacillus subtilis* endospore: assembly and functions of the multilayered coat // Nature Reviews Microbiology, 2012. — Vol. 11. — Is. 1. — P. 33–44. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2921>
15. Meena K.R., Kanwar S.S. Lipopeptides as the Antifungal and Antibacterial Agents: Applications in Food Safety and Therapeutics // BioMed Research International, 2015. — P. 1–9. <https://doi.org/10.1155/2015/473050>
16. Randhawa A., Kundu D., Sharma A., Prasad R., Mondal A.K. Over-expression of the CORVET complex alleviates the fungicidal effects of fludioxonil on the yeast *Saccharomyces cerevisiae* expressing Hybrid histidine kinase 3 // Journal of Biological Chemistry, 2018. — Ar. jbc.RA118.004736. <https://doi.org/10.1074/jbc.ra118.004736>
17. Villarreal-Delgado M.F., Villa-Rodríguez E.D., CiraChávez L.A., Estrada-Alvarado M.I., Parra-Cota F.I., Delos Santos-Villalobos S. The genus *Bacillus* as a biological control agent and its implications in the agricultural biosecurity // Revista Mexicana de Fitopatología, 2017. — Vol. 36. — Is. 1. — P. 95–130. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1706-5>

© Малкова Ангелина Владимировна (gelishka96@mail.ru); Иркитова Алена Николаевна (elen171987@mail.ru);

Садовников Георгий Геннадьевич (sadvnikov-g@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ФЛОРИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОТМЕЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ ПОЙМЕННЫХ ВОДОЕМОВ НИЖНЕГО ПРИАМУРЬЯ

FLORISTIC FEATURES OF RIVERBANK PLANTS OF FLOODPLAIN WATER BODIES OF THE LOWER AMUR REGION

D. Tsyrenova

Summary: In the course of field studies, 108 species of riverbank plants were identified. Among them, 16 species (14.8 %) show a high frequency of occurrence and ecotopic specificity. The remaining 92 species (85.2 %) are characterized by low frequency of occurrence and eurytopicity (ruderal, coastal-aquatic, meadow-marsh). Significant taxonomic diversity was found (26 families and 56 genera).

Keywords: species composition, indicators of occurrence, constancy and abundance of species.

Цыренова Дулмажаб Юндуновна

*Д.б.н., профессор, Тихоокеанский государственный университет (Хабаровск)
Duma@mail.ru*

Аннотация. В ходе полевых исследований выявлено 108 видов отмельных растений. Среди них 16 видов (14,8 %) показывают высокую частоту встречаемости и экотопическую специфичность. Остальные 92 вида (85,2 %) характеризуются низкой частотой встречаемости и эвритопностью (рудеральные, прибрежно-водные, лугово-болотные). Обнаружено значительное таксономическое разнообразие (26 семейств и 56 родов).

Ключевые слова: видовой состав, показатели встречаемости, постоянства и обилия видов.

Введение

Научный интерес к отмельной флоре Амура существует давно. Многие исследователи подчеркивали флористическую и экологическую оригинальность отмельной флоры рек бассейна Амура, находящихся под влиянием муссонного климата Восточной Азии [1, 4, 5, 6, 7, 9]. Амурскую отмельную флору отличает, прежде всего, ее эндемизм. Ярко выражена эфемерность ее видов. Жизненный цикл видов связан с короткими меженными уровнями воды в реках между летними муссонными паводками. Из-за частых затоплений местопроизрастаний у видов отмечается неежегодная их вегетация: некоторые отмельные виды то исчезают на несколько лет, то снова появляются.

В настоящее время актуальность изучения амурской отмельной флоры сохраняется. Требуется дальнейшая инвентаризация биоразнообразия, детальные исследования экологии видов, структуры и динамики локальных популяций, а также оценка антропогенной трансформации отмельной флоры при искусственном зарегулировании гидрологического режима рек бассейна Амура.

Цель исследования — выявление особенностей видового состава растений, произрастающих на меженных отмелях водоемов и водотоках в пределах естественно-расширения поймы реки вблизи Хабаровска.

Материал и методика

Исследования проводились с мая по сентябрь месяцы 2012–2020 гг. в ходе маршрутных экскурсий, в ходе которых были собран гербарий. Были обследованы основное русло р. Амур, рр. Черная и Сита, припойменные

озера Большое и Петропавловское и многочисленные пойменные старицы на левобережье Амура. Пункты сбора посещались несколько раз на разных стадиях застояния отмелей до момента затопления их муссонными паводками. Внутреннюю границу отмелей проводили по урезу воды, внешнюю границу — по прирусловым валам. В данной работе использовано описание 50 площадок с размером 1x1 м. Виды определены по «Сосудистым растениям советского Дальнего Востока», 1985–2006 гг. (тт. 1–9) [8] и были составлены полные списки. Для каждого вида было определено проективное покрытие визуально в процентах, которое далее переводилось в баллы обилия по шкале Браун-Бланке (r — редко, менее 1 % — +, до 5 % — 1 балл, 6–25 % — 2 балла, 25–50 % — 3 балла, 5–75 % — 4 балла, 76–100 % — 5 баллов). Частоту встречаемости вида рассчитывали в процентах по соотношению числа описаний, в которых обнаружен вид к общему числу описаний. На основе этих данных была подсчитана постоянство вида по принадлежности пяти классам (I — встречаемость вида в описаниях от 1 — 20 %, II — от 21 до 40 %, III — от 41 до 60 %, IV — от 61 до 80 %, V — от 81 до 100 %).

Результаты и обсуждение

В результате полевых исследований нами выявлено 108 видов сосудистых растений, принадлежащих к 26 семействам и 56 родам. Специфической чертой изученной отмельной флоры является усиление роли, с одной стороны, гигрофильных семейств, как *Superaceae* (17,6 %), *Juncaceae* (12,1 %), *Polygonaceae* (11,1 %), с другой стороны, семейств с синантропными представителями, как *Poaceae* (12,1 %), *Chenopodiaceae* (7,4 %) и *Brassicaceae* (3,7 %), также семейства с олиготрофными представи-

телями, как Scrophulariaceae (6,5 %). Ведущую роль рода *Juncus* (9,3 %) можно объяснить с гигрофильностью его видов. Высокие позиции родов *Polygonum*, *Chenopodium* (по 4,6 %), *Rorippa*, *Persicaria* (по 3,7 %) обусловлены присутствием в их составе как эндемичных для бассейна Амура видов, так и синантропных видов нарушенных местообитаний, в том числе прибрежных отмелей. Дифференциация родов *Fimbristylis*, *Dichostylis*, *Eleocharis*, *Cyperus*, *Scirpus* и *Carex* целом связана с берегами водоемов, а изученные прирусловые виды из этих родов — почти исключительно с берегами Амура [2].

Обращает на себя внимание присутствие в отмельной флоре Амура монотипных родов, среди которых самобытный отмельный род *Symphyllocarpus* также роды *Limosella*, *Lindernia* и *Coleanthus*, встречающиеся на отмелях крупных рек Евразии.

По показателям встречаемости доля видов, относящихся к классам высокого постоянства (III–V классы), составляет всего 14,8 %, или 16 видов, тогда как доля видов низкого постоянства (I–II классы) — 85,2 %, или 92 видов.

Доминантами по встречаемости являются следующие виды: *Limosella aquatica* L. — 79,0 %, *Symphyllocarpus exilis* Maxim. — 66,6 %, *Dichostylis micheliana* (L.) Ness., *Lindernia procumbens* (Krock.) Borb. — по 58,3 %, *D. limosa* (Maxim.) A.E. Kozhevnikov — по 54,1 %, *Rorippa cantoniensis* (Lour.) Ohwi, *Eleocharis palustris* (L.) Roem. et Schult. — по 45,8 %, *Fimbristylis velata* R. Br. — 37,5 %, *F. verrucifera* (Maxim.) Makino, *Gratiola japonica* Miq., *E. ovata* (Roth) Roem. et Schult. — 33,3 %, *Polygonum plebejum* R.Br. — 29,0 %, *Centipedaminima* (L.) A. Br. et Aschers. — 25,0 %, *R. camelinae* (Fisch. et C.A. Mey) Spach, *Chenopodium amurense* Ignatov, *Mazus japonicus* (Thunb.) O. Kuntze — 20,8 %. Названные виды представляют собой так называемое «ядро» отмельной флоры. По экологии они — узкоспециализированные стенотопные виды.

Характеризуются эфемерностью жизненного цикла — *Ch. amurense*, *Coleanthus subtilis*, *F. verrucifera*, *L. aquatica*, *L. procumbens*, *R. cantoniensis*, *S. exilis*.

Высокую специфичность изученной отмельной флоры придает присутствие в их составе эндемиков бассейна Амура. Многие из них находятся в классическом местонахождении «*locus classicus*»: *Ch. amurense*, *Juncus amuricus* (Maxim.) V. Krecz. et Gontsch., *Polygonum sabulosum* Worosch., *Rumex amurensis* Fr. Schmidt ex Maxim., *Scirpus komarovii* Roshev, *S. exilis*. Другая часть

видов изученной флоры, напротив, обладают широкими космополитными ареалами, например, *L. aquatica*, *L. procumbens*. Среди представителей «ядра» имеется редкий и охраняемый вид на территории России и Хабаровского края — *C. subtilis* [3].

Доминирующие по встречаемости виды неоднородны по показателям постоянства и обилия. К видам с высокой частотой встречаемости и высоким обилием относятся *S. exilis* и *F. micheliana*. Напротив, *L. aquatica*, *L. procumbens* и *R. cantoniensis* встречаются в массиве описаний очень часто, но единичными экземплярами.

Показателями низкого постоянства характеризуются преимущественно сопутствующие виды. Это — виды со смежных с отмелью естественных, полуестественных и синантропных местообитаний вследствие экотонного положения прибрежных отмелей. Среди них преобладают рудеральные виды, легко осваивающие нарушенные местообитания, в том числе прибрежные отмели (31/28,7 %). Водные, прибрежно-водные и луговые (39/36,1 %) пространственно контактируют с отмелями, поэтому их число здесь достаточно большое. Обращает внимание, что на отмелях чрезвычайно редки виды болотной экологии (1/0,9 %).

Заключение

Таким образом, меженные отмели представляют собой специфичные местообитания со своим набором стенотопных видов. Являются динамичными местообитаниями, подвергающимися постоянным естественным природным и антропогенным нарушениям. Отличаются высокой флористической емкостью. Видовое богатство отмельной флоры в целом повышается благодаря экотонному положению прибрежных отмелей, на которых соответственно встречаются как, собственно, отмельные виды, имеющие здесь свой экологический оптимум, так виды со смежных с отмелью естественных, полуестественных и синантропных местообитаний.

Дальнейшее изучение отмельной флоры бассейна Амура как природного феномена станет основой для экологического мониторинга пойменной среды в условиях искусственного зарегулирования водного режима с вводом в эксплуатацию крупных гидротехнических сооружений на рр. Зeya и Бурея.

Автор признательна Касаткиной А.П. за участие в полевых исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ворошилов В.Н. Об отмельной флоре умеренных областей муссонного климата // Бюллетень Главн. бот. сада АН СССР. — 1968. — Вып. 68. — С. 45–48.
2. Кожевников А.Е. Сытевые (Семейство Surogaseae Juss.) Дальнего Востока России (современный таксономический состав и основные закономерности его формирования). — Владивосток: Дальнаука, 2001. — 275 с.
3. Красная книга Хабаровского края. — Хабаровск: Издательский дом «Приамурские ведомости», 2008. — 632 с.
4. Крюкова М.В. Флора водоемов Нижнего Амура. — Владивосток: Дальнаука, 2005. — 159 с.
5. Нечаев А.П. Эфемеры меженной полосы берегов Нижнего Амура / А.П. Нечаев, З.И. Гапека // Ботанический журнал. — 1970. — Т. 55. — № 8. — С. 1127–1137.
6. Нечаев А.П. Симфилокарпус тощий на берегах Амура // Учен. зап. Хабаровского пед. ин-та. Серия естественных наук. — 1970. — Т.26. — С. 94–99.
7. Нечаев А.П., *Coleanthus subtilis* (Tratt.) Seidl. в приамурской части ареала // Ботанический журнал. — 1973. — Т. 58. — № 5. — С. 404–446.
8. Сосудистые растения советского Дальнего Востока. — С-Пб.: Наука, 1985–1996. — ТТ. 1–8. 3200 с.
9. Maximowicz C.J. Primitiae Florae Amurensis. — St.-Petersburg, 1859. — 504 pp.

© Цыренова Дулмажаб Юндуновна (Duma@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ СРЕДСТВАМИ ФОТО И ВИДЕОФИКСАЦИИ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ПРАВОНАРУШЕНИЙ

Алейников Дмитрий Павлович

к.т.н., доцент, Восточно-Сибирский институт МВД

России (г. Иркутск)

dmitriy-aleinikov@mail.ru

IDENTIFICATION OF TRAFFIC FLOW CHARACTERISTICS BASED ON DATA RECORDED BY MEANS OF PHOTO AND VIDEO RECORDING OF ADMINISTRATIVE OFFENSES

D. Aleynikov

Summary. This article presents the results of an applied study of the traffic flow on one of the sections of the highway in the city of Irkutsk with the installed means of photo and video recording of administrative offenses. The analysis of the obtained data made it possible to reveal the time dependences of the intensity of the traffic flow, as well as the statistical characteristics of the frequency distribution of vehicle speeds at the studied boundary. The results of the statistical analysis of the traffic situation will make it possible to identify the essential patterns necessary for the formation of a mathematical model for describing the traffic flow.

Keywords: special means of photo and video recording, traffic flow, traffic intensity, histogram arithmetic, numerical-probabilistic analysis.

Аннотация. В данной статье представлены результаты прикладного исследования транспортного потока на одном из участков автодороги города Иркутска с установленными средствами фото и видеофиксации административных правонарушений. Анализ полученных данных позволил выявить зависимости от времени интенсивности транспортного потока, а также статистические характеристики частотного распределения скоростей движения транспортных средств на исследуемом рубеже. Результаты статистического анализа дорожно-транспортной ситуации позволят выявлять существенные закономерности, необходимые для формирования математической модели описания транспортного потока.

Ключевые слова: специальные средства фото и видеофиксации, транспортный поток, интенсивность движения, гистограммная арифметика, численно-вероятностный анализ.

Введение

Решение проблемы обеспечения безопасности дорожного движения относится к наиболее приоритетным задачам развития страны. Для достижения этой цели решаются следующие мероприятия: создается комплексная система профилактики, позволяющая формировать у участников дорожного движения стереотипы законопослушного поведения и негативное отношение к правонарушениям в сфере дорожного движения; проводится оптимизация скоростных режимов движения на участках улично-дорожной сети, организация стоянок транспортных средств, применяются современные инженерные схемы организации дорожного движения, технических средств (светофоров и пр.), автоматизированных систем управления движением, строительство подземных и надземных пешеходных переходов; проводится коренная модернизация системы профилактики детского дорожно-транспортного травматизма, формирование у участников дорожного движения навыков безопасного поведения, построение оптимальных моделей управления системой безопасности дорожного движения на федеральном, региональном и местном уровнях, в том числе обеспечивающих экономическую заинтересованность субъектов Российской Федерации

муниципальных образований в финансировании на долевой основе с федеральным бюджетом мероприятий по обеспечению безопасности дорожного движения в своих регионах и муниципальных образованиях [1–4]. Одним из наиболее эффективных способов предотвращения нарушений ПДД является применение систем автоматической фиксации нарушений в области дорожного движения [5–7].

На сегодняшний день на территории Иркутской области в целях профилактики и осуществления контроля за соблюдением водителями требований «Правил дорожного движения» используется 136 комплексов автоматизированной фиксации административных правонарушений, такие комплексы как «Скат», «Арена», «Автоураган-ВСМ», «Вокорд» [5].

Данные комплексы позволяют выявлять различные виды нарушений ПДД, а также непрерывно пополнять базу данных о характеристиках транспортного потока в местах установки. Транспортный поток называется упорядоченное транспортной сетью движение транспортных средств [8–13]. К основным параметрам транспортного потока относят: скорость потока — V , интенсивность потока — λ и плотность потока — ρ .

Целью настоящей работы является поиск методики получения, прогнозирования и обработки данных о транспортном потоке, которая при дальнейшем использовании позволит выявлять потенциально аварийные участки, подготавливать необходимые мероприятия для профилактики аварийности на улично-дорожных сетях, а также позволит своевременно реагировать и предупреждать события, связанные с чрезвычайными ситуациями исходя из интенсивности, скорости и загруженности, планировать время подъезда экстренных служб. Кроме того, статистический анализ дорожно-транспортной ситуации позволяет выявлять существенные моменты и наборы соотношений между ними, необходимые для формирования математической модели описания транспортного потока.

Анализ данных транспортного потока

Исследовательская работа проводилась при поддержке Управления ГИБДД ГУ МВД России по Иркутской области, которая предоставила данные для исследования. Кроме того, определен перечень участков улично-дорожной сети, представляющих наибольший интерес для изучения транспортного потока. Одним из них является участок автодороги Р-258 «Байкал» 45 км Шелеховского района Иркутской области. На котором транспортный поток движется в направлении от г. Шелехова в сторону с. Моты Шелеховского района Иркутской области (рис. 1). Рассматриваемый участок представляет собой прямую двухполосную дорогу, на которой установлены два ограничения скоростного режима: 60 км/ч на дистанции 2,8 км и 60 км/ч на дистанции 4,5 км.

На рассматриваемом участке дороги расположен рубеж наблюдения со стационарным комплексом «Вокорд-трафик Р VNB180040К» камера видеофиксации нарушений правил дорожного движения, которая регистрирует скорость движения, государственный регистрационный знак и время проезда транспортных средств. В ходе выполнения анализа данных определялись зависимости от времени интенсивности транспортного потока и статистические характеристики распределения частот скоростей транспортных средств.

Интенсивность транспортного потока λ соответствует числу транспортных средств, проходящих сечение дороги за единицу времени [14–16]. При высоких интенсивностях движения используются более короткие интервалы времени. Интенсивность движения определяется по формуле 1.

$$\lambda = \frac{n}{T},$$

где n — количество ТС; T — заданный промежуток времени.

Исходная генеральная совокупность анализируемых данных представляет собой массив значений скоростей транспортных средств, зарегистрированных на рассматриваемом участке во временном интервале с 06.11.2022 по 16.11.2022, и содержит 29831 значений. Рассматривая данную ГС в частотном представлении, получим гистограмму частот интенсивности транспортного потока за 10 календарных дней с шириной частичных интервалов равных 2 часам (рис. 2).



Рис. 1. Исследуемый участок дорожной сети

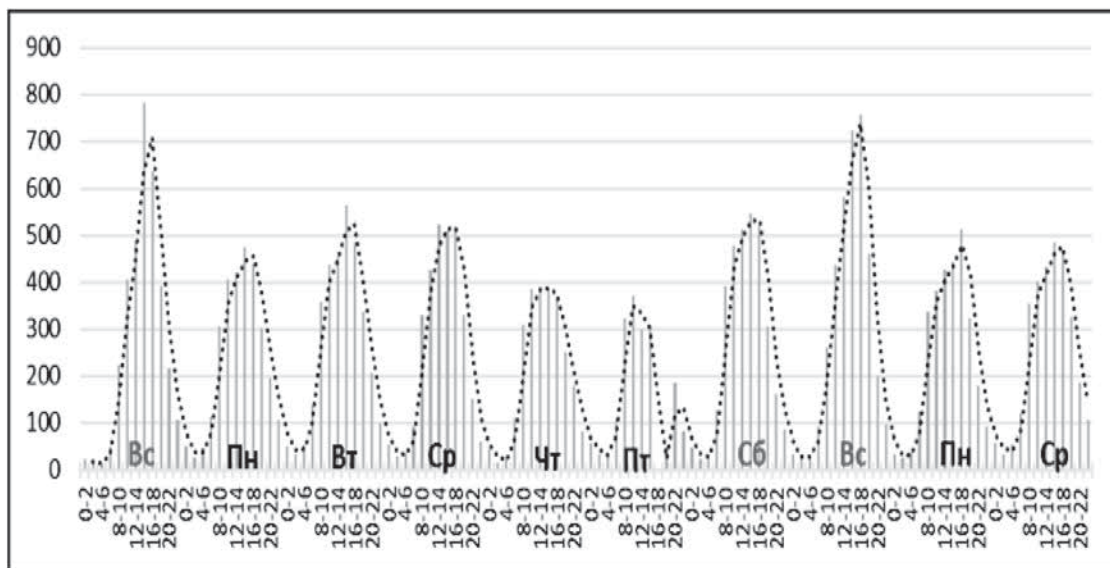


Рис. 2. Гистограмма частот интенсивности транспортного потока

Таблица 1.

Результаты статистического анализа информации о скоростных характеристиках транспортного потока на исследуемом участке автодороги за 10 дней в период с 06.11.2022 по 15.11.2022 года

Показатели	Дата наблюдения									
	06.11	07.11	08.11	09.11	10.11	11.11	12.11	13.11	14.11	15.11
Количество автомобилей	3355	2892	3220	3068	2548	1855	3242	3701	2921	3029
Количество нарушителей скоростного режима	110	115	79	100	59	65	126	114	82	95
Средняя скорость, км/ч	53,12	53,16	53,34	53,89	53,33	53,21	53,37	53,00	53,60	53,00
Мода скорости, км/ч	54	52	53	52	54	52	52	52	52	52
Медиана скорости, км/ч	58	57	58	58	59	57	58	58	57	58
Среднеквадратичное отклонение скорости, км/ч	20,6	18,58	19,48	18,55	18,45	10,26	18	18,19	14,54	14
Коэффициент вариации, %	0,39	0,35	0,37	0,34	0,35	0,19	0,34	0,34	0,27	0,26
Асимметрия	1,03	1,18	0,85	1	1,8	1,29	1,13	1,04	1,24	1
Экссесс	0,21	0,95	-0,28	0,021	4,1	1,33	0,29	0,44	0,71	1

Анализируя полученную гистограмму, можно заметить, что транспортный поток на данном участке достаточно прогнозируемый и имеет хорошую повторяемость. Закон распределения интенсивности транспортного потока в течении дня приближается к нормальному, с математическим ожиданием на временном интервале с 12 до 16 часов, максимальная загруженность наблюдается по воскресным дням.

В таблице 1 представлены результаты статистического анализа информации о транспортном потоке, зарегистрированной средством фото и видеофиксации административных правонарушений по исследуемому участку автодороги.

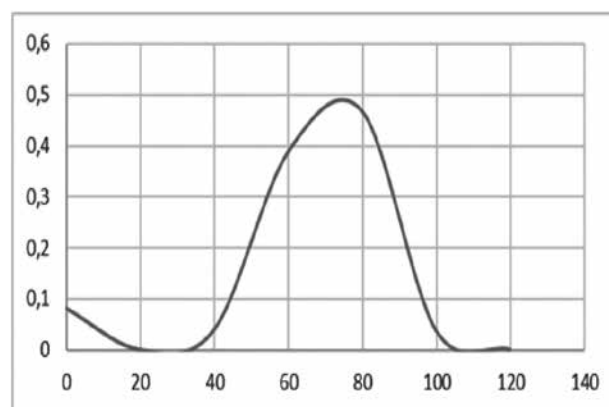


Рис. 3. Частотное распределение скоростей транспортных средств

Рассматривая генеральную совокупность данных, содержащих скорости транспортных средств, получим гистограмму распределения частот скоростей за 10 календарных дней с шириной частичных интервал равных 20 км/час (рис. 3).

Учитывая имеющиеся ограничения скоростного режима на данном рубеже в 60 км/час и предусматривающую административную ответственность ст. 12.9 КоАП за превышение установленной скорости движения на 20–40 км/час, превышения скоростного режима до 80 км/час не подвергается административному взысканию.

Заключение

Получаемая в режиме реального времени информация от средств фото и видеофиксации административных правонарушений позволяет определять различные характеристики транспортного потока, анализ которых необходим для оптимизации дорожно-транспортной сети и повышения общей безопасности дорожного движения. Выполненная статистическая обработка данных позволяет сформулировать следующие выводы:

1. Существуют общие закономерности изменения интенсивности транспортного потока в зависимости от дня недели, времени суток и погодных условий.
2. Закон распределения интенсивности транспортного потока в течении дня приближается к нормальному.
3. Количество выявленных нарушений скоростного режима на исследуемом участке возрастает в субботу и воскресенье в сравнении с остальными днями. Процент нарушений установленного скоростного режима не превышает 1 %, это свидетельствует об эффективности мер применения средств фото и видеофиксации административных правонарушений для обеспечения безопасности дорожного движения.

Используемый метод сбора и обработки данных может быть улучшен применением нейросетевых классификаторов для определения типа транспортного средства на основе анализа данных видеопотока в реальном времени, что позволит исследовать характеристики транспортного потока в зависимости от разновидностей транспорта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 10.12.1995 № 196-ФЗ (ред. от 30.07.2019) «О безопасности дорожного движения» // СЗ РФ. 1995. № 50. Ст. 4873.
2. Об организации дорожного движения в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 29.12.2017 № 443-ФЗ (ред. от 15.04.2019 // СЗ РФ. 2018. № 1 — Часть I. Ст. 27.
3. О правилах дорожного движения» (вместе с «Основными положениями по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанности должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения»: // Постановление Правительства РФ от 23.10.1993 № 1090 (ред. от 21.12.2019) // Собр. актов Президента и Правительства РФ. 1993. № 47. Ст. 4531.
4. Распоряжение Правительства РФ от 27.10.2012 № 1995 Об утверждении Концепции федеральной целевой программы «Повышение безопасности дорожного движения в 2013–2020 годах» // СЗ РФ. 2012. № 45. Ст. 6282.
5. Алейников Д.П., Зык А.В. Использование специальных средств фото и видеофиксации в целях профилактики дорожно-транспортных происшествий в Иркутской области // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2021. № 2 (70). С. 75–84.
6. Клопова Е.С., Седов Д.В. Актуальные проблемы применения средств фото- и видеофиксации нарушений правил дорожного движения // Актуальные вопросы транспортной безопасности. — Иркутск, 2017. С. 89–94.
7. Количество автоматических камер на дорогах России за год выросло до 15 тысяч // Коммерсант [сайт]. — Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/3843438> (дата обращения 03.01.2020).
8. Тихалева Е.Ю. Вопросы административной ответственности за правонарушения в области дорожного движения, зафиксированные средствами фото и видеофиксации // Вестник ВГУ. Серия Право. 2017. № 3. С. 168–175.
9. Пугачев Н.И. Организация и безопасность дорожного движения: учебное пособие. — М.: Академия. 2009. 272 с.
10. Шарухнова Д.Н., Капусткин Н.А. Технические средства фото- и видеофиксации нарушений правил дорожного движения: история и перспективы развития // Обеспечение общественной безопасности и противодействие преступности: задачи, проблемы и перспективы. — Краснодар. 2017. С. 348–355.
11. Мархеева М.О. Эффективность применения специальных технических средств автоматической фотовидеофиксации нарушений правил дорожного движения в Иркутской области // Актуальные вопросы транспортной безопасности. — Иркутск, 2019. С. 65–67.
12. Кашталинский А.С., Петров В.В. Влияние дорожно-транспортных факторов на неравномерность транспортных потоков в городах // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2016. № 1 (108). С. 116–123.
13. Косолапов А.В. Прогнозирование транспортных заторов на перегоне улицы при использовании спутниковых навигационных систем // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2005. № 5 (50). С. 98–101.
14. Петров В.В., Кашталинский А.С. Исследование некоторых свойств транспортного потока // Ориентированные фундаментальные и прикладные исследования — основа модернизации и инновационного развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплексов России: Материалы конференции. 2012. С. 4–8.
15. Полтавская Ю.О. Повышение пропускной способности и уровня обслуживания в транспортной теории // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2019. Т. 1. С. 200–201.
16. Федотова А.С., Лебедева О.А. Степень использования пропускной способности автомобильных дорог // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2015. Т. 1. № 1. С. 270–274.

© Алейников Дмитрий Павлович (dmitriy-aleinikov@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОТЛАДочно-МОДЕЛИРУЮЩЕГО ВЫСОКОУРОВНЕВОГО СЛОЯ LAYRED CAKE АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ПРИМЕРЕ НПА И БПЛА

DESIGN OF HIGH LEVEL DEBUGGING AND SIMULATION LAYER OF LAYERED CAKE ARCHITECTURE OF DYNAMIC OBJECT DEVELOPMENT SYSTEM AS AN EXAMPLE

M. Astahov
K. Petrova
I. Kalinin
K. Ogurtsova
A. Zaitsev
N. Evstigneev

Summary: In the article, the authors consider the intermediate results of the ongoing research work aimed at developing an approach and methods for creating a system that allows designing new generation products. The method of constructing the architecture of this system is substantiated, including through one of the components — the debugging and modeling layer responsible for conducting complex numerical calculations of robotic complexes. An experiment with post-analysis is presented, showing the achievement of results when performing tasks: designing an object with the property of adaptability to the localization environment; development of the head algorithm; the possibility of releasing product objects. This method can have many fields of application, but within the framework of the article, the authors mean robotic complexes. As an experimental test of the possibility of achieving positive results in the design of the system, robotic complexes for aerial and underwater purposes were selected. The choice of these robotic complexes is based on the existing scientific and technical background of the organizations represented by the authors.

Keywords: debugging and modeling complex, functional modeling, behavioral modeling robotic complex, visualization of the situation, Research and Development — R&D, autonomous uninhabited underwater vehicle, unmanned autonomous aircraft, digital twin.

Астахов Максим Игоревич

ведущий программист, ЦНИИ РТК, Санкт-Петербург
infonaftoo@mail.ru

Петрова Кристина Игоревна

научный сотрудник, Научно-исследовательский институт (военно-системных исследований МТО ВС РФ) Военной академии МТО им. А.В. Хрулёва,
infonaftoo@mail.ru

Калинин Иван Викторович

инженер, Научно-исследовательский институт (военно-системных исследований МТО ВС РФ) Военной академии МТО им. А.В. Хрулёва,
rehcbd23@yandex.ru

Огурцова Кристина Михайловна

ведущий инженер, «Научно-производственное предприятие «Пульсар», Москва; Общество с ограниченной ответственностью «Геном Геометрии Дизайна Систем», Санкт-Петербург; Общество с ограниченной ответственностью «Yadro», Москва

kristina-ogurtsova@mail.ru

Зайцев Александр Андреевич

инженер, ЦНИИ РТК, Санкт-Петербург
aleksaneksss@gmail.com

Евстигнеев Николай Николаевич

инженер, Общество с ограниченной ответственностью «Геном Геометрии Дизайна Систем»
nikevst88@gmail.com

Аннотация. В статье авторы рассматривают промежуточные результаты проводимой научно-исследовательской работы направленной на разработку подхода и методов создания системы, позволяющей проектировать продукты нового поколения. Обосновывается метод построения архитектуры данной системы, в том числе и через один из компонентов — отладочно-моделирующий слой, отвечающий за проведение комплексных численных расчетов робототехнических комплексов. Приводится эксперимент с пост-анализом, показывающий достижение результатов при выполнении задач: проектирование объекта со свойством адаптивности к среде локализации; разработка головного алгоритма; возможность выпуска объектов-продуктов. Данный метод может иметь многие сферы применения, но в рамках статьи авторы подразумевают робототехнические комплексы. В качестве экспериментальной проверки возможности достижения положительных результатов проектирования системы выбраны робототехнические комплексы воздушного и подводного назначения. Выбор данных робототехнических комплексов основывается на существующем научно-техническом заделе организаций, представляемых авторами.

Ключевые слова: отладочно-моделирующий комплекс, функциональное моделирование, поведенческое моделирование робототехнический комплекс, визуализация обстановки, Research and Development — R&D, автономный необитаемый подводный аппарат, беспилотный автономный летательный аппарат, цифровой двойник.

Современное развитие человеческого общества повышает требования к разрабатываемым объектам, например, робототехническим комплексам (РТК), выполняющим задачи как самостоятельный объект, так и в группах. Набор параметров РТК, к которым у человека начинает складываться наиболее требовательное отношение, являются: габариты, функционал, материал, энергообеспечение, комбинаторика, автономность и эргономика. Именно данные параметры становятся определяющими при эксплуатации, а равно базовыми при разработке РТК. Соответствие данным параметрам уже на этапе проектирования РТК, усложняет процесс R&D, верификации и валидации, но позволяет создать новый, адаптивный и экономически эффективный продукт, отвечающий параметрам среды локализации, восприятию человека и решаемым задачам, в том числе и в перспективе [1].

Увеличивает актуальность создания РТК нового поколения, в которых ключевыми средствами исполнения могут быть РТК и объём спектра комплексных технических задач, таких, например, как:

- выполнение действий и работ в опасных для человека средах и условиях (космическая среда, глубоководная среда, зоны радиоактивного загрязнения);
- выполнение действий, связанных с неприемлемыми рисками (поиск и уничтожение мин);
- функционирование во время длительных миссий.

Необходимо отметить, что одним из ключевых этапов проектирования РТК является этап испытаний, которые, основываясь на рассматриваемой технологии, изменятся после включения в себя гибридного применения в трёхмерной среде следующих средств: математического моделирования, репликацию потенциальных сред локализации, машинного обучения. В свою очередь построение процессов, в том числе испытаний, основанных на рассматриваемом подходе и методах, является одной из задач, решаемых авторами.

Проводимый авторами данной статьи анализ подходов и методов, в том числе и представленных выше, подтверждает актуальность и своевременность ведущихся авторами разработок по созданию отладочно-моделирующего комплекса, в том числе и для РТК. Разработка отладочно-моделирующего комплекса обусловлена потребностью в предоставлении инструмента тестирования, например, при создании алгоритмов управления и взаимодействия групп РТК. Основываясь на виртуализации физических сред, данный комплекс предусматривает моделирование в 3D-средах РТК, групп РТК, моделей поведения и взаимодействия РТК, статические и динамические объекты взаимодействия с ними, гидрометеорологических условий, различных времен года и времени суток [2,3].

Выводы, полученные авторами, также показывают, что результаты исследований могут быть распространены на смежные предметные области. В числе выводов отмечается, что моделирование отдельно взятых элементов в пределах ограниченных этапов переходит в необходимый процесс моделирования целых технологий и полного цикла процесса проектирования, например, РТК.

Развитие алгоритмов визуализации, программного обеспечения для моделирования 3D-объектов, программирования их полимодального поведения, а также появление новых устройств обратной связи позволяют создавать системы, имитирующие физическую реальность, концепции эргономики иммерсивных сред, инженерную психологию. Вышеуказанные технологии являются базовыми предпосылками создания архитектуры системы, основанной на методе «Layered cake», выраженной в аппаратно-программной платформе, управляемой головным, самообучаемым алгоритмом, направленной на решения представленных задач.

Подход, описанный в статье, основан на виртуализации сред, процессов, систем, объектов и методов. Посредством оркестрирования и комплексирования разрабатываемая система обеспечивает набор принципиальных возможностей, таких как наиболее «жёсткая» формализация исследуемых сред локализации РТК, получение знаний и самообучение головного алгоритма системы и головных алгоритмов моделей поведения РТК. Также следует упомянуть методологию разработки таковых, основанную на проектировании систем и подсистем, а равно РТК в режиме реального времени благодаря дереву решений [4].

Одним из решений становится внедрение асинхронности и параллелизма процессов на этапе R&D, например, выбор и проверка материала узла создаваемого объекта в CAD и параллельная проверка функционирования и геометрии узла в 3D. При этом разработка данного метода сопряжена с набором требующих решения вопросов, например, бесшовный обмен данными, выбор решения, поведение в реальных условиях. Данный пример применения представленного метода является реализуемым и подтверждается ведущимися отечественными разработками — проект по разработке беспилотного летательного аппарата «Исследователь», ведущийся инженерами третьего управления «Научно-исследовательского института военно-системных исследований материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации Военной академии материально-технического обеспечения». В проекте также разрабатывается универсальная, модульная платформа беспилотного автономного летательного аппарата (свидетельство регистрации программы и базы данных № RU2022623464), которая испытывается посредством

CAD и 3D-средами в режиме реального времени. Процессом проведения испытаний управляет коммуникативная распределённая интеллектуальная система управления поведением БПЛА. Система передаёт данные о состоянии БПЛА при выполнении сценариев и испытаниях в созданную инженерами виртуализированную среду на основе программных компонентов SolidWorks и Maya. Данный проект подтверждает жизнеспособность и возможность создания технологии «цифровой двойник».

В отличие от классического способа решения задачи, когда проводится комбинаторный поиск вариантов решения по детерминированному алгоритму, позволяющего найти оптимальное решение, в методах, построенных на дереве решений и мультиагентах решения задач, происходит посредством самоорганизации множества программных агентов, способных к конкуренции и имеющих собственные критерии, предпочтения и ограничения. Использование данных методов подразумевает, что решение считается найденным, когда в ходе недетерминированных взаимодействий агенты достигают неулучшаемого консенсуса (временного равновесия, баланса интересов), который и принимается за решение задачи [5]. Решение задачи, в такого рода системах всегда рассматривается как временное «равновесие», получаемое как динамическая остановка системы в случае, когда ни один из агентов более не может улучшить свое состояние.

Методы машинного обучения и глубокое обучение в отладочно-моделирующем комплексе определяют системные основы для запуска графа оркестрации вложенными алгоритмами и порядок комплексирования построения поведенческих моделей [6].

Процесс моделирования РТК осуществляется с использованием графических элементов, применяемых для генерации описания системы с использованием соответствующих нотаций, которая выстраивает определённые правила описания и использования различных категорий моделируемой системы, например, узлов, процессов, взаимосвязей. Формализованные графические модели РТК, используются для анализа и оптимизации. Отладочно-моделирующий комплекс использует и структурное моделирование с целью исследования возможных перспектив создания следующего от разрабатываемого поколения РТК [7]. С помощью структурного моделирования головной алгоритм разрабатываемой системы выстраивает архитектуру РТК в определённой семантической сети — элементы, оборудования, подсистем, связи с внешней средой, объекты взаимодействия и отношений между ними, что позволяет с точки зрения решения задач и функционала предъявляемых проектируемому РТК требований проверить, достигает ли созданная сеть необходимого результата, провести верификацию и валидацию РТК уже на R&D.

Моделирование поведения РТК в 3D-средах позволяет принять решение о целесообразности и адекватности применяемых алгоритмов управления и выборе оборудования для РТК оптимизации и унификации научных, инженерно-технических, эргономических решений на всех стадиях жизненного цикла РТК до создания и выхода РТК в среду локализации [8,9].

Комплексирование методами машинного обучения при проектировании РТК, основываясь на результатах анализа, полученного авторами, проведенного в рамках данной работы, позволит определить перечень технологий и технологических компонентов необходимых для создания отладочно-моделирующего комплекса и поддержки их целевого назначения, представленные в таблице 1.

Следует отметить, что отдельной задачей является отработка моделей поведения РТК в группе, поскольку применение групп РТК даёт принципиально важные дополнительные возможности при решении предъявляемых задач.

Моделирование физических сред локализации РТК является параллельным процессом в разрабатываемой системе. РТК создаются и применяются во внешних средах: космическая; воздушная (земная атмосфера); земная поверхность; водная и подводная поверхности. Для каждой среды существуют присущие ей характерные свойства, факторы, параметры, которые укладываются в алгоритмическую последовательность вложенных алгоритмов и оркестрируются головным алгоритмом разрабатываемой системы [10].

Разрабатываемая авторами архитектура системы основана на структуре «Layered cake», которая позволяет создать высокоуровневый комплекс, на основе которого сформирована отладочно-имитационная среда, позволяющая проводить исследование и отладку головных алгоритмов моделей управления, систем, подсистем, конфигурации объектов в режиме реального времени. Семантическая структуры архитектуры представлена на рисунке 1.

Важно отметить, что ключевым преимуществом разрабатываемой архитектуры, отличающим данную разрабатываемую систему от уже существующих PLM, PDM систем с функциональной точки зрения, является отладочно-моделирующий комплекс, позволяющий создать направленный вектор исследований на разработку методов представления знаний и формирования поведенческих моделей РТК и групп РТК.

Создание высокоуровневого слоя системы — отладочно-моделирующего комплекса позволяет выработать единый подход при создании новых РТК,

Таблица 1.

Перечень технологий и технологических компонентов отладочно-моделирующего комплекса

Технологии	Технологические компоненты
Проверки (оценки) выполнимости (достижимости) требований назначения к РТК на базе его функционального моделирования	а) организация интеллектуального управление разработкой и конструированием РТК; б) интеграция алгоритмов поведенческой модели РТК по проверке достижение требований назначения; в) проведение верификации модели РТК на ранних стадиях разработки; г) обеспечение сквозного моделирование РТК для всех стадий жизненного цикла программирование.
Проверки (оценки) выполнимости (достижимости) требований назначения к РТК на базе разработки автоматизированного взаимодействия кибернетического моделирования и моделирования взаимодействия РТК с внешней средой	а) построение интегральных цифровых моделей местности и гидро-, аэро- и метеорологических условий, времен года и суток; б) проведение валидации РТК в обозначенных внешних условиях использования, заданной тактической обстановке или по данным полученным различными средствами разведки.
Моделирования взаимодействия робототехнических комплексов в группе для решения стратегических и тактических задач планирования действий Самообучения и самопрограммирования РТК и групп РТК	а) планирование маршрутов группы РТК с учетом проходимости и безопасности; б) планирование локальных перемещений РТК с учётом планов других членов группы; в) организация группового перемещения роботов по заданному маршруту с учетом требований ретрансляции и подзарядки; г) моделирование динамических процессов движения группы РТК; д) создание, поддержка и развитие базы знаний для функционирования РТК; е) ситуационный анализ для РТК и групп РТК, методы моделирования и прогнозирования ситуаций; ё) автономное управление РТК выполнением миссии, сценариев с учетом опыта применения РТК однородных типов; к) машинное обучение и самообучение в предметной области РТК.

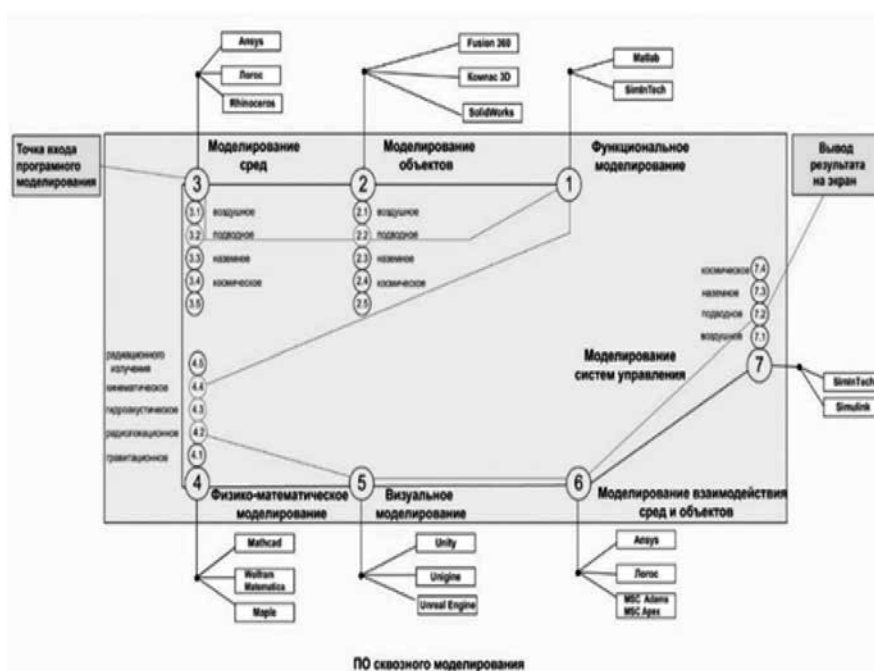


Рис. 1. Семантическая структура архитектуры системы с интегрированным отладочно-моделирующим комплексом

сократить издержки при тестировании, отладке и внесении конструктивных изменений, сместив вектор разработки на этап R&D, а также производить валидацию и верификацию РТК на стадиях создания.

Экспериментальная отработка возможностей создаваемой системы и архитектуры, проводится на разработанном авторами отладочно-имитационном комплексе.

Основной набор экспериментов направлен на подсистему, вложенный алгоритм которой выполняет автоматизацию выбора моделей, через подбор параметров, основанных на зависимостях, указанных в техническом задании Заказчика и среды локализации, посредством множественного запуска, получения знаний, самообучения [11,12]. Верифицируемая структурная схема отладочно-моделирующего комплекса представлена на рисунке 2.

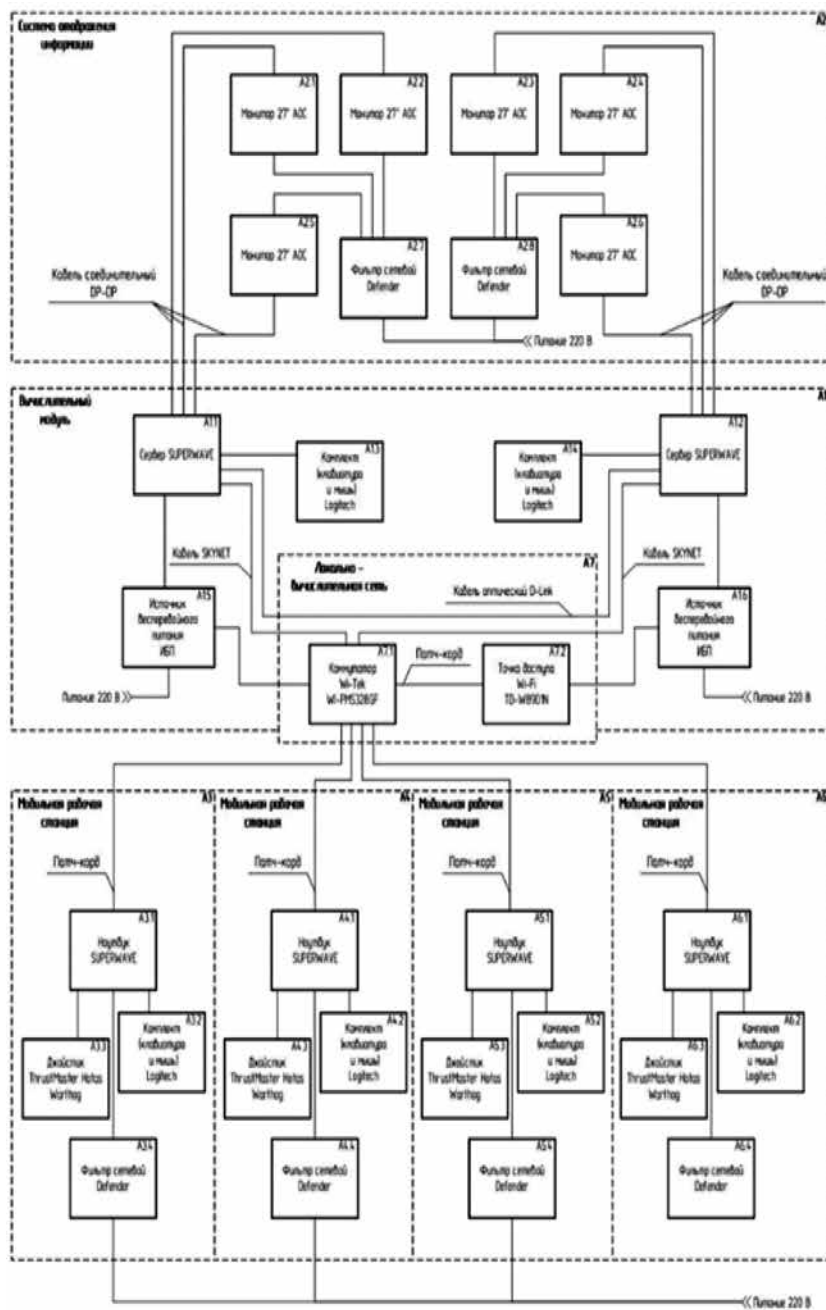


Рис. 2. Структурная схема отлаочно-моделирующего комплекса

В качестве объектов испытаний, тестирования выбраны РТК подводного и воздушного назначения. Для подтверждения рассматриваемых авторами подхода и методов создания представленной системы, проверки способности создания головных алгоритмов, модели поведения РТК и групп РТК с обучением таковых и взаимодействию в группах, экспериментально создан верхнеуровневый слой представленной в данной статье архитектуры — отлаочно-моделирующий комплекс.

Подсистема, например, позволила авторам экспериментально изучить поведения, геометрии дизайна —

рамы воздушного РТК — БПЛА при следующих параметрах: высота полёта 2 км; скорость полёта $V=80$ км/ч; полная аэродинамическая сила $Ra=7.459$ Н в сложных экстремальных условиях в момент выполнения задачи по сопровождению цели. Результаты эксперимента показаны на рисунке 3.

Приведённая демонстрация показывает, как разрабатываемая система, решая задачу посредством вложенного алгоритма — экспертной системы, проверяет в виртуализированной среде реальные физические воздействия на раму БПЛА «Исследователь» (прим.: Па-

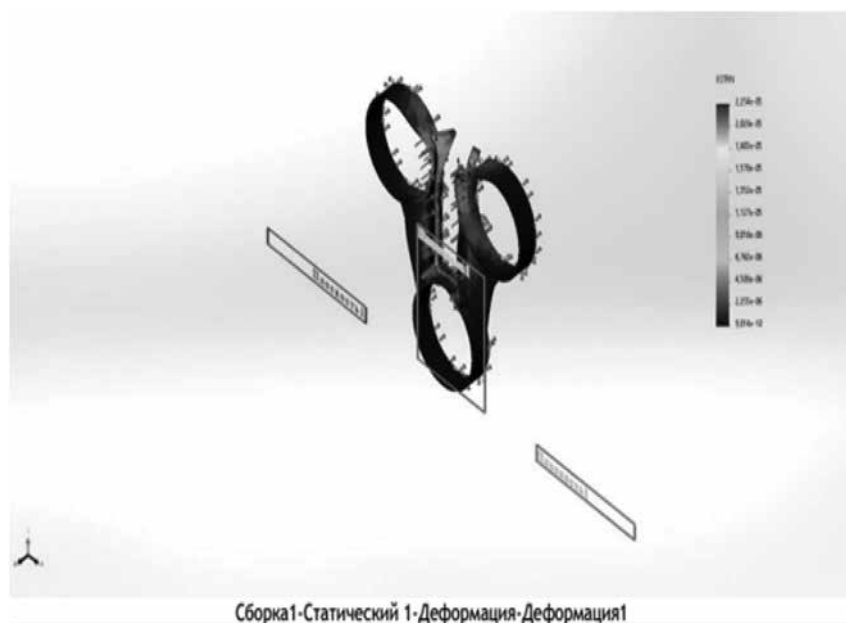


Рис. 3. Проверка возможной деформации рамы воздушного РТК — БПЛА «Исследователь»

тент на промышленный образец №135705). Проверка осуществляется в момент нахождения «Исследователя» в надводном положении при проведении эксперимента. Результат эксперимента показывает, что рама УЗ БПЛА «Исследователь» для эксплуатации в надводных средах, обеспечивая ему наибольшую надёжность, что подтверждается результатами, представленными на рисунке 2.

Отладочно-моделирующий комплекс в данном случае путём комплексирования моделей проверяет сразу устойчивость рамы и взаимодействия РТК «БПЛА» с условиями среды локализации в процессе выполнения задач учитывая, например, ветер и температуру при выполнении задачи [13].

Методы проектирования, позволяющие создавать РТК нового поколения с системой, наделяемой искусственным интеллектом, особенно востребованы в ситуациях, когда РТК самостоятельно решает оперативную задачу по гибкому алгоритму в сложной ситуации с большим набором неструктурированных данных [14].

Результаты эксперимента показывают, что расчеты, проводимые на этапе отладочного моделирования, позволяют вложенной экспертной системе показать инженерам-конструкторам значения коэффициентов загромождения KVT и паразитных сил $k_{\text{пар}}$ для маршевых двигателей АНПА.

Полученные авторами выводы по результатам проведённых экспериментов, позволяют утверждать, что создаваемая архитектура системы, разработанная на методах подхода «Layered cake», позволила добиться хорошо определяемых связей между слоями создаваемой систе-

мы и позволила создать набор технологий, где высокоуровневым слоем становится отладочно-моделирующий комплекс, позволивший испытать работу систем и подсистем, поведения алгоритмов и модулей программного обеспечения разрабатываемых РТК воздушного «Исследователь» и подводного АНПА назначения.

Результаты проведенного исследования показывают, что в настоящий момент времени развитие науки и технологии являются достаточным для возможности создания полноценной копии реального объекта — продукта со смещением вектора в процессе разработки такого на этап R&D. Он будет основан на подходе приоритизаций и комплексирования технологий в t момент времени и методов: системной инженерии; многоуровневой матрицы требований; семействе мультидисциплинарных математических моделей, выраженных в 3D-средах [15, 16].

Анализ полученных результатов подтверждает способность промышленности, в том числе и ключевых научно-исследовательских организаций, к созданию аппаратно-программных платформ и сред, отвечающих как частично, так и полностью концепции представленного в данной статье подхода и методов.

Необходимо отметить, что предприятиям промышленности для достижения создания полного цикла best-in-class и персонализации выпускаемой конвейерной продукции еще требуется доработка промышленных мощностей, смена вектора инженерной мысли, повсеместной интеграции методов системной инженерии, но на данный момент возможность реализации, представленной выше концепции в среднесрочной перспективе возможна.

Основные выводы, полученные по результатам промежуточных исследований, авторы формируют следующим образом:

- **представленная авторами разрабатываемая система на экспериментальном уровне отдельными предприятиями промышленности и научно-исследовательских организаций (например, проект БПЛА «Исследователь», разрабатываемый инженерами 3 управления «Научно-исследовательского института военно-системных исследований материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации Военной академии материально-технического обеспечения»);**
- рассматриваемая авторами проектируемая система в коммерческом секторе не реализуется. Инструменты, образующие и позволяющие реализовать рассматриваемую концепцию, такие как САПР, 3D-пакеты, кроссплатформенные среды разработки в реальном времени, PDM и PLM, являются хорошо масштабируемыми, но конечными продуктами, что не позволяет предприятиям коммерческого сектора интегрировать данные инструменты [17, 18];
- существующий научно-технический задел, апробированные, прикладные и тиражируемые решения ЦНИИ РТК способны стать основой для разработки, рассматриваемой авторами системы, выраженной в аппаратно-программной платформе, способной реализовать рассматриваемый подход и методы проектирования РТК нового поколения;
- разработка ЦНИИ РТК, выраженная в представленной выше аппаратно-программной платформе, способна включить в себя как основу динамического управления такой средой — платформой: *master algorithm*, что, в свою очередь, позволит заявить о данной платформе как системе с наделяемым искусственным интеллектом. Данная разработка в настоящий момент является перспективной и не имеющей аналогов на территории РФ [21].

Дополнительными преимуществами рассматриваемую систему наделяет отладочно-моделирующий комплекс, представляя таковой инструментом:

- для заказчиков — при формировании ТТЗ и моделей применения РТК;
- для разработчиков-при проектировании и конструировании РТК;
- при эксплуатации РТК, формировании и моделировании задач.

Непосредственно отладочно-моделирующий комплекс позволит изучать, исследовать и отлаживать

сценарии поведения и технологические операции методами представленными авторами. Не мало важным преимуществом отладочно-моделирующего комплекса является построение в 3D средах физических сред локализаций РТК и проработка влияния на проектируемый РТК внешних сред и других объектов [19].

Авторы отдельно отмечают то, что каждый «слой» из разрабатываемой архитектуры вносит в создаваемую систему как комплекс, набор возможностей, увеличивая многофункциональность системы. «Слой» выраженный отладочно-моделирующим комплексом, позволяет реализовать следующий набор возможностей:

- **формировать научные, проектные, инженерно-технические, эргономические решения для всех стадий создания РТК и последующих этапов жизненного цикла;**
- на стадиях формирования ТТЗ, авантпроектов, предэскизного и эскизного проектирования проводить функциональное и поведенческое моделирование прототипов РТК и групп РТК для выбора вариантов дальнейшей разработки;
- на стадиях технического проектирования развивать выбранный вариант прототипа РТК моделированием его компонентов (сенсоров, исполнительных механизмов и специальных устройств, энергетики, средств передвижения и других компонентов);
- произвести построения моделей внешних сред, со статическими и динамическими объектами взаимодействия с РТК, при различных гидро-, аэро- и метеорологических условиях, временах года и времени суток;
- проводить функциональное и поведенческое моделирование прототипов РТК совместно с моделями внешних сред и пространств функционирования;
- разрабатывать алгоритмическое обеспечение для всех уровней и стадий создания систем управления РТК и групп РТК: алгоритмическое обеспечение общих и частных сценариев миссий; алгоритмическое обеспечение комплексных и простых типовых технологических операций; алгоритмическое обеспечение компонентов РТК;
- проводить научно-технические разработки при создании алгоритмического обеспечения РТК для слабоструктурированной предметной области в условиях нечёткой и неполной исходной информации;
- проводить научно-технические разработки технологий построения и применения баз знаний для систем управления РТК;
- проводить прикладные разработки технологий искусственного интеллекта (представление знаний, распознавания образов, принятия решений на управление) на основе комплекс-

ного моделирования предметных областей функционирования РТК;

- произвести планирование и оптимизировать производственные процессы на реальных платформах с целью снижения затрат и качественного управления ресурсами;
- использовать разработанные модели и алгоритмы в специализированных тренажёрах и, тем самым, обеспечить качественную подготовку специалистов к выполнению задач по управлению производственными объектами и техническими средствами, в том числе робототехническими;
- исследовать алгоритмы движения, выполнения технологических операций и систем управления робототехническими средствами;
- снизить затраты на испытания новой техники за счет системы моделирования виртуального окружения [20].

Проведённые авторами исследования определили основные подходы, методы и методология, разработки архитектуры, создания головного алгоритма и системы, реализующей способ проектирования РТК, отвечающий современному уровню развития экосистемы человека. Формализованы основные задачи и сформирован технический облик архитектуры создаваемой системы. Проведены эксперименты по оптимизации инженерно-технических, эргономических решений РТК подводного и воздушного видов. Результаты экспериментов, подтвердили жизнеспособность выбранных методов и методологии создания системы и проектирования РТК. Анализ полученных результатов подтвердил возможность тестирования, отладки и внесения конструктивных изменений с параллельным процессом валидации и верификации РТК на стадии R&D.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 2.052-2006 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Электронная модель изделия. Общие положения
2. Поминова В.А., Петушок И.К., Подходы к исследованию методов создания отладочно-моделирующих комплексов для функционального и поведенческого моделирования РТК и групп РТК // ТРУДЫ 33-й Международной научно-технической конференции «ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ РОБОТОТЕХНИКА», Санкт-Петербург: Изд-во: ЦНИИ РТК, 2022, С. 416–423. // [Электронный ресурс] — URL: Proceedings_ER-2022.pdf (rtc.ru)
3. Игнатиади Е.К. Петушок И.К. Виртуальный полигон для морских робототехнических средств // доклад / XVI Всероссийская научно-практическая конференция «Перспективные системы и задачи управления» п. Домбай, Карачаево-Черкесская республика, 2021 — 18 с.
4. Пузырьков Д.В., Подрыга В.О., Поляков С.В. Облачный сервис для масштабных молекулярно-динамических расчетов: от идеи до реализации // Научный сервис в сети Интернет: труды XIX Всероссийской научной конференции (18–23 сентября 2017 г., г. Новороссийск). М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2017. С. 406–416. URL: <http://keldysh.ru/abrau/2017/58.pdf>
5. Багницкий А.В., Инзарцев А.В., Павин А.М., Мельман С.В., Морозов М.А. Модельное решение задачи автоматической инспекции подводных трубопроводов с помощью гидролокатора бокового обзора // Подводные исследования и робототехника, №1(11), 2011, С. 17–23
6. Бобков В.А., Морозов М.А. Моделирование работы гидролокационных устройств средствами машинной графики // Подводные исследования и робототехника. — 2012. — №1. — С. 46–51.
7. Alexis Asseman, Tomasz Kornuta, and Ahmet Ozcan. Learning beyond simulated physics. In Modeling and Decision-making in the Spatiotemporal Domain Workshop, 2018
8. Christian Szegedy, Vincent Vanhoucke, Sergey Ioffe, Jon Shlens, and Zbigniew Wojna. Rethinking the inception architecture for computer vision. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, pages 2818–2826, 2016
9. Zhiting Hu, Xuezhe Ma, Zhengzhong Liu, Eduard H. Hovy, and Eric P. Xing. Harnessing deep neural networks with logic rules. CoRR, abs/1603.06318, 2016
10. Magnus R Hestenes, Eduard Stiefel, et al., «Methods of conjugate gradients for solving linear systems», Journal of research of the National Bureau of Standards, vol. 49, no. 6, pp. 409–436, 1952.
11. Quan Hoang, Tu Dinh Nguyen, Trung Le, and Dinh Phung. MGAN: Training generative adversarial nets with multiple generators. In ICLR, 2018
12. M Ehsan Abbasnejad, Qinfeng Shi, Anton van den Hengel, and Lingqiao Liu. A generative adversarial density estimator. In CVPR, 2019
13. Mathilde Caron, Ishan Misra, Julien Mairal, Priya Goyal, Piotr Bojanowski, and Armand Joulin. Unsupervised learning of visual features by contrasting cluster assignments. In NeurIPS, 2020.
14. Sukhoroslov O., Volkov S., Afanasiev A.A Web-Based Platform for Publication and Distributed Execution of Computing Applications // 14th International Symposium on Parallel and Distributed Computing (ISPDC). IEEE, 2015. pp. 175–184.
15. Sim Streamlined For Design: structural simulation and analysis in the cloud [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sim4design.com/index>
16. Петушок И.К. Модель информационной среды: доклад, печатный в кн. / Тр. XVII Всероссийской науч.-практич. конф. «Актуальные проблемы защиты и безопасности», — СПб.: РАРАН, НПО «Специальных материалов», 2015.
17. Новиков Л.С. Радиационные воздействия на материалы космических аппаратов. Учебное пособие. — М.: Университетская книга, 2010 — 192 с.
18. Моисеев В.С. М Динамика полета и управление беспилотными летательными аппаратами / монография. — Казань: Редакционно-издательский центр «Школа», 2017 416 с. (Серия «Современная прикладная математика и информатика»).
19. Исследование путей создания многофункционального модульного реконфигурируемого гиперизбыточного необитаемого подводного аппарата для интеграции в робототехнический комплекс трех сред базирования // Отчет о НИР / ЦНИИ РТК, рук. С.А. Половко. СПб, 2019 .
20. Усачов В.Е., Таргамадзе Р.С. Принципы и алгоритмы формирования системы математических моделей целевой миссии беспилотного ЛА. Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 49. — URL: <https://mai.ru/upload/iblock/e9d/printsipy-i-algoritmy-formirovaniya-sistemy-matematicheskikh-modeley-tselevoy-missii-bespilotnogo-la.pdf>
21. Отчёт о научно-исследовательской работе «Исследование методов и разработка технологий создания отладочно-моделирующих комплексов для функционального и поведенческого моделирования РТК и групп РТК», рег. № НИОКТР 122060100021-7.

© Астахов Максим Игоревич (infonaftoo@mail.ru); Петрова Кристина Игоревна (infonaftoo@mail.ru); Калинин Иван Викторович (rehcbd23@yandex.ru); Огурцова Кристина Михайловна (kristina-ogurtsova@mail.ru); Зайцев Александр Андреевич (aleksaneksss@gmail.com); Евстигнеев Николай Николаевич (nikevst88@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОТЛИЧИЯ ОПТИМИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРОННОМ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ И В БИЗНЕСЕ В ЦЕЛОМ И В ЧАСТИ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ЧАСТНОСТИ

DIFFERENCES IN OPTIMIZING BUSINESS PROCESSES IN E-GOVERNMENT AND IN BUSINESS IN GENERAL AND IN TERMS OF RISK MANAGEMENT

**N. Baranov
M. Ardatovsky**

Summary: The work describes the main differences in optimizing business processes in business and e-government projects. The comparison is based on five performance indicators: optimization goals, expected results, system scale, KPIs, and risk management. A model was built to evaluate the risks of various projects. Using the model, key risks for projects related to optimizing business processes in business and e-government were identified.

Keywords: optimization, business-process, risk management, e-government, fuzzy logic, fuzzy neuron network.

Баранов Никита Сергеевич
Аспирант, Университет ИТМО
19980925@mail.ru

Ардатовский Максим Игоревич
Аспирант, Университет ИТМО
ardatovskym@gmail.com

Аннотация: В работе описаны основные отличия оптимизации бизнес-процессов в бизнесе и в сфере электронного правительства. Сравнение происходит по пяти показателям цели оптимизации, планируемые результаты, масштабы системы, KPI, управление рисками. Была построена модель для оценки рисков различных проектов. При помощи модели были определены ключевые риски для проектов по оптимизации бизнес-процессов в бизнесе и в сфере электронного правительства.

Ключевые слова: оптимизация, бизнес-процесс, управление рисками, электронное правительство, нечеткая логика, нечеткая нейронная сеть.

Введение

В наши дни оптимизация бизнес-процессов активно применяется как в частном бизнесе, так и в государственном секторе. Одним из ключевых направлений в оптимизации бизнес-процессов является цифровизация. Цифровизация это переход от аналоговых форм к цифровым. Цифровизация часто позволяет коренным образом изменить конфигурацию процесса; например, сочетание автоматизированного принятия решений с самообслуживанием может исключить ручные процессы.[1] Цифровизация в сфере предоставления государственных услуг привела к появлению концепции электронного правительства. Существует множество определений термина «Электронное правительство». Некоторые определения перечисляют области воздействия на правительство, другие представляют из себя заявления о миссии и видении. [2].

Управление рисками является ключевой задачей для проектных организаций, предусмотренной законодательством, отраслевыми стандартами и внутренними инструкциями. [3]

Главный принцип риск менеджмента согласно стандарту ИСО 31000 «Риск менеджмент создает и защищает ценность» [4]

В рамках данной статьи мы рассмотрим основные отличия оптимизации процессов в бизнесе от оптимизации

процессов в сфере оказания государственных услуг как в целом, так и в области управления рисками, в частности.

Методы исследования

Описаны ключевые особенности оптимизации бизнес-процессов в бизнесе и в сфере электронного правительства. В таблице приведены отличия. Построена модель для анализа рисков, выявлены ключевые риски для оптимизации бизнес-процессов в бизнесе и в электронном правительстве.

Полученные результаты

Особенности оптимизации бизнес-процессов в сфере бизнеса

1. Оптимизация процессов в бизнесе ориентирована на увеличение прибыли, хотя в ряде случаев изменения в процессе не позволяют моментально сократить расходы или увеличить доходы, но в любом случае в дальнейшем бизнес планирует получить от этого прибыль. Например, компания оптимизирует свои бизнес-процессы так, чтобы сделать бизнес более экологичным. Это не принесёт компании прямой выгоды, но она станет более привлекательной для контрагентов и инвесторов.
2. Оптимизация бизнес-процессов в бизнесе может быть нацелена как на увеличение доходов (например, увеличить количество выпускаемой продук-

ции), так и на сокращение расходов (например, уменьшить трудозатраты на выпуск продукции).

3. Масштаб информационных систем: для оптимизации бизнес-процессов используются различные информационные системы. Информационные системы могут быть для оптимизации бизнес-процессов во всей организации в целом (ERP enterprise resource planning), так и для оптимизации какой-то области в бизнесе (например, CRM система customers relationship management или SCM Supply Chain Management), а также для решения какой-то прикладной задачи.
4. KPI Могут быть различными в зависимости от проекта. Например, увеличение количества выпускаемой продукции или сокращение трудозатрат. Зачастую в качестве KPI могут выступать финансовые показатели.
5. Наша модель указывает на то, что ключевым риском при оптимизации бизнес-процессов в бизнесе является риск недостатка финансирования, особенно остро эта проблема стоит в небольших компаниях.

Особенности оптимизации бизнес-процессов в сфере электронного правительства

Оптимизация бизнес-процессов в сфере электронного правительства. Предоставление государственных услуг очень специфическая сфера для оптимизации бизнес-процессов.

1. В то же время оптимизация в сфере электронного правительства может быть направлена как на экономию средств, так и на предоставление более удобных государственных услуг гражданам. То есть теоретически переход некоторых услуг в электронную форму может быть даже более затратным для государства, чем продолжение предоставления этих услуг традиционными методами, но стремясь предоставить более качественные сервисы своим гражданам государство может пойти на этот шаг.
2. За редким исключением оптимизация процессов не может быть ориентирован на увеличение доходов. Безусловно, оказания некоторых услуг может быть ориентировано на увеличение доходов (например государство предоставляет электронную визу для иностранцев, из-за этого большее количество иностранцев сможет посетить страну). Но главным образом оптимизация процессов в сфере электронного правительства нацелена на сокращение издержек.
3. Масштаб системы: В электронном правительстве можно выделить 3 вида информационных систем — Государственные (Федеральные), такие информационные системы используются для оптимизации государственных услуг в стране в целом, в России

примером таких систем может быть портал «Госуслуги»

- Муниципальные, используются для оптимизации государственных услуг в конкретном регионе.
 - Системы, использующиеся в рамках конкретной организации, или в рамках какой-то сферы.
4. KPI. Удовлетворённость качеством предоставления услуг. После оказания государственной услуги по средствам портала «Госуслуги» пользователь имеет возможность оценить качества оказания государственной услуги. В зависимости от услуги имеется возможность оставить или единую оценку или оценку для каждого показателя, например: Удобство электронной заявки, время оказания государственной услуги. В 2021 году граждане 450 миллионов раз обращались за государственными услугами по средствам ЕПГУ или РПГУ, дали 9.8 миллионов оценок на предоставление услуг. Самая комментируемая государственная услуга «Информирование зарегистрированных лиц о состоянии их индивидуальных лицевых счетов в системе обязательного пенсионного страхования» имеет оценку 4.3 балла. [5] Самую высокую оценку (4.71) имеет государственная услуга «Разрешение на хранение и ношение охотничьего, пневматического, огнестрельного оружия и оружия ограниченного поражения и патронов к нему».
 5. Согласно нашей модели, ключевые риски для проектов по оптимизации бизнес-процессов в сфере электронного правительства — это риск изменения сроков и риск изменения требований. Есть и другие мнения на этот счёт, так, например, группа Вьетнамских исследователей [6] считают, что риск информационной безопасности один из важнейших для проектов электронного правительства.

В таблице 1 приведены ключевые различия оптимизации бизнес-процессов в сфере бизнеса и в сфере электронного правительства.

Проблема управление рисками при оптимизации бизнес-процессов рассмотрена несколькими авторами [7–9].

Для практической части работы был рассмотрено 2 набора данных по оценке рисков проектов по оптимизации бизнес-процессов с бизнес и государственных сферах соответственно, а затем применены методы нечеткой логики. Наборы включали в себя экспертные оценки пяти параметров оценки параметров, а также общую оценку риска в диапазоне [0,10] по реальным проектам:

1. Риск нехватки финансирования
2. Риск текучести кадров
3. Риск недостаточной производительности
4. Риск срыва сроков
5. Риск изменения требований
6. Интегральная степень риска оптимизационного проекта

Таблица 1.

Ключевые различия

	Цель оптимизации процессов	Результаты оптимизации	Масштаб систем автоматизации	KPI	Риски
В бизнесе	Увеличение прибыли	Увеличение доходов, сокращение расходов	ERP системы, отдельный модуль, прикладное решение	Финансовые показатели, оценка клиентов	Наибольший риск — риск нехватки финансирования
В сфере электронного правительства	Предоставление более качественных государственных услуг гражданам и сокращение расходов	Сокращение расходов	Государственные, муниципальные, прикладные	Оценка получателей государственных услуг	Наибольшие риски — риск изменения сроков, риск изменения требований

Представленный набор данных предлагается использовать как база нечетких правил для построение экспертной системы, построенной на основе алгоритма нечеткого вывода типа Сугено, параметры функции принадлежности которой скорректированы на основе статистической информации о ранее реализованных работах. В качестве входных переменных были использованы специфичные риски, тогда как выходной являлась интегральная степень риска (таблица 2).

Таблица 2.

Параметры входных и выходных переменных

Лингвистическая переменная	Терм-множества
Риск нехватки финансирования	«низкая», «высокая»
Риск текучести кадров	«низкая», «высокая»
Риск недостаточной производительности	«низкая», «средняя», «высокая»
Риск срыва сроков	«низкая», «средняя», «высокая»
Риск изменения требований	«низкая», «средняя», «высокая»
Интегральная степень риска оптимизационного проекта	«1», «2», «3», «4», «5», «6», «7», «8», «9», «10»

Таким образом, интегральную степень риска оптимизационного проекта можно определить как:

$$Y = f_y(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5), \tag{1}$$

где X_1 — риск нехватки финансирования, X_2 — риск текучести кадров, X_3 — риск недостаточной производительности, X_4 — риск срыва сроков, X_5 — риск изменения требований.

В качестве программного средства был использован модуль Neuro-Fuzzy Logic Designer от Matlab. Модель будет иметь структуру MISO (Multi Inputs — Single Output) построенной на основе ANFIS (Adaptive Neuro-fuzzy inference systems) которая признана генерировать нечеткие наборы и нечеткие правила для обработки набора данных, нейронная часть модели служит для корректировки настройки параметров на основе обучения

по набору данных, разбитому на вход\выходы [10]. Перед обучением предварительно расставляем функции. Модель строится на основе данных, относящихся к бизнес-проектам по оптимизации.

Параметр «Requirements» содержит колоколоподобные функции распределения или же распределения Гауса. В качестве выхода системы используем параметры mf1-mf10, которые соответствуют оценке [0,10]. В целом базу правил можно представить как линейный полином и записать следующим образом:

$$\begin{aligned} & \text{If } X_1 \text{ is } A_i \text{ AND } X_2 \text{ is } B_j \text{ AND } X_3 \text{ is } C_k \\ & \text{AND } X_4 \text{ is } D_l \text{ AND } X_5 \text{ is } E_m, \text{ THEN } f_i = \dots, \tag{2} \\ & = p_i * X_1 + q_i * X_2 + s_i * X_3 + t_i * X_4 + v_i * X_5 + r_i \end{aligned}$$

где $X_1: X_5$ — входы для нечеткой модели, $A_i: E_i$ — нечеткие множества в универсуме дискурса $X_1: X_5$ соответственно, f_i — выход нечеткой модели со специфическими нечеткими правилами и параметрами $p_i: r_i$, которые определены во время обучения ANFIS модели.

Представленная базовая модель была дообучена на основании имеющихся тестовых и проверочных данных. Метод оптимизации был выбран backprop, количество эпох — 100. После обучения строим график на проверочной выборке (рис. 1)

Как видно на рисунке 1, средняя ошибка равна 2, что свидетельствует о применимости модели поскольку аналогичный уровень ошибки был зафиксирован при составлении модели автоматического контроля генерации энергии [11]. Новая функция принадлежности параметра «Finance» после обучения имеет изменённую структуру.

Аналогичным образом была доработана модель оценки рисков для проектов по оптимизации бизнес-процессов на данных по государственным проектам. Средняя ошибка модели составляла 1.8725, что также свидетельствует о ее работоспособности. Полученную модель можно в дальнейшем совершенствовать на раз-

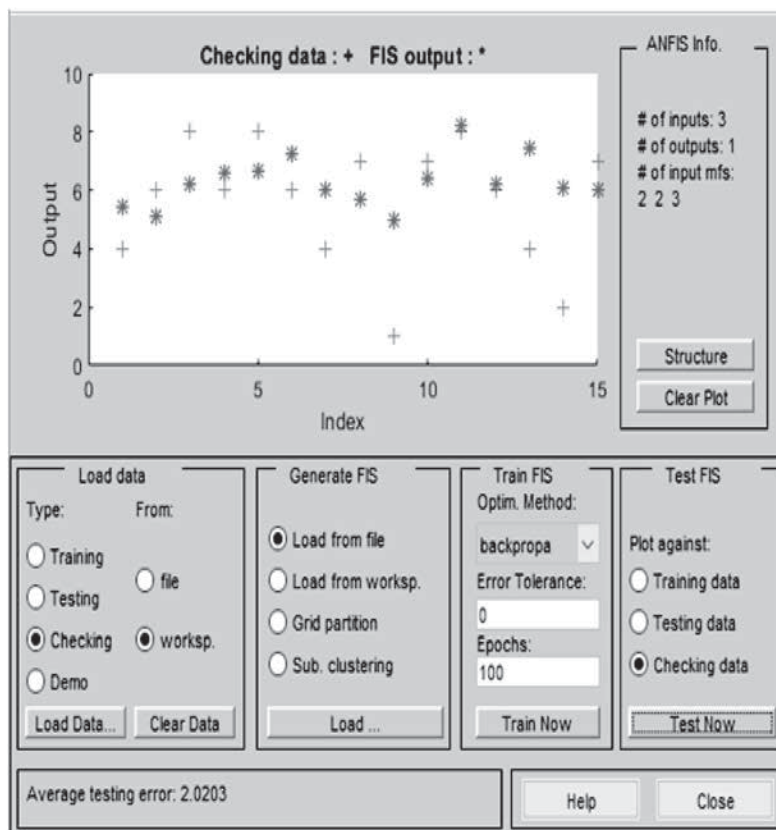


Рис. 1. График работы модели на проверочной выборке

личных наборах данных и применять в двух видах: для проектов бизнеса и государственных проектов.

На основе анализа просмотра получившихся правил для обученных моделей оценки государственных и бизнес-проектов были выявлены следующие закономерности относительно состава весов интегральной оценки проектов:

Объединяющие факторы риска (степень значимости показателей высокая для обеих построенных моделей):

- Риск недостаточной производительности
- Риск текучести кадров

Факторы риска, присущие преимущественно бизнес-проектам (степень значимости показателей отличается в большую сторону у первой построенной модели):

- Риск нехватки финансирования

Факторы риска, присущие преимущественно государственным проектам (степень значимости показате-

лей отличается в большую сторону у второй построенной модели):

- Риск срыва сроков
- Риск изменения требований

Таким образом, на основе апробации модели на реальных данных было подтверждено особенности и общие показатели рисков для государственных и бизнес-проектов по оптимизации бизнес-процессов.

Выводы

Проекты по оптимизации бизнес-процессов в сфере бизнеса и в сфере электронного правительства, несмотря на их схожесть, имеют различия по таким параметрам как цели оптимизации, планируемые результаты, масштабы системы, KPI. Касаемо управления рисками для проектов в сфере бизнеса более критичен риск нехватки финансирования, в то время как при реализации проектов в сфере электронного правительства следует обращать внимание на риски срыва сроков и изменения требований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Accelerating the digitization of business processes Shahar Markovitch and Paul Willmott McKinsey-Corporate Finance Business may 2014 4 p.
2. Hans J. (Jochen) Scholl E-government: A Special Case of ICT-enabled Business Process Change Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on System Sciences — 2003 12 p.
3. P. Willumsen, J. Oehmen, V. Stingl, et al., Value creation through project risk management, International Journal of Project Management, 2019, 19 p. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2019.01.007>.
4. Стандарт ГОСТ Р ИСО 31000 2019.
5. Государственное регулирование Дайджест событий (24.01.2021).
6. Information Security Risk Management by a Holistic Approach: a Case Study for Vietnamese e-Government Ha LE Viet, On PHUNG Van and Hoa NGUYEN Ngoc IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, VOL.20 No.6, June 2020 72–82p.
7. Michael zur Muehlen and Danny Ting-Yi Ho C. BPM 2005 Workshops, LNCS 3812, p. 454–466, 2006.
8. BPRIM: An Integrated Framework for Business Process Management and Risk Management Elyes Lamine, Rafika Thabet, Amadou Sienou, Dominik Bork, Franck Fontanili, Herve Pingaud 24 p. 2020.
9. Bram Piekiet Weeserik and Marco Spruit Improving Operational Risk Management Using Business Performance Management Technologies.
10. Документация по использованию ANFIS модели <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/neuro-adaptive-learning-and-anfis.html>.
11. Tilahun Weldcherkos, Ayodeji Olalekan Salau, Aderajew Ashagrie, Modeling and design of an automatic generation control for hydropower plants using Neuro-Fuzzy controller, Energy Reports, Volume 7, 2021, p. 6626–6637.
12. Портал государственных услуг <https://www.gosuslugi.ru>

© Баранов Никита Сергеевич (19980925@mail.ru), Ардатовский Максим Игоревич (ardatovskym@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

ANALYSIS OF MACHINE LEARNING METHODS TO DETECT SOFTWARE DEFECTS

*T. Vishnevskaya
I. Klimov*

Summary: This article provides an overview of software defects that occur both at the development stage and in the process of using the software product. There are three groups in the classification of methods for their detection: static, dynamic and operational. The possibility of using machine learning to detect defects in the software being developed is considered. An overview of the most common machine learning methods (naive Bayesian classifier, support vector machine, decision tree, random forest, boosting) and the results of comparing these methods based on selected metrics are presented. In conclusion, it is concluded that the gradient boosting method is the most effective and promising for the problem of detecting software defects.

Keywords: defect, machine learning, detection, methods.

Вишневская Татьяна Ивановна

*к.ф.-м.н., доцент, Московский государственный
технический университет им. Н.Э. Баумана
iu7mag@mail.ru*

Климов Илья Сергеевич

*Московский государственный
технический университет им. Н.Э. Баумана
ilyasssklimov@gmail.com*

Аннотация. В данной статье представлен обзор дефектов программного обеспечения (далее — ПО), встречающиеся как на стадии разработки, так и в процессе использования программного продукта. Выделены три группы в классификации методов для их обнаружения: статические, динамические и эксплуатационные. Рассмотрена возможность применения машинного обучения для обнаружения дефектов разрабатываемого ПО. Представлен обзор наиболее распространенных методов машинного обучения (наивный байесовский классификатор, метод опорных векторов, дерево решений, случайный лес, бустинг) и результаты сравнения этих методов на основе выбранных метрик. В заключении сделан вывод о том, что для задачи обнаружения дефектов ПО наиболее эффективным и перспективным является метод градиентного бустинга.

Ключевые слова: дефект, машинное обучение, обнаружение, методы.

Одной из актуальных проблем разработки и внедрения программного обеспечения (ПО) является наличие дефектов, то есть ошибок в коде программы, приводящих к снижению качества продукции. Причинами появления дефектов могут стать некачественная организация процесса разработки ПО, недостаточная квалификация и опыт разработчиков, недостаточность ресурсов на разработку. Затраты на выявление и устранение дефектов могут составлять до 80 % от общей стоимости ПО [1]. При этом чем раньше будет обнаружен дефект, тем меньше ущерба будет нанесено разработчику и эксплуатанту ПО.

Существует множество техник и технологий для определения дефектов: начиная от ручных средств, заканчивая автоматизированным тестированием ПО. Однако, чем больше объем исходного кода, тем больше трудозатрат необходимо для поддержания качества программной системы, при этом ресурсов может не хватать. В данном случае решением могут стать методы машинного обучения, которые на основе ранее написанного кода позволяют дать вероятностную оценку нахождения дефекта в том или ином месте программы.

Согласно стандартному глоссарию терминов и определений, используемых в тестировании ПО, дефект — это изъян в компоненте или системе, который может привести компонент или систему к невозможности выполнить требуемую функцию [2]. Другими словами, дефект — это

отклонение от первоначальных бизнес-требований, логическая ошибка в исходном коде программы. Дефект не оказывает влияния на функционирование ПО до тех пор, пока он не будет обнаружен при эксплуатации программы. Это может привести к тому, что продукт не будет удовлетворять потребностям пользователя, а также к отказам компонента или системы. Последствия программной ошибки для пользователя могут быть серьезными. Например, дефект может поставить под угрозу бизнес-репутацию, государственную безопасность, бизнес или безопасность пользователей, окружающую среду [3].

Дефекты в программе могут быть обнаружены не сразу и при этом иметь отрицательное влияние на процесс ее использования. При позднем обнаружении дефектов снижаются качество и надежность ПО, увеличиваются затраты на его переработку, проявляются негативные последствия. Своевременное выявление и исправление дефектов играют большую роль в жизненном цикле ПО, помогает улучшить качество разрабатываемых систем.

Для выявления дефектов ПО используются различные методы, которые можно разделить на три категории.

1. Статические методы — методы, при которых ПО тестируется без какого-либо выполнения программы (системы).
2. Динамические методы — в данных методах ПО тестируется путем выполнения программы.

3. Эксплуатационные методы — методы, при которых дефект обнаруживается пользователями, клиентами или контролирующим персоналом, то есть в результате сбоя.

Все методы важны и необходимы в процессе управления дефектам. При их объединении достигается наиболее качественный результат. На ранней стадии наиболее эффективными методами являются статические. Они позволяют снизить затраты, необходимые для исправления дефектов, и сводят к минимуму их влияние.

Машинное обучение — это математическая дисциплина, в основе которой лежат теория вероятностей, математическая статистика, численные методы оптимизации, дискретный анализ, основной целью которого является выделение знаний из имеющихся данных. Под знанием подразумевается обученная модель, способная совершать предсказания на новых поступающих данных [4]. Важность машинного обучения возрастает не только в исследованиях, имеющих отношение к компьютерным наукам, но и в нашей повседневной жизни.

Прогнозирование дефектов является важной частью цикла разработки ПО. Знание о компонентах, содержащих наибольшее число дефектов, позволяет распределить ресурсы тестирования так, чтобы в первую очередь проверялись компоненты с высокой вероятностью наличия дефектов [5]. Сложно составить правила при поиске дефектов, так как могут встретиться совершенно разные ошибки, поэтому на помощь приходят методы машинного обучения, которые решают данную проблему, обучаясь на примерах.

Исследователи применяли различные алгоритмы для решения рассматриваемой задачи. На рисунке 1 представлена общая схема процесса обучения модели обнаружения дефектов ПО.

Первым шагом построения модели является создание и идентификация положительных и отрицательных образцов из набора данных. Каждый образец может представлять собой программный компонент, файл исходного кода, класс или функцию в зависимости от выбранной степени детализации. Экземпляр имеет метрики и метки, которые указывают, склонен он к дефектам или нет. Затем они передаются в модель машинного обучения для обучения. Наконец, обученная модель может классифицировать различные фрагменты кода как ошибочные или безопасные на основе закодированных знаний [6].

Для обучения моделей во многих статьях, например, [7-12], используются классические методы машинного обучения такие, как дерево решений, случайный лес, градиентный бустинг, метод опорных векторов, наивный байесовский классификатор [6], решающие задачу классификации.

1. *Наивный байесовский классификатор.* Это метод, в котором используется простой классификатор, основанный на применении теоремы Байеса с наивным предположением о независимости.
2. *Метод опорных векторов.* Рассматривается задача классификации на два непересекающихся класса, в котором объекты описываются n-мерными вещественными векторами. Необходимо найти и построить гиперплоскость вида $w^T x + b = 0$, разделяющую объекты на два подмножества с максимальной граничной областью.
3. *Дерево решений.* Этот метод зачастую применяется в задачах классификации. Деревья состоят из вершин, в которых записываются проверяемые условия (признаки), и листьев, в которых записаны ответы дерева (один из классов). Обучение состоит в настройке условий в узлах дерева и ответов в его листьях с целью достижения максимального качества классификации. К основным преимуществам данного метода можно отнести интерпретируемость, автоматический отбор признаков



Рис. 1. Процесс обучения модели обнаружения дефектов ПО

и управляемость. К недостаткам — зависимость от сбалансированности обучающих примеров, часто возникающее переобучение, экспоненциальное уменьшение обучающей выборки.

4. *Случайный лес*. Проблема переобучения, возникающая при использовании дерева решений, может быть решена лесом решений — обучается несколько деревьев, при этом результат определяется путем голосования. Для достижения независимости ошибок деревьев, составляющих лес решений, применяются специальные методы, например, случайный лес. Для каждого дерева случайным образом выбираются объекты из обучающей выборки. При этом некоторые могут быть выбраны несколько раз, а некоторые вовсе пропущены. В результате создается новое подмножество, на котором и обучается модель.
5. *Бустинг*. Это модификация алгоритма случайного леса, обучение происходит путем последовательного обучения нескольких моделей для повышения точности всей системы. Выходным данным отдельных деревьев присваиваются веса. Затем неправильным классификациям из первого дерева решений присваивается больший вес, после чего данные передаются в следующее дерево. После многочисленных циклов бустинг объединяет «слабые» классификаторы в одну модель. Существуют две основные разновидности бустинга: адаптивный и градиентный. Разница состоит в том, что градиентный бустинг не присваивает неправильно классифицированным элементам больший вес. Вместо этого модель оптимизирует функцию потерь, используя градиентный спуск, в результате чего текущая базовая модель всегда становится эффективнее предыдущей [13].

Для задачи обнаружения дефектов ПО в результате классификации объекты помечаются как положительные (имеются дефекты) и отрицательные (дефекты отсутствуют). Для оценки качества работы полученных моделей используются различные метрики. Так, в статьях [8–12] при сравнении результатов рассматриваются различные метрики.

1. Accuracy (точность) — широко используемая метрика, представляет собой отношение всех правильных прогнозов к общему числу предсказанных образцов.
2. Precision (точность) — это доля прогнозируемых положительных результатов, которые действительно относятся к этому классу, от всех положительно предсказанных объектов.
3. Recall (полнота) — пропорция всех верно-положительных предсказанных объектов к общему количеству действительно положительных. Чем выше значение полноты, тем меньше положительных примеров пропущено в классификации.

4. F-measure (F-мера) — взвешенное гармоническое среднее полноты и точности. Этот показатель демонстрирует, как много объектов классифицируется моделью правильно, и сколько истинных экземпляров она не пропустит [14].

Для сравнения рассмотренных методов использованы результаты, описанные в статьях [8-12]. Модели обучались на данных, представленных в репозитории PROMISE [15]. Данные представляют собой набор метрик Маккейба и Холстеда для модулей, написанных на языках программирования C и C++. В таблице 1 отображены средние арифметические значения для каждой из метрик сравнения по всем наборам данных и рассматриваемым статьям.

Таблица 1.

Сравнительная таблица результатов работы методов

Методы \ Метрики	Accuracy (точность)	Precision (точность)	Recall (полнота)	F-measure (F-мера)
Наивный байесовский классификатор	0.795	0.845	0.803	0.849
Метод опорных векторов	0.841	0.901	0.879	0.902
Дерево решений	0.823	0.845	0.878	0.889
Случайный лес	0.845	0.859	0.863	0.890
Градиентный бустинг	0.847	0.903	0.883	0.903
Адаптивный бустинг	0.835	0.858	0.861	0.889

Таким образом, по каждой из метрик метод градиентного бустинга показал наивысший результат. Можно сделать вывод, что его применение является наиболее выгодным для рассматриваемой задачи. Благодаря использованию ансамблю моделей и большому варьированию параметров при обучении, данный метод имеет высокую перспективу использования.

В данной работе был представлен обзор дефектов разрабатываемого ПО, выделены три основные группы методов для их обнаружения: статические, динамически и эксплуатационные. Рассмотрена возможность использования машинного обучения для решения задачи обнаружения дефектов ПО. Описаны наиболее распространенные алгоритмы, применяемые этой цели: наивный байесовский классификатор, метод опорных векторов, дерево решений, случайный лес, бустинг. Также описаны метрики для сравнения качества моделей и проведено сравнение методов машинного обучения для обнаружения дефектов ПО. На основе этого выбран наиболее эффективный метод — статический анализ кода для поиска программных дефектов с использованием алгоритма градиентного бустинга.

ЛИТЕРАТУРА

1. Викторов Д.С., Жидков Е.Н., Жидков Р.Н. Методика статического анализа для поиска дефектов естественной семантики программных объектов и ее программная реализация на базе инфраструктуры компилятора LLVM и фронтенда Clang // Журнал Сибирского федерального университета. 2018. — С. 801–810.
2. International Software Testing Qualifications Board. Стандартный глоссарий терминов, используемых в тестировании программного обеспечения. Версия 2.3 (от 9 июля 2014 года): ред. пер. Александр Александров. С. 17.
3. ГОСТ Р 56920 — 2016. Системная и программная инженерия. Тестирование программного обеспечения. Часть 1. Понятия и определения. М.: Стандартинформ, 2016. С. 9.
4. Платонов А.В. Машинное обучение: учебное пособие для вузов Москва: Издательство Юрайт, 2022. С. 85. ISBN 978-5-534-15561-7.
5. Юхименко Н.В., Белов Ю.С. Обзор методов прогнозирования дефектов программного обеспечения // Программные продукты, системы и алгоритмы. 2019. №1. С. 2.
6. Sharma T., Kechagia M., Georgiou S., Tiwari R., Vats I., Moazen H., Sarro F. A Survey on Machine Learning Techniques for Source Code Analysis. 2022. P. 11–13.
7. Assim A., Obeidat Q., Hammad M. Software Defects Prediction using Machine Learning Algorithms // 2020 International Conference on Data Analytics for Business and Industry: Way Towards a Sustainable Economy (ICDABI). 2020. P. 1–6.
8. Shah M., Pujara N. Software Defects Prediction Using Machine Learning. 2020. P. 1–5.
9. Iqbal A., Aftab S., Ali U., Husen A. Performance Analysis of Machine Learning Techniques on Software Defect Prediction using NASA Datasets // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. 2019. P. 1–6.
10. Aleem S., Capretz L.F., Ahmed F. Comparative performance analysis of machine learning techniques for software bug detection. 2015. P. 1–9.
11. Cetiner M., Sahingoz O.K. A Comparative Analysis for Machine Learning based Software Defect Prediction Systems // 11th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies. 2020. P. 1–7.
12. Bhandari G.P., Gupta R. Machine learning based software fault prediction utilizing source code metrics // IEEE 3rd International Conference on Computing, Communication and Security (ICCCS), Kathmandu (Nepal). 2018. P. 1–6.
13. Кафтанников И.Л., А.В. Парасич А.В. Особенности применения деревьев решений в задачах классификации // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2015. С. 26–32.
14. Дудченко П.В. Метрики оценки классификаторов в задачах медицинской диагностики // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 164–165.
15. NASA. Promise software engineering repository. URL: <http://promise.site.uottawa.ca/SERepository/datasets-page.html> (Дата обращения: 29.11.2022).

© Вишневецкая Татьяна Ивановна (iu7mag@mail.ru), Климов Илья Сергеевич (ilyassklimov@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА НА ПРЕДПРИЯТИИ

THE USE OF ELECTRONIC DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEMS IN THE ENTERPRISE

**I. Ganttts
E. Berger**

Summary: Electronic document management is the backbone of management support. The main principles and tasks of organizing electronic document management are considered. Comparison of ERP and ECM class systems is carried out, differences and opportunities for organizing joint work are described.

Keywords: electronic document management, ERP, ECM, enterprise management, corporate information systems

Гантц Ирина Сергеевна

к.э.н, доцент, доцент, РТУ МИРЭА

Российский технологический университет (г. Москва)

gantc@mirea.ru

Бергер Екатерина Геннадьевна

к.э.н, доцент, доцент, РТУ МИРЭА

Российский технологический университет (г. Москва)

Аннотация: Электронный документооборот является основой поддержки управления. Рассмотрены основные принципы и задачи организации электронного документооборота. Проведено сравнение систем класса ERP и ECM, описаны различия и возможности организации совместной работы.

Ключевые слова: электронный документооборот, ERP, ECM, управление предприятием, корпоративные информационные системы.

Использование систем электронного документооборота на предприятии имеет важное значение, без данного типа систем работа предприятия организована эффективно быть не может. Корпоративные информационные системы, как правило, не рассчитаны на выполнение ряда специальных функций по управлению документооборотом, в частности на хранение информации в нужном виде, описание алгоритмов и маршрутов подписи документов, согласование документов, управление задачами и хранение дополнительной управленческой информации, которая необходима для эффективной работы организации, инструкций, договоров и прочих документов, подписанных рядом лиц. Таким образом, реализованная система электронного документооборота является вспомогательным механизмом, который позволяет функционировать прочим ИС предприятия четко и эффективно.

Электронный документооборот является основой поддержки управления. Система документооборота может быть использована в качестве единого информационного пространства взаимодействия между различными ИС предприятия.

При организации электронного документооборота основываются на ряде принципов:

- однократная регистрация документа, причём информация для регистрации должна быть однозначной и идентифицировать документ без возможных разночтений;
- возможность выполнения последовательных операций, это позволяет сократить время на разработку и передачу документа, повысить оперативность исполнения;
- непрерывность движения документа, означает, что статус документа и различная дополнитель-

ная информация позволяет идентифицировать исполнителя или ответственное лицо, которое связано с оформлением конкретного документа, в каждый момент жизненного цикла процесса;

- использование единой или согласованной распределенной базы документальной информации, данный принцип позволяет сократить риск дублирования документов и организовать эффективное хранение;
- эффективно организованная система поиска документов, означает, что минимальный набор информации, идентифицирующий конкретный документ, должен быть достаточным для того, чтобы найти его в хранилище данных;
- развитая система отчётности по статусам, атрибутам документов, организация хранения документов не связана с тем, какая информация в них содержится, каждый документ имеет ряд определённых параметров, характеристик, которые позволяют вне зависимости от содержащейся информацией идентифицировать, хранить и упорядочивать файлы, а также использовать различные выборки по параметрам;
- многократно многоцелевое использование информации, то есть документы водятся в хранилище один раз и затем могут быть получены по различным запросам пользователей.

Систем электронного документооборота на рынке представлено достаточно много, есть простые универсальные коробочные системы, которые стоят не слишком дорого, либо распространяются бесплатно, как правило эти версии имеют ряд ограничений. Так и есть индивидуально разрабатываемые, ориентированные именно на процессы и потоки информации конкретного

предприятия, такие системы обычно требуют специального обучения сотрудников, могут содержать требования покупки нового оборудования, например для сканирования документов или идентификации, специального программного обеспечения и организации нескольких уровней иерархического доступа.

Комбинированные системы электронного документа представляют собой базовую платформу, которая реализует набор стандартных функций и является основой для разработки дополнительных модулей программного средства, настройка осуществляется в соответствии с нуждами предприятия. В отличие от индивидуально разрабатываемых такие системы требуют гораздо меньше времени и денег на разработку и внедрение. При доработке подобных систем требуется участие специалистов, учёт требований предметной области, локализация и организация взаимодействия с используемыми программными средствами на предприятии.

Благодаря использованию специальных программных средств организации документооборота, появляется ряд преимуществ для предприятия, исключается потеря данных, экономится время на поиск файлов и документов. В центральной базе документов хранятся резервные копии файлов и за счет этого можно быть уверенным, что никакая информация не будет потеряна, при возникновении проблем можно будет получить актуальный архив для восстановления базы.

Повышение прозрачности работы с документооборотом реализуется за счет хранения дополнительной информации о том, кто и когда обращался к конкретному файлу. В истории статуса документа, как правило, хранится информация о работе не только сотрудников предприятия, но и учет взаимодействия с внешними сущностями, с клиентами, подрядчиками и поставщиками, внешние запросы, сбор статистики и проч.

Эффективное хранение документов можно реализовать, если различные версии файлов с определенной периодичностью будут удаляться по истечении времени хранения, это способствует более адекватной организации данных.

Предполагается, что электронный документооборот позволит уменьшить количество бумажных документов, которые перемещаются внутри предприятия, есть также мнение, что количество бумажного документооборота уменьшит значительно, на самом деле чаще всего происходит иначе, любое взаимодействие с внешними сущностями, с клиентами, подрядчиками и поставщиками фиксируется рядом бумажных документов, даже в муниципальных и федеральных образованиях документооборот не полностью переведен в электронный вид, операции подтверждаются бумажными копиями с подписями.

К основным задачам систем электронного документооборота относят:

- обеспечение эффективного управления за счёт прозрачности деятельности всей организации средствами автоматического контроля документооборота;
- поддержка системы контроля качества в том числе с учетом международных стандартов организации процессов;
- поддержка хранения данных, любая информация о работе персонала, о внутренней деятельности и накопленные знания хранятся в соответствующем наборе документов, что позволяет упростить формализацию деятельности каждого сотрудника;
- формализация и протоколирование деятельности предприятия позволяет анализировать эффективность работы и упростить поиск проблемных мест, горячих точек, требующих внедрения управленческих решений;
- оптимизация бизнес-процессов, все этапы задач, работ, взаимодействия фиксируются в виде последовательности операций, запуск этапов производится после фиксации выполнения предыдущих, что позволяет автоматизировать механизм контроля планирования и выполнения процессов;
- уменьшение количества внутренних бумажных документов, что позволяет сэкономить ресурсы за счёт сокращения издержек и упростить передачу информации из одного отдела предприятия в другой, то есть для решения текущих вопросов сотруднику нет необходимости физически связываться с другим отделом, достаточно организовать четко сформулированный запрос;
- уменьшение объема бумажных документов связано с появлением новых задач хранения электронных архивов, что должно быть реализовано с должным уровнем безопасности с определенной периодичностью выгрузки архивов и без потери данных.

При реализации системы электронного документооборота может использоваться архитектурное хранение данных, наиболее часто используемая информация и документы хранятся на более быстрых источниках, к которым упрощен доступ, архивы хранятся на более дорогих носителях для того, чтобы не было риска потери информации, дополнительные файлы могут располагаться на более дешёвых и медленных носителях с возможностью организации доступа к ним.

При организации системы электронного документооборота должна учитываться сложность структуры организации предприятия, поскольку доступ к документам зависит от расположения и взаимодействия сотрудников различных отделов собой, а также наличия территориально распределённых подразделений.

Важным требованием реализации систем электронного документооборота на предприятии является возможность организации совместной работы с используемыми программными средствами. Информационные системы уровня ERP ориентированы на выполнение бизнес-процессов, но часто требуют поддержки систем электронного документооборота для хранения базовых первичных документов или отчётов, поэтому связь между программными средствами должна быть организована упрощенно и эффективно. Это правило касается не только информационных систем управления ресурсами, но и любых информационных систем, которые используются на предприятии, к примеру, кадровые информационные системы связаны с хранением большого количества документов и копий, что также может быть организовано с помощью системы электронного документооборота.

Чаще всего современные информационные системы сочетают в себе множество возможностей, поэтому чётко отнести их к определенному типу достаточно проблематично, но для определения функционала удобно разделять функции по классам систем документооборота.

К системам делопроизводства относят системы, которые связаны с жёсткими правилами организации документооборота предприятия, четко регулируются вертикальным управлением предприятия, ориентированы на поддержку управления организации и накопления знаний. Чаще всего содержат не только документы, но и задания, привязанные к документам, то есть алгоритм действий, маршрут обработки. Таким образом, в задании может расписываться определённый маршрут документа от руководителя к исполнителю, набор приложений, которые необходимы для подтверждения выполнения каких-то определённых этапов и прочая информация.

Электронный архив представляет собой частный случай электронного документооборота в части хранения и организации поиска информации по различным параметрам, при этом используются типы поиска: смысловой, нечеткий, по статусу, по типу информации, по характеристикам документа и проч. То есть электронные архивы предназначены именно для хранения документов, но не для передачи данных.

Workflow-системы ориентированы на бизнес-процессы, то есть используются для организации потоков работ. На основе последовательности этапов осуществляется привязка документов. Данные системы используются для реализации уже известных алгоритмов обработки и передачи информации.

Системы, сочетающие в себе большинство из перечисленных функций — наиболее развитый тип систем электронного документооборота носят название систем

управления контентом или управления корпоративными информационными ресурсами (Enterprise Content Management (ECM)), они фактически являются комплексными системами, которые объединяют в себе несколько возможностей — управление документами, управление записями, управление потоками работ, управление знаниями, управление веб-контентом, поддержку совместной работы и проч.

По заявлению известной исследовательской компании Gartner к типу информационных систем управления контентом могут относиться программные средства, которые поддерживают не менее трёх из шести перечисленных функций:

- управление документами, в том числе управление версиями, безопасностью, группировкой документов;
- совместная работа над общими документами, в том числе поддержка работы проектных команд;
- сканирование документов и управление образами;
- управление записями для архивного хранения, при этом необходимо, чтобы выполнялось соответствие законодательству и действующим правилам;
- поддержка бизнес-процессов, в том числе назначение задач, управление состояниями, маршрутами, контроль исполнения;
- управление контентом для автоматизации публикаций, взаимодействия пользователей в рамках определенных задач.

Системы управления электронным документооборотом и ERP-системы связывают друг с другом для эффективной организации и работы предприятия. Они очень схожи между собой, но характер работы и документов отличается, характер информации, которая хранится в ERP-системах — это набор реквизитов со соответствующими значениями. Каждый документ в ERP связан с определенной бизнес-операцией, зарегистрирован по определённой форме и имеет определённую логику обработки. Документы в информационной системе ECM — это неструктурированная информация, которая представляет собой некий абстрактный файл и для организации хранения нет необходимости фиксировать, что за информация хранится в данном документе, описывается лишь характеристики, параметры, статусы документа в целом и методы обработки.

Отличия также состоят в подходах работы с информацией. Для ERP-систем характерна подготовка отчетности и выполнение таких функций, как планирование, исполнение, контроль, анализ информации, анализ данных навигации по определенным параметрам.

Современные системы электронного документооборота реализуют обработку входящей корреспонденции

ции, контроль поручений, кадровое делопроизводство, в полной мере реализуют жизненный цикл хранения документа, от создания документа до вывода из использования или отправки, должны организовывать коллегиальную работу, в том числе возможность взаимодействия акционеров, совета директоров, рассылки повесток, протоколов и различной информации. Одна из функций управления взаимоотношений с клиентами — передача документов, данных между клиентами и организацией. Основные функции систем — это определение версий документов, хранение, регистрация и организация архивов.

Текущая информация о хозяйственной деятельности предприятия хранится как в ERP-системах, так и в ЕСМ. Доступ к актуальной информации необходимо организовать для огромного количества пользователей для организации учета и прочих функций управления. Следовательно, чем удобнее будет реализовано взаимодействие данных систем, тем проще сотрудникам предприятия будет выполнять функции четко и эффективно. Интегрирование системы электронного документооборота в ERP позволит при оформлении документов сразу же загружать образы или иметь возможность обратиться к хранилищу, то есть пользователь не должен переходить в другую информационную систему, он может вызывать необходимые функции документооборота из ERP и воспользоваться ими.

Хорошая организованная система электронного документооборота позволяет доставить необходимый контент внутри организации, позволяет организовать прозрачность бизнес-процессов, то есть отслеживать этапы выполнения и привязку документов к определенным исполнителям, позволяет получить полный контроль, предоставить необходимую информацию руководству, что влияет на исполнительную дисциплину сотрудников и эффективность управления, позволяет автоматизировать также рутинные операции с документами, такие как создание, поиск, согласование и проч., время на выполнение которых значительно сокращается. Соответствие стандартам и выполнение правил позволяет организовать эффективную безопасность документооборота предприятия и доступ к данным в соответствии с определенными ролями и иерархией прав доступа участников. Использование типовых маршрутов документов и шаблонов позволяет лишь оформив запрос определить список работников, которые должны согласовать документ или внести дополнительную информацию для принятия решения. Если электронный документооборот используется для взаимодействия с внешними сущностями, в частности с клиентами, в CRM-системах или с поставщиками и подрядчиками, то это повышает скорость, качество взаимодействия, не только внутренних связей, но и внешних, и, соответственно приводит к росту конкурентных преимуществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тищенко А.А., Казаков Ю.М., Терехов М.В., Филиппова Л.Б., Аверченкова Е.Э., Леонов Е.А., Леонов Ю.А. Автоматизация документооборота — М: ФЛИНТА, 2018. — 108 с.
2. Кабашов, С.Ю. Электронное правительство. Электронный документооборот. Термины и определения: Учебное пособие / С.Ю. Кабашов. — Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2021. — 320 с.
3. Грибков, Д.Н. Технологии электронного документооборота: учебное пособие / Д.Н. Грибков, А.В. Калянов. — Орел: ОГИИК, 2021. — 105 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/261932> (дата обращения: 26.01.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Официальный сайт Битрикс 24 <https://www.bitrix24.ru/> (дата обращения декабрь 2022)
5. 1С Документооборот 8 <https://v8.1c.ru/doc8/> (дата обращения январь 2023)

© Гантц Ирина Сергеевна (gantc@mirea.ru), Бергер Екатерина Геннадьевна.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К АВТОМАТИЧЕСКОМУ ПРОГРАММИРОВАНИЮ

Латин Юрий Эдуардович

Генеральный директор Bell Integrator

(АО Бэлл Интегратор);

Казахский Государственный Национальный
Университет им. Аль-Фараби (Факультет Физика),

Казахстан, г. Алматы

yury.latin@gmail.com

CURRENT APPROACHES TO AUTOMATIC PROGRAMMING

Yu. Latin

Summary: The article is devoted to the study of modern approaches to automatic programming. The advantages and disadvantages of automatic code generation are outlined in the course of the study. The capabilities and features of some methods and frameworks that are used for automatic programming are considered. The article also describes the author's patented Automated Code Generation System «Autocode». The algorithm of its implementation is highlighted separately.

Keywords: automated programming, code, framework, generation, speed, error.

Аннотация. Статья посвящена изучению современных подходов к автоматическому программированию. В процессе исследования обозначены преимущества и достоинства автоматической генерации кода. Рассмотрены возможности и особенности некоторых методов и фреймворков, которые используются на современном этапе. Также в статье описана авторская запатентованная разработка Автоматизированная система кодогенерации «Автокод». Отдельно выделен алгоритм ее реализации и отличительные черты по сравнению с аналогами.

Ключевые слова: автоматическое программирование, код, фреймворк, генерация, скорость, ошибка.

С непрерывным углублением информационного века, развитием цифровизации и проникновением передовых технологий во все сферы жизни, значительно расширился спектр видов и типов программного обеспечения, кроме того, к нему выдвигаются все более высокие требования [1]. В данном контексте вопрос о том, можно ли повысить эффективность создания программ при соблюдении жестких требований к их качеству, чтобы быстро реагировать на требования рынка, является актуальным и практически значимым.

Хотя большинство существующих подходов к разработке программного обеспечения предполагает использование различных моделей, таких как водопадная, фонтанная, спиральная и инкрементная, моделирование системы в основном направлено на анализ и ее проектирование на ранней стадии разработки, в то время как последующая реализация по-прежнему требует от программистов ручного написания кода, что на самом деле не повышает эффективность процесса разработки [2].

Поэтому изучение технологий автоматической генерации кода, методов повышения уровня абстракции разрабатываемого приложения и подходов к освобождению разработки программы от многочисленных рамок, имеет важное значение для ускорения прототипирования программного обеспечения, решения проблем повторного использования кода и повышения эффективности его разработки. Необходимость решения данных задач и определяет выбор темы данной статьи.

Над изучением особенностей и подходов к проектированию программного обеспечения на основе моделей

трудятся такие авторы как Тутов И.А., Гительман В.С., Воскобойникова О.Б., Li, Dongcheng; Pan, Sean; Koh, Liang-Seng; Li, Shenglong.

Возможности системы APTS, которая была предложена Бобом Пейджем, для создания генераторов кода, которые конструируют исходный код на языке Си, описываются в работах Бойцова Г.В., Петрова А.В., Zheng, Chen; Xing, Jiajian; Wang, Zhanxi; Qin, Xiansheng.

Однако несмотря на то, что автоматическое программирование является целью компьютерной науки и искусственного интеллекта с тех пор, как первый программист столкнулся с трудностями программирования, не все предметные области в данной сфере проработаны в достаточной мере. Ряд вопросов требует особого внимания и более углубленного исследования. В частности, в дополнительной проработке нуждаются способы нахождения жизнеспособных разделов моделирования в разнородных аппаратных средах. Также особого внимания заслуживают подходы к автоматическому разрешению конфликтов на основе заданных пользователем правил.

Таким образом, цель статьи заключается в проведении анализа современных подходов к автоматическому программированию.

Работа программного обеспечения — это работа с данными, а работающие данные — это в основном таблицы баз данных или объекты сущностей [3]. Процесс разработки — это процесс создания и наложения программных страниц, реализуемых операцией, причем ко-

личество программных страниц является ограниченным множеством. Согласно теории конечных автоматов, процесс генерации кода информационной системы управления можно представить в виде квинтеплета:

$$M=(P, D, O, \delta, p_0),$$

где P — представляет собой ограниченный набор страниц;

D — ограниченный набор данных;

O — ограниченное множество операций;

$\delta: (P \times D \times O) \rightarrow P$ — функция перехода;

$p_0 \in P$ — начальное состояние, то есть состояние, когда целевой исходный код не был сгенерирован.

Таким образом, в основе концепции автоматической генерации кода лежит возможность генерирования отдельных компонентов программы по заданным параметрам [4]. Согласно обозначенному абстрактному определению процесса автоматической генерации кода, инструмент его реализации может быть разработан следующим образом: предполагая, что он находится в начальном состоянии сырого кода, когда механизм кода принимает входные инструкции операций, механизм кода объединяет правила генерации страниц (то есть, шаблон кода). После завершения преобразования функции перемещения, целевой исходный код может быть сгенерирован, затем вводится следующее состояние, то есть, $\delta(p_{n-1}, d, o) = p_n$ ($n \in \mathbb{N}^*$).

Примером автоматического генератора кода является инженерная среда ALBA (генератор приложений на основе местоположения для Android), которую разработчики могут использовать для автоматического создания приложений Android на основе местоположения на Java. ALBA состоит из трех компонентов: (1) предметно-ориентированного языка моделирования (DSML), который поддерживает концепции приложений Android на основе местоположения; (2) графического редактора, позволяющего разработчикам моделировать приложение Android на основе местоположения; (3) подключаемый модуль Eclipse, который генерирует окончательный код приложения из модели на основе predefined преобразований.

Разработчики используют редактор моделирования ALBA для разработки модели приложения на основе предварительно определенных требований. Модель проверяется на соответствие predefined ограничениям, а редактор предотвращает создание недопустимых моделей. Затем код приложения автоматически генерируется из моделей с использованием преобразований, встроенных в плагин генерации кода. Таким образом, платформа ALBA может значительно облегчить разработку мобильных приложений на основе местоположения. Это связано с высоким уровнем абстракции,

который обеспечивает язык моделирования ALBA, а также с автоматической генерацией кода, обеспечиваемой фреймворком. ALBA продвигает разработку приложений на основе местоположения, используя преимущества парадигмы, основанной на модели и коде.

Также на практике широко используются фреймворки для автоматизации процесса разработки программного обеспечения. Примером автоматического генератора кода является Yii-фреймворк, позволяющий сгенерировать простейшие формы ввода, вывода и изменения информации в базе данных, создавая при этом необходимые контроллеры, модели и отображения [5]. При этом программисту необходимо через веб-интерфейс просто указать заглавие таблицы, для которой следует сгенерировать форму. Одним из самых мощных инструментов Yii-фреймворка является модуль кодогенерации, основной задачей которого является экономия времени программиста по созданию основы связи веб-приложения с базой данных, основного каркаса модуля, модели, расширения или файлов операции CRUD.

Значительную популярность получил фреймворк Flatlogic, который позволяет создавать, размещать и разрабатывать полностью работоспособное веб-приложение CRUD с интерфейсом, серверной частью и базой данных. Сгенерированное приложение является основой для дальнейшей разработки программного обеспечения с аутентификацией пользователей, управлением данными и готовой базовой структурой. Flatlogic дает возможность ускорить процесс разработки приложений и защитить код от человеческих ошибок.

Учитывая имеющиеся на сегодняшний день подходы и методы, для оптимизации и упрощения генерации кода согласно заранее установленным параметрам на основании выделенных бизнес-сущностей, автором предложена запатентованная Автоматизированная система кодогенерации «Автокод» [6].

Главным отличием разработанной системы является то, что она позволяет покрыть все стадии производства (генерацию скриптов развертывания инфраструктуры, анализ требований, генерацию тестов, генерацию кода backend и frontend), а также совместима с наиболее популярными языками программирования. В качестве начальных данных для Автокода могут выступать текстовые документы, в которых содержится описание задачи, а также ожидаемые параметры приложения.

Алгоритм работы системы кодогенерации «Автокод» включает в себя следующие последовательные этапы.

1. Настройка сценариев, которые включают определенный порядок действий, связанных с выделением бизнес-сущностей, их использованием и генерацией необходимых артефактов.

2. Анализ документа и выделение бизнес-сущностей. Пользователь может использовать следующие форматы документов doc, docx, rtf, pdf, txt.
3. Корректировка в ручном режиме обозначенных на предыдущем этапе сущностей и взаимосвязей между ними. Когда анализ текстовой постановки задачи будет завершен, выделенные бизнес-сущности, а также распознанные между ними связи с использованием редактора могут быть откорректированы.
4. Настройки генерации кода (backend, frontend, тесты). На этом этапе выбираются параметры для разработки приложения. Например, такими параметрами могут быть: язык программирования, подключаемые библиотеки, архитектура проекта, параметры отлова необработанных исключений и т.д.
5. Настройка генерации инфраструктуры. В рамках данного этапа определяется необходимость применения подхода *infrastructure-as-a-code*. Этап может быть пропущен, если нет потребности в создании скриптов для поднятия инфраструктуры проекта.
6. Распределение сущностей по модулям/микросервисам. Задачей данного этапа является определение состава модулей/микросервисов, которые необходимы, чтобы реализовать функционал управления всеми обозначенными бизнес-сущностями. Для решения этой задачи могут быть использованы дефолтные настройки, которые позволяют обеспечить автоматическое распределение сущностей. Либо же пользователь может прибегнуть к ручной разработке каркаса приложения с использованием графического редактора.
7. Старт генерации кода проекта.
8. Генерация кода backend. На этом этапе для каждого модуля/микросервиса, которые выделены

на этапе 5, разрабатывается каркас кода, благодаря ему может быть реализована функциональность по управлению соответствующими бизнес-сущностями.

9. Генерация кода frontend. Если приложение не предполагает графического интерфейса, то этот этап пропускается.
10. Миграция технологического стека приложения. Данный этап необходим в том случае, если миграция является частью исполняемого сценария.
11. Генерация скриптов развертывания инфраструктуры. Этот этап предполагает разработку скриптов развертывания системы на базе установленных параметров.
12. Генерация тестов. В рамках данного этапа генерируются код интеграционных тестов, нагрузочных тестов, модульных (unit) тестов и BDD. Если в генерации тестов нет необходимости, то этот этап автоматически пропускается.

Таким образом, подводя итоги, можно сделать следующие выводы. На сегодняшний день в связи с усложнением программного обеспечения, крайне важной является задача предоставить разработчикам простые технологии генерации кода, которые снижают входные барьеры. Достичь этой цели позволяет автоматическая генерация кода, которая обычно приводит к созданию программного обеспечения с меньшим количеством ошибок, чем код, который разрабатывался вручную.

В процессе исследования рассмотрены различные методы и фреймворки автоматической генерации кода. Также детально описана авторская запатентованная разработка Автоматизированная система кодогенерации «Автокод».

ЛИТЕРАТУРА

1. Zheng, Chen Knowledge-based program generation approach for robotic manufacturing systems // *Robotics and computer-integrated manufacturing*. 2023. Volume 73; pp 89–93.
2. Минакова О.В. Построение генератора программного кода для решения инженерных задач // *Вестник Воронежского государственного технического университета*. 2020. № 3. С. 14–19.
3. Dey, Vappaditya Code Generation Using Machine Learning: A Systematic Review // *IEEE access: practical innovations, open solutions*. 2022. Volume 10; pp 82434–82455.
4. Савельев И.Е. Автоматическая генерация программного кода смартконтрактов // *Инновации и инвестиции*. 2018. № 6. С. 229–231.
5. Летута Л.А. Преимущества CASE-технологии перед традиционными подходами при разработке программных обеспечений // *Вестник современных исследований*. 2019. № 1.8 (28). С. 113–115.
6. Патент № 2022684119, 12.12.2022. Автоматизированная система кодогенерации «Автокод» // Патент России № 2022681905. 2022. Бюл. №12 / Латин Ю.Э.

© Латин Юрий Эдуардович (yury.latin@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИНЦИП РАБОТЫ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ВИДЕОПОТОКА В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

OPERATING PRINCIPLE OF FACE RECOGNITION SYSTEMS AND PECULIARITIES OF THEIR APPLICATION IN REAL TIME VIDEO STREAM PROCESSING

O. Lukyanchikov
M. Trushin
A. Rusakov
A. Lukyanchikov
V. Filatov
S. Dolzhenkov

Summary: This article discusses the use of human face recognition (identification) technology in real-time frame stream processing systems. In particular, the principles of functioning of face recognition systems are discussed, as well as various features that arise as a result of real-time image processing, and the problems arising from them. In addition, this paper presents several methods for increasing the speed of the face identification algorithm using the example of a recognition system used during video conferencing.

Keywords: face recognition, face identification, real time face recognition, computer vision.

Введение

Компьютерное зрение — стремительно развивающаяся технология, при помощи которой можно создавать системы, автоматизирующие процессы обнаружения, отслеживания и классификации объектов, что делает их незаменимыми в различных областях, от безопасности до медицины. Одна из ведущих групп в области IT-аналитики, компания Tractica, в 2018 году отчиталась о развитии нескольких новых областей применения этих технологий (рис. 1) [1].

Компьютерное зрение тесно пересекается с предметной областью машинного обучения. Использование обученных моделей для решения задач обработки и анализа изображений позволило значительно улучшить результаты по сравнению с уходящими в прошлое

Лукьянчиков Олег Игоревич

Руководитель группы разработки CommuniGate Systems;
к.т.н., доцент, ПТУ МИРЭА
lukoilo@communigate.ru

Трушин Максим Михайлович

ПТУ МИРЭА
maxmtrushin@gmail.com

Русаков Алексей Михайлович

старший преподаватель, ПТУ МИРЭА
rusal@bk.ru

Лукьянчиков Андрей Игоревич

Ведущий инженер-программист АО «НПО Ангстрем»;
Соискатель ПТУ МИРЭА
dronluk@yandex.ru

Филатов Вячеслав Валерьевич

Доцент, ПТУ МИРЭА
filv@mail.ru

Долженков Сергей Сергеевич

Ассистент, ПТУ МИРЭА
dolzhenkov@mirea.ru

Аннотация: В данной статье рассматривается использование технологии распознавания (идентификации) человеческих лиц в системах обработки потока кадров, работающих в режиме реального времени. В частности, обсуждаются принципы функционирования систем распознавания лиц, а также различные особенности, возникающие вследствие обработки изображений в реальном времени, и вытекающие из них проблемы. Кроме того, в данной работе приведены несколько методов повышения скорости работы алгоритма идентификации лиц на примере системы распознавания, используемой во время видеоконференцсвязи.

Ключевые слова: распознавание лиц, идентификация лиц, распознавание в реальном времени, компьютерное зрение.

статистическими методами и привело к возникновению новых возможностей в области машинного зрения [2–3].

Одной из наиболее востребованных задач компьютерного зрения является распознавание человеческих лиц. Чаще всего данная задача применяется при авторизации пользователей, например, всем известная технология Face ID [4], используемая для разблокировки телефонов.

Благодаря большим наработкам в этой области [5–7] современные алгоритмы могут довольно точно идентифицировать личности по изображению лица, однако существует множество внешних факторов, возникновение которых значительно снижает точность при распознавании. В то же время учет этих особенностей заметно снижает производительность системы, что играет

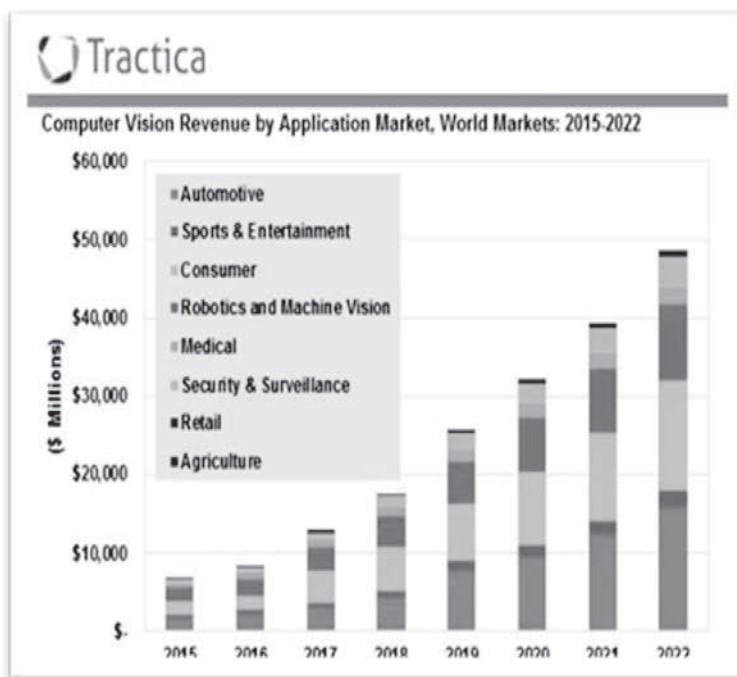


Рис. 1. Области применения технологий компьютерного зрения согласно отчету компании Tractica



Рис. 2. Общая структура алгоритма распознавания лиц

существенную роль при распознавании лиц в системах обработки видеопотока в реальном времени, из-за чего необходимо находить баланс между точностью распознавания и скоростью обработки изображений.

Алгоритм распознавания лиц

В общем виде процесс распознавания представляет из себя последовательность шагов, в ходе которых по представленному изображению или видеофрагменту, содержащему лицо, идентифицируется личность человека (рис.2).

В первую очередь на полученном из видеопотока кадре необходимо определить местоположение лиц. Для решения этой задачи применяются различные алгоритмы детектирования, результатом работы которых является множество координат прямоугольников, обозначающих границы лиц.

На следующем этапе лица вырезаются из общего изображения по полученным координатам, после чего осуществляется их нормализация с целью повышения точности при распознавании. Процесс нормализации

включает в себя различные этапы, необходимость которых определяется степенью устойчивости алгоритма распознавания к воздействию внешних факторов. К основным способам предобработки изображений лиц можно отнести следующие:

1. Уменьшение шума: для уменьшения шума (дефектов изображения в виде хаотично разбросанных пикселей различных цветов) применяются различные фильтры (фильтр Гаусса, медианный фильтр [8] и пр.);
2. Повышение контрастности: повышения контрастности изображений можно добиться при помощи алгоритмов эквализации гистограмм [9], а также адаптивных алгоритмов локальной контрастности.
3. Выравнивание: для выравнивания лица осуществляется поиск ключевых точек (к примеру, углы глаз, губ, кончик носа), после чего при помощи геометрических преобразований выполняется наклон изображения лица в необходимую сторону, в результате которого лицо располагается в анфас.

Этап выделения признаков включает в себя последовательность шагов, в ходе которых для каждого преобразованного изображения лица определяется набор репрезентативных характеристик, при помощи которых можно идентифицировать личность человека. К наиболее распространенным характеристикам относятся:

1. Контуры лица (форма и размеры);
2. Расстояние между ключевыми точками;
3. Относительное положение элементов лица;
4. Уникальные текстуры (родинки, шрамы, рубцы, морщины и пр.);
5. Термограммы (инфракрасные изображения лица).
6. Динамические особенности (движение глаз, изменение формы рта и пр.)

После выделения признаков лица необходимо выявить наличие или отсутствие совпадений на имеющемся множестве признаков. В основе любой системы распознавания присутствует алгоритм, определяющий соответствия между считываемыми характеристиками распознаваемого объекта и заранее заданными шабло-

нами, хранящимися в базе данных. На сегодняшний день существует большое множество алгоритмов, решающих задачу кластеризации, при помощи которых определяется «схожесть» объектов (к-средних, выделение связанных компонент и т.д.). Выбор той или иной меры расстояния, лежащей в основе, а также самого алгоритма во многом зависит от требований к системе (производительность, точность, аккуратность и пр.).

В любой системе идентификации личности по изображению лица вне зависимости от лежащих в ее основе алгоритмов детектирования лиц и выделения их признаков точность распознавания сильно зависит от качества лица на исходном изображении. Под качеством в данном случае подразумевается степень воздействия различных внешних факторов, непосредственно влияющих на результат работы системы распознавания. К таким факторам относятся:

Освещенность лица на изображении [10]. В зависимости от расположения источника света относительно лица, на изображении могут возникать яркие пятна и тени, из-за которых ухудшается точность распознавания (рис. 3). Это обусловлено тем, что при их возникновении могут быть ошибочно определены отдельные признаки, а в худшем случае — лицо вовсе не будет обнаружено.

Искажение изображения. Данная проблема возникает в тех случаях, когда лицо на изображении оказывается смазанным, либо меняется угол обзора, из-за чего может измениться форма лица и его пропорции. В таких случаях система может ошибочно идентифицировать личность человека.

Положение головы относительно камеры [11]. Наклоны и повороты головы на изображении (рис. 4) очень сильно влияют на результат работы системы. Наибольшее влияние на точность распознавания этот фактор оказывает в тех случаях, когда имеющаяся база данных эталонных изображений не является репрезентативной (к примеру, присутствуют только изображения, на которых лицо расположено в анфас).



Рис. 3. Влияние положения источника света на изображение лица



Рис. 4. Вариативность положения головы в пространстве на изображениях при распознавании

Низкое качество изображения. В отдельных случаях на вход системе распознавания могут поступать изображения в низком качестве, возникающем вследствие шума, размытия или низкого разрешения.

Присутствие посторонних объектов на изображении. Снимки людей могут выполняться в различных условиях, к примеру, может изменяться фон изображения, также возможно появление в кадре различных предметов, частично заслоняющих лицо.

Изменение внешнего вида. Возникновение этой проблемы может быть обусловлено старением, изменением прически, ношением очков, появлением растительности на лице, родинок, шрамов и т.д. Кроме того, к проблеме изменения внешности можно также отнести мимику лица, поскольку при различном эмоциональном состоянии и, как следствие, изменении мимики, пропорции лица могут также поменяться.

Распознавание лиц в реальном времени

Все описанные факторы проявляются в зависимости от условий, в которых осуществляется распознавание. К примеру, если предполагается, что система будет осуществлять идентификацию в идеальных условиях, разумеется, ни одна из перечисленных проблем не возникнет, однако при использовании системы распознавания для обработки потока кадров в реальном времени важно удостовериться, что используемые алгоритмы достаточно устойчивы к внешним факторам.

На сегодняшний день наиболее успешно с задачей распознавания лиц в реальном времени справляются системы, в которых используются методы машинного обучения. Одним из наиболее распространенных методов является использование нейронных сетей, которые обучаются на большом количестве данных о лицах. При обучении используются наборы данных, содержащие изображения лиц людей из разных возрастных, этнических групп и рас, благодаря чему нейронные сети способны достигать высокой точности даже в условиях изменения

образа человека или ухудшении качества изображения, обеспечивая в то же время сравнительно высокую производительность. Эти нейронные сети обычно имеют несколько слоев, которые могут обрабатывать различные аспекты изображения лица. Например, первый слой может распознавать форму и размер лица, второй слой — расположение глаз, носа и рта, а третий слой — цвет кожи. В результате получается точное представление лица, которое затем используется для идентификации человека.

Одним из примеров нейронных сетей, решающих задачу распознавания человеческих лиц, является MobileFaceNet. Она была разработана в 2018 году и представлена в статье [12] авторами из компании Tencent. Данная сеть была спроектирована специально для создания быстрых и точных систем распознавания, способных работать на устройствах с ограниченными вычислительными ресурсами. Архитектура данной нейронной сети основана на сверточных слоях, сравнительно небольшой размер модели и высокая производительность достигается благодаря использованию нескольких техник оптимизации:

1. Квантизация весов (weights quantization). Веса модели квантизированы до 8-битных чисел. Квантизация — особая техника сжатия, благодаря которой достигается уменьшение количества бит, затрачиваемых для представления чисел.
2. Обрезка (pruning). Из модели удалены сверточные фильтры, незначительно влияющие на итоговую точность распознавания.
3. Кластеризация (clustering). Веса модели кластеризованы. Вместо того, чтобы использовать уникальные значения для каждого веса, модель использует среднее значение весов, которые были объединены в кластеры.
4. Сжатие весов (weights compression). Веса модели сжаты с использованием метода декомпозиции, который разбивает веса на несколько небольших матриц. В результате во время работы модели осуществляется меньшее количество операций матричного умножения.

MobileFaceNet была протестирована на нескольких популярных наборах данных, таких как LFW [13] и AgeDB [14], и показала очень впечатляющие результаты (99.28 % и 93.05 % соответственно), сравнимые с результатами нейронных сетей, обладающих более сложной архитектурой, но в то же время работающих более медленно.

В 2022 году авторами из института распознавания образов, Китайской академии наук была опубликована работа [15], в которой они представили функцию потерь SFace для обучения нейронных сетей, решающих задачу распознавания лиц. Основная идея данной функции потерь заключается в минимизации расстояния внутри одного класса признаков и в то же время максимизации расстояния между различными классами. Одновременно с этим SFace учитывает возможность присутствия в обучающем наборе низкокачественных изображений, влияющих на дальнейшую точность при распознавании, благодаря чему достигается баланс между уменьшением расстояния внутри класса при корректных изображениях и предотвращением переобучения при возникновении различного рода шумов.

Множественные сравнения моделей, обученных с использованием различных функций потерь, показали превосходство SFace на всевозможных наборах данных. К примеру, модель ResNet50 [16], обученная с использованием SFace, продемонстрировала результат в 99.57 % процентов точности на наборе данных LFW и 95.30 % на наборе AgeDB, что является лучшим результатом среди всех функций, участвовавших в эксперименте.

SFace состоит из двух компонентов (рис. 5):

Гиперсферный компонент, который описывает геометрическую структуру пространства признаков. Цель этого компонента заключается в том, чтобы убедиться, что вектора признаков находятся на гиперсфере фиксированного радиуса.

Сигмоидный компонент, который осуществляет управление масштабированием признаков. Данный

компонент контролирует размер шкалы между классами и регулирует расстояние в пространстве признаков.

Произведем оценку скорости работы системы распознавания лиц путем замера времени, затрачиваемого системой для выделения признаков каждого лица и поиска соответствий в базе данных эталонов. Для оценки производительности будет использовано приложение, реализованное средствами библиотеки OpenCV [17]. Задачу выделения признаков будет решать модель MobileFaceNet, обученная с использованием функции потерь SFace. В ходе каждого теста системе на вход будет циклично подаваться одно и то же изображение разрешением 640x480 пикселей, содержащие одно лицо, пять и десять лиц соответственно. Для каждого из изображений будет осуществлено 3 эксперимента, в которых поиск совпадений будет осуществляться в базе данных из 100, 1000 и 10000 изображений, при этом среди этих изображений будут равномерно расположены эталонные для распознаваемых лиц. Все вычисления выполняются на процессоре Ryzen 5 3600x на частоте 4.0 ГГц (табл. 1).

Таблица 1.

Результаты тестирования производительности системы распознавания лиц

Количество распознаваемых лиц	Количество записей в БД	Время на первом кадре, ms	Время на последующих кадрах, ms
1	100	26.2406	26.6412
	1000	30.4283	30.6011
	10000	60.6948	60.8152
5	100	130.8841	130.6395
	1000	141.6522	140.9604
	10000	233.4025	233.0442
10	100	260.1924	260.2259
	1000	275.5398	277.8126
	10000	446.4057	446.6831

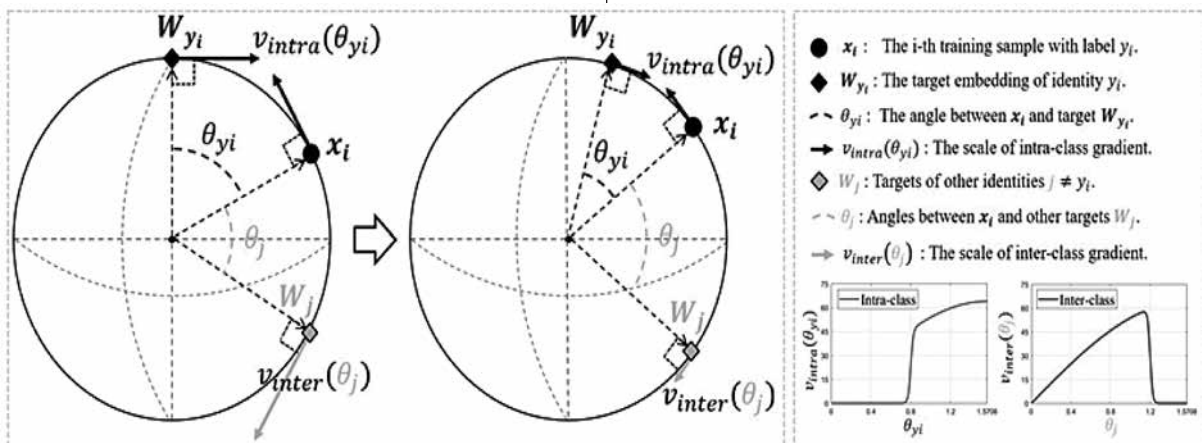


Рис. 5. Схематичное представление функции потерь SFace

Методы ускорения алгоритма распознавания лиц для видеопотока

Исходя из полученных в ходе эксперимента результатов, можно сделать вывод, что главным недостатком данной системы распознавания является высокая асимптотическая сложность алгоритма идентификации лиц, которая имеет вид $m \times n$, где m — количество распознаваемых лиц, n — количество записей в базе данных. Иными словами — время работы алгоритма зависит одновременно и от количества лиц в текущем кадре, которые необходимо распознать, и от размера хранилища, в котором производится поиск соответствий. Для решения данной проблемы и, как следствие, повышения производительности системы можно использовать несколько способов.

В первую очередь для ускорения процесса распознавания необходимо обратить внимание на оптимизацию хранения данных. В текущей реализации системы вычисление векторов признаков на каждой итерации выполняется не только для лиц, идентификацию которых необходимо осуществить, но и для всех лиц, хранящихся в базе данных, в результате чего общее время, затрачиваемое на распознавание, кратно возрастает. Оптимальная стратегия, при которой удастся избежать данной проблемы, заключается в хранении данных в виде заранее посчитанных при помощи модели значений, которые в дальнейшем будут использоваться напрямую при решении задачи поиска соответствий.

Еще один способ предполагает уменьшение объема обрабатываемых данных. В настоящий момент система

распознавания осуществляет поиск соответствий во всей базе данных для каждого лица на изображении. В худшем случае эталоны людей, находящихся в кадре, могут располагаться в самом конце хранилища, из-за чего при каждом распознавании система будет производить количество сравнений равное общему числу записей в базе данных. Очень часто в кадре могут находиться одни и те же люди продолжительный период времени, в связи с чем нет необходимости искать их эталоны во всем хранилище. Наиболее корректным способом в такой ситуации будет хранение эталонов недавно идентифицированных людей в промежуточном хранилище меньшего размера. В качестве такого хранилища может выступать LRU (Least Recently Used) [18] кэш. Принцип работы данного алгоритма кэширования (рис. 6) довольно прост. Временное хранилище ограничивается размером, зависящим от размера базы данных (к примеру, при нахождении в базе данных 1000 человек, размер временного хранилища может составлять 50). При его заполнении происходит вытеснение того значения, которое дольше всего не использовалось (находится в конце). Таким образом, эталон вновь распознанного лица будет заноситься в кэш, после чего при следующем распознавании система сперва осуществит поиск в нем, а дальше в случае отсутствия совпадений обратится к основному хранилищу.

Третий способ, при помощи которого можно добиться кратного повышения быстродействия — параллельные вычисления. При параллельных вычислениях крупная задача (в данном случае — распознавание всех лиц в кадре) может быть разбита на ряд более мелких задач (распознавание отдельного лица), которые впослед-

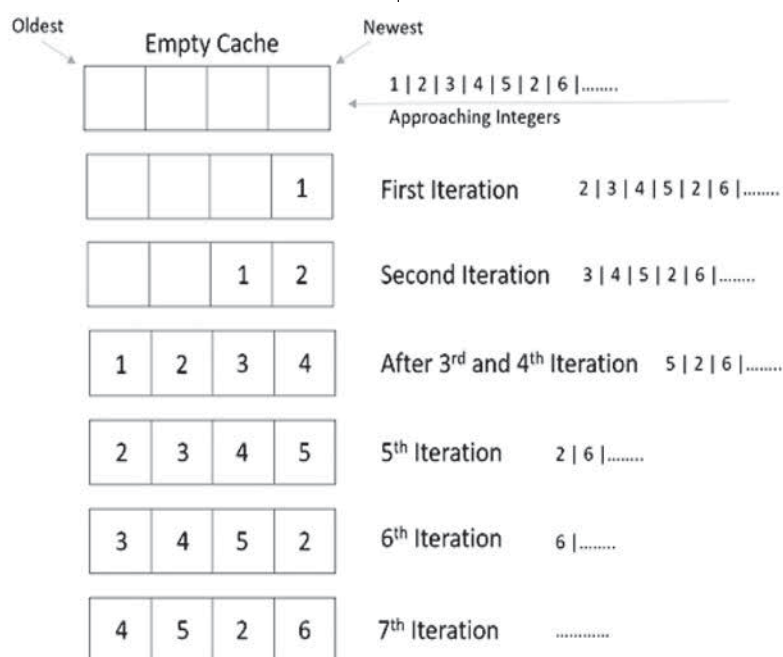


Рис. 6. Принцип работы алгоритма LRU

ствии будут выполнены одновременно. Архитектура современных процессоров позволяет производить параллельные вычисления на нескольких ядрах в составе одного процессора, благодаря чему нет необходимости в использовании многопроцессорных систем для решения данной задачи. Разумеется, вычислительные мощности каждого процессора ограничены, из чего не получится распознавать одновременно бесконечно большое число лиц, однако, даже при распознавании двух лиц одновременно, прирост производительности системы может составлять до 50 %.

Произведем повторную оценку скорости работы системы распознавания лиц (табл. 2). Условия, в которых будет осуществляться тестирование системы, полностью аналогичны тем, что использовались в ходе первой серии экспериментов. Единственным различием является использование ускоренной системы распознавания, в которой были использованы методики повышения производительности, описанные ранее.

Таблица 2.

Результаты тестирования производительности
улучшенной системы распознавания лиц

Количество распознаваемых лиц	Количество записей в БД	Время на первом кадре, ms	Время на последующих кадрах, ms
1	100	26.7093	25.9772
	1000	30.6895	25.9717
	10000	59.8840	25.8811
5	100	41.0536	34.0683
	1000	49.0056	34.1181
	10000	68.3924	34.3661
10	100	82.9249	65.0563
	1000	92.2416	65.5662
	10000	111.8773	65.2792

Из результатов второй серии экспериментов в первую очередь можно заметить, что появилась существенная разница между временем работы алгоритма распознавания на первом кадре и на последующих, достигнутая в результате кэширования векторов признаков идентифицированных лиц. Кроме того, наблюдается значительный прирост скорости распознавания во всех экспериментах, обусловленный параллельными вычислениями и оптимальной стратегией хранения эталонов. Применение методов ускорения позволило свести к минимуму зависимость времени работы алгоритма от количества распознаваемых лиц, благодаря чему данная система стала осуществлять идентификацию лиц в видеозвонках без значительных задержек. Отклонения в результатах тестирования системы обусловлены синхронизацией работы потоков, а также дополнительными накладными расходами на операции создания потоков и пр.

Заключение

Таким образом, современные методы распознавания лиц, представленные различными обученными моделями, демонстрируют высокую точность в условиях воздействия внешних факторов, обеспечивая в то же время сравнительно высокую производительность. В то же время скорости работы таких алгоритмов недостаточно для комфортного использования системы распознавания при обработке видеопотока в реальном времени. Поэтому были применены методы методики ускорения работы алгоритма, которые значительно уменьшили задержки, что в свою очередь позволило получить приемлемое время работы алгоритма, достаточное для распознавания лиц в ходе видеозвонка. Однако, несмотря на положительные результаты увеличения производительности алгоритма идентификации лиц, все еще существуют проблемы, связанные с недостаточным быстродействием, которые можно решить другими способами, например, посредством предварительного выбора идеального кадра из видеопотока, подходящего для распознавания. Поэтому дальнейшее совершенствование данной технологии является актуальной задачей.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Компьютерное зрение: технологии, рынок, перспективы», отчет TAdviser, 2018.
2. Voulodimos A. et al. Deep learning for computer vision: A brief review // Computational intelligence and neuroscience. — 2018. — Т. 2018.
3. Khan A.A., Laghari A.A., Awan S.A. Machine learning in computer vision: a review //EAI Endorsed Transactions on Scalable Information Systems. — 2021. — Т. 8. — №. 32. — С. e4-e4.
4. Mainenti D. User perceptions of apple’s face id //Information Science, Human Computer Interaction (DIS805). — 2017.
5. Osadchy M. et al. Scifi-a system for secure face identification //2010 IEEE Symposium on Security and Privacy. — IEEE, 2010. — С. 239–254.
6. Samaria F., Young S. HMM-based architecture for face identification //Image and vision computing. — 1994. — Т. 12. — №. 8. — С. 537–543.
7. Кузнецов Р.А. и др. Технология «компьютерного зрения» в вопросе визуальной идентификации человека //Научная визуализация. — 2017. — Т. 9. — №. 1. — С. 124.
8. Лавров Д.Н., Назарова Т.Ю. Алгоритмы предварительной обработки изображения для поиска границ радужной оболочки глаза // Молодёжь третьего тысячелетия. — 2017. — С. 828–832.

9. Бекназарова С.С. и др. Алгоритмы эквализации гистограммы изображения // Finland International Scientific Journal of Education, Social Science & Humanities. — 2023. — Т. 11. — №. 3. — С. 93–97.
10. Ho J., Kriegman D. On the effect of illumination and face recognition // Face Processing: Advanced Modeling and Methods. — 2005.
11. Gros C., Straub J. Video Recordings of Male Face and Neck Movements for Facial Recognition and Other Purposes // Data. — 2019. — Т. 4. — №. 3. — С. 130.
12. Chen S. et al. Mobilefacenets: Efficient cnns for accurate real-time face verification on mobile devices // Biometric Recognition: 13th Chinese Conference, CCBR 2018, Urumqi, China, August 11-12, 2018, Proceedings 13. — Springer International Publishing, 2018. — С. 428–438.
13. G.B. Huang, M. Ramesh, T. Berg, E. Learned-Miller, Labeled faces in the wild: A database for studying face recognition in unconstrained environments, Tech. rep., Technical Report 07-49, University of Massachusetts, Amherst (2007).
14. Moschoglou S. et al. Agedb: the first manually collected, in-the-wild age database // proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition workshops. — 2017. — С. 51–59.
15. Zhong Y. et al. SFace: Sigmoid-constrained hypersphere loss for robust face recognition // IEEE Transactions on Image Processing. — 2021. — Т. 30. — С. 2587–2598.
16. He K. et al. Deep residual learning for image recognition // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. — 2016. — С. 770–778.
17. Bradski, G. (2000). The OpenCV Library. Dr. Dobbs & Co. Journal of Software Tools.
18. Fricker C., Robert P., Roberts J. A versatile and accurate approximation for LRU cache performance // 2012 24th international teletraffic congress (ITC 24). — IEEE, 2012. — С. 1–8.

© Лукьянчиков Олег Игоревич (lukoilo@communiGate.ru), Трушин Максим Михайлович (maxmtrushin@gmail.com);
 Русаков Алексей Михайлович (rusal@bk.ru); Лукьянчиков Андрей Игоревич (dronluk@yandex.ru); Филатов Вячеслав Валерьевич (filv@mail.ru);
 Долженков Сергей Сергеевич (dolzhenkov@mirea.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ОБРАБОТКИ ВЕКТОРНЫХ МАССИВОВ ДАННЫХ В НЕЙРОСТРУКТУРАХ

ANALYSIS OF METHODS AND TOOLS FOR PROCESSING VECTOR DATA ARRAYS IN NEUROSTRUCTURES

**O. Makeeva
S. Krasnikov
S. Nikolaeva**

Summary: The article presents a review of methods and tools for processing vector data arrays in neurostructures by the example of neural chips. Particular attention is paid to the method based on the principle of difference-slice. A mathematical model for difference-slice processing of vector data is formalized separately. The peculiarities of using KVP-transformation for data analysis that allows to increase the speed of processing the incoming signals and to avoid additional errors in the results are also described.

Keywords: vector data, intelligent analysis, processing, neural network, neural network, difference slices.

Макеева Оксана Валерьевна

Кандидат технических наук, доцент,
«МИРЭА — Российский технологический университет»
makeeva-oks@yandex.ru

Красников Степан Альбертович

Доктор технических наук, профессор,
«МИРЭА — Российский технологический университет»
skrasnikov@gmail.com

Николаева Светлана Владимировна

Доктор технических наук, профессор,
«МИРЭА — Российский технологический университет»;
Профессор, Национальный исследовательский
университет «Московский энергетический институт»
snikolaeva@yandex.ru

Аннотация. В статье представлен обзор методов и средств обработки векторных массивов данных в нейроструктурах на примере нейронных чипов. Особое внимание уделено методу, основанному на принципе разностных срезов. Отдельно формализована математическая модель разностно-срезной обработки векторных данных. Также описаны особенности использования KVP-преобразования для анализа данных, которое позволяет повысить быстродействие обработки поступающих сигналов и избежать дополнительной погрешности в полученных результатах.

Ключевые слова: векторные данные, интеллектуальный анализ, обработка, нейроструктура, нейронная сеть, разностные срезы.

В современном мире в результате постоянно растущего информационного потока формируются огромные базы данных. При нынешних темпах ежедневно создаётся 2,5 квинтиллиона байт данных, но эти темпы еще более ускоряются с ростом Интернета вещей (IoT). Только за последние два года было создано 90 % всех данных в мире [1].

В данном контексте актуализируется задача обработки накапливаемой информации и выявления в ней скрытых закономерностей.

В то же время очевидно, что статистические методы уже не способны адекватно обрабатывать и анализировать большие массивы данных.

Благодаря современным технологиям значительный информационный потенциал этих данных может быть раскрыт с помощью технологий интеллектуального анализа. Интеллектуальный анализ данных представляет собой процесс поиска пригодных для использования сведений в больших наборах данных. Ярким примером технологий интеллектуального анализа являются нейронные сети. В связи с тем, что стремительное развитие компьютерных технологий создаёт предпосылки для появления нейрокомпьютеров, которые, согласно прогно-

зам экспертов в области искусственного интеллекта, будут перерабатывать информацию, руководствуясь теми же принципами, что и человеческий мозг, то заинтересованность нейросетевыми технологиями постепенно охватывает всё более широкий круг пользователей [2].

За последнее десятилетие разработан широкий спектр аппаратного обеспечения нейронных сетей (АОНС). Также было обнаружено, что АОНС перспективен в некоторых специализированных применениях, таких как обработка изображений, синтез и анализ языка, распознавание образов. Особую популярность получили нейрочипы. Их разработкой занимаются производители во многих странах мира, причём большинство из них на сегодняшний день ориентировано на закрытое использование (т.е. для конкретных специализированных управляющих систем).

Таким образом, изучение особенностей многооперандной обработки массивов данных с использованием нейроструктур, в том числе нейрочипов, имеет на сегодняшний день высокую актуальность и значимость, что и обуславливает выбор темы данной статьи.

Весомый вклад в развитие современного интеллектуального анализа данных и исследования свойств ней-

ронных сетей сделали такие учёные, как Зеленков Ю.А., Анисичкина Е.А., Велигура А.В., Мусаева Э.К., Будникова И.К., Плетенева Е.В.

Особенности организации параллельного многооперандного суммирования массива чисел рассматриваются Абросимовым К.М., Гнидко К.О., Пальмовым С.В., Диязитдиновой А.А., Артюшкиной Е.С.

Однако, несмотря на имеющиеся труды и наработки, открытыми остаются вопросы, связанные с усовершенствованием существующих и разработкой новых методов обработки векторных массивов данных.

Цель статьи заключается в рассмотрении особенностей методов и средств обработки векторных массивов данных в нейроструктурах.

Рассмотрим метод, основанный на принципе разностных срезов.

Математическая модель разностно-срезной (РС) обработки векторных данных имеет следующий вид. Начальными данными при РС обработке является n -мерный вектор a_0 с элементами $a_{i,0}$. Как результат выполнения ассоциативных операций над элементами вектора a_0 необходимо отсортировать его элементы $a_{i,0}$ при возрастании их числовых значений и определить их ранги при этом же условии [3].

Разностным срезом называют вектор a_j ($j = \overline{1, N}$), элементы $a_{i,j}$ ($i = \overline{1, n}$) которого формируются как разница между соответствующими элементами $a_{i,j-1}$ предварительного разностного среза a_{j-1} и внутренним пороговым элементом q_j .

Первоначальный вектор a_0 следует рассматривать как начальный разностный срез, а сформированные в процессе итерационной обработки векторы a_j ($j = \overline{1, N}$) как промежуточные, где N — число циклов РС обработки. Внутренний пороговый элемент q_j в течение j -го цикла является постоянной величиной и формируется по определённому правилу. Для РС обработки принято, что внутренний пороговый элемент q_j равен значению минимального элемента $a_{i,j-1}$ вектора a_{j-1} .

Далее введём следующие обозначения: $com a_{j-1}$ — общая часть элементов вектора a_{j-1} и $dif a_{j-1}$ — разностный срез, сформированный из элементов вектора a_{j-1} .

Тогда базовые соотношения РС обработки для вектора a_{j-1} можно записать следующим образом:

$$com a_{j-1} = \min \{ a_{i,j-1} \}_{i=1}^n = q_j,$$

$$dif a_{j-1} = a_{j-1} - com a_{j-1} = \{ a_{i,j-1} - q_j \}_{i=1}^n = a_j.$$

В процессе РС обработки на базе прямого SM-преобразования можно сформировать матрицу бинарных масок F с элементами $f_{i,j}$ вида

$$f_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{если } a_{ij} \geq 0, \\ 0, & \text{если } a_{ij} < 0. \end{cases}$$

Схематически на рис. 1 приведены соотношения между разностными срезами a_0 и a_1, \dots, a_n матрицей бинарных масок F и вектором внутренних пороговых элементов $q = \{q_1, \dots, q_n\}$ и вектором рангов r . Для примера на рис. 1 выбран случай, когда все n элементы $a_{i,0}$ начального вектора a_0 различны по числовому значению и не являются нулевыми. В этом случае число циклов N при РС обработке равно $O(n)$.

Именно использование сформированных в процессе РС обработки элементов q_j вектора внутренних порогов q и числовых данных строк матрицы бинарных масок F позволяет реализовать такие ассоциативные операции, как сортировка элементов начального вектора a_0 и определение их рангов при условии возрастания числовых значений [4].

Для сортировки элементов $a_{i,0}$ начального вектора a_0 можно использовать соотношение вида

$$a_{i,0}^s = \sum_{j=1}^i q_j,$$

где $a_{i,0}^s$ — i -й элемент в отсортированном векторе a_0^s .

Для определения рангов r_i элементов $a_{i,0}$ начального вектора a_0 целесообразно использовать соотношение

$$r_i = \sum_{j=1}^n f_{i,j}.$$

Особенности формирования РС также позволяют реализовать пороговую обработку в процессе параллельного суммирования. Это определяет возможность одновременного выполнения двух операций: суммирования массива чисел и сравнения текущих результатов суммирования с порогом p для определения факта превышения порога или равенства ему конечной суммы.

Пороговый нейрон, который является элементом входного слоя, предназначенного для информационного приёма в многослойной нейронной сети, выполняет простейшую пороговую функцию

$$S = \sum_{i=1}^m x_i w_i \geq p,$$

где x_i — входные сигналы или элементы входного векторного массива, w_i — вес, p — порог обработки.

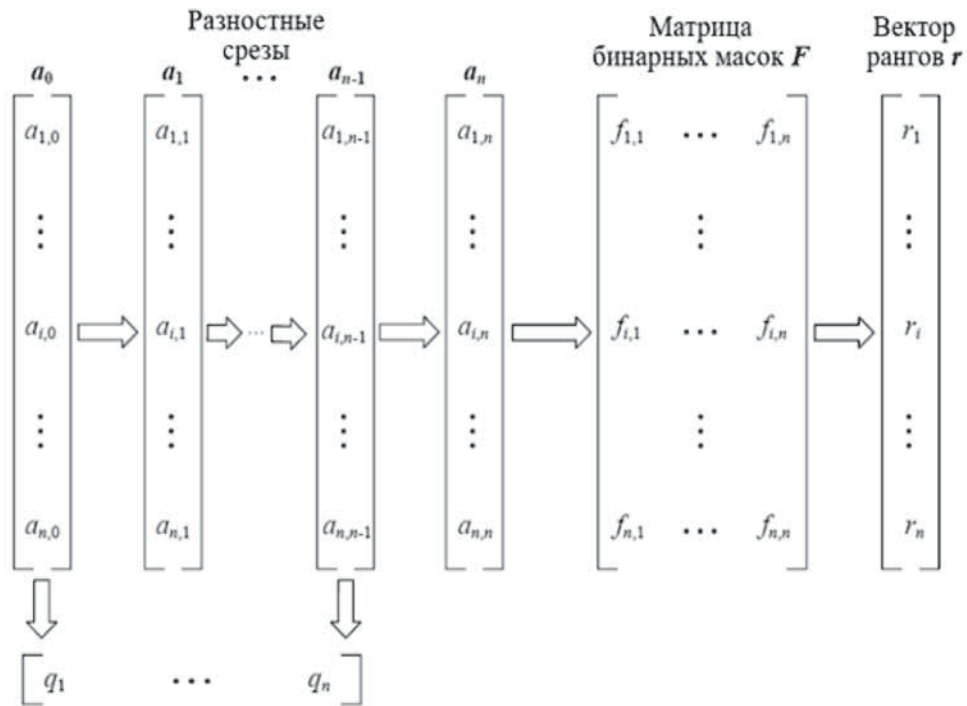


Рис. 1. Схематическое отображение процесса обработки векторных массивов данных в нейроструктурах по разностным срезам

Математическая модель пороговой параллельной обработки с использованием РС имеет следующий вид:

$$y = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum_{i=1}^n a_i \geq p, \\ 0, & \text{в противоположном случае,} \end{cases}$$

где y — итоговый сигнал, a_i — i -й элемент первоначального векторного массива, n — число частей в массиве.

На рис. 2 показана структура, моделирующая нейрон на два входа, у которого выходной сигнал y принимает значение 1, если выполняется вышеприведённое условие, и 0 в противоположном случае.

Здесь приняты следующие обозначения: x_i — информационные входы, w_i — весовые коэффициенты, p — порог, y — выход, Mul — умножитель, Sum — сумматор, Com — компаратор, Sel — селектор.

Ещё одним перспективным методом обработки векторных массивов данных в нейроструктурах является KVP-преобразование, которое представляет собой логически сложную процедуру, формирующую некоторую универсальную функцию, описывающую данные согласно генерируемому в процессе работы комплексу явно и неявно выраженных признаков [5].

Математическим аппаратом метода KVP-преобразований является математика логико-времен-

ных функций, которые способны воспроизвести зависимость времени от разнообразных характеристик сигналов $T = f(x, y, A, w, \dots)$. При этом есть возможность анализировать функции в процессе обработки. Этот факт значительно повышает быстродействие обработки данных и позволяет избежать дополнительной погрешности в полученных результатах.

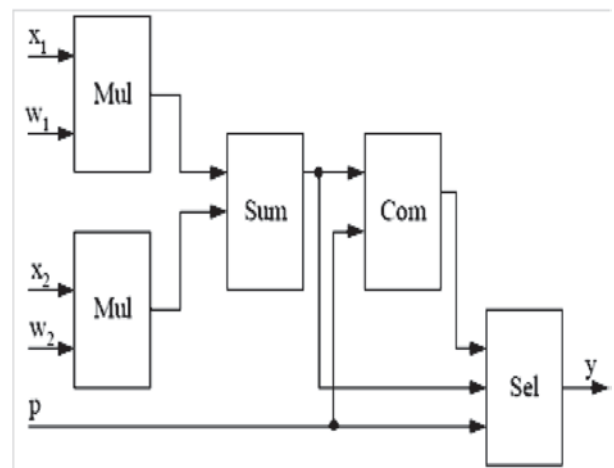


Рис. 2. Модель структуры нейрона на два входа

Модель оптимизации KVP-преобразования по параметру сжатия информации имеет вид

$$\max_t g(t, \tau, n),$$

$$\begin{cases} 0 \leq g(t, \tau, n) \leq 1, \\ g(t, \tau, n) = F_n(t) - F_{n+1}(t), \end{cases}$$

где τ — время срабатывания каждого k -го квантрона, входящего в цепь; $F(t)$ — функция распределения случайной величины τ ; $f(t)$ — плотность распределения случайной величины τ ; $F_n(t)$ — функция распределения случайной величины; $q(t)$ — число всех квантронов, срабатывающих за время t ; $g(t, \tau, n)$ — вероятность того, что $q(t) = n$, т.е. $g(t, \tau, n) = P\{q(t) = n\}$.

Таким образом, на сегодняшний день разработаны мощные и эффективные методы, позволяющие реализовывать многооперандную обработку векторных данных в нейроструктурах, таких как нейрочипы. Эти методы позволяют реализовать сортировку и восстановление элементов первоначального массива, а также совмещение операции взвешенного суммирования и пороговой обработки элементов, что значительно ускоряет вычисления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ерохин С.Д. Анализ существующих методов снижения размерности входных данных // Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт. 2022. Т. 16. № 1. С. 30–37.
2. Вишняков И.Э. Выявление и кластеризация шаблонных текстов в больших массивах сообщений. // Вестник Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана. Серия Приборостроение. 2022. № 4 (141). С. 20–35.
3. Дикарев Н.И. Реализация памяти структур данных в векторном потоковом процессоре. // Труды научно-исследовательского института системных исследований Российской академии наук. 2019. Т. 9. № 6. С. 156–160.
4. Бурцев А.А. О проблемах применения векторного сопроцессора для ускорения обработки массивов данных, не выровненных в памяти. // Труды научно-исследовательского института системных исследований Российской академии наук. 2019. Т. 9. № 1. С. 69–82.
5. Дикарев Н.И. Выполнение программы сортировки в векторном Dataflow процессоре. // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2021. № 1 (17). С. 86–91.

© Макеева Оксана Валерьевна (makeeva-oks@yandex.ru), Красников Степан Альбертович (skrasnikov@gmail.com);

Николаева Светлана Владимировна (snikolaeva@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОДЕЛИРОВАНИЕ АГРЕГАТОВ РОБОТИЗИРОВАННОГО ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ¹

Орлов Сергей Павлович

*Д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»
orlovsp1946@gmail.com*

SIMULATION OF ROBOTIC TRUCK'S UNITS USING DIGITAL TWINS

S. Orlov

Summary: The article is devoted to the problem of creating robotic trucks for industrial use. The design of such complex vehicles is carried out using digital twins of the main units and components. The structure of a complex model of a robotic chassis is described. The digital twin set of the main systems has been developed: engine, gearbox, transmission, brake system, steering, and suspension. The results of the simulation on the digital twin of the gearbox are presented. The developed models are used both at the design stage and during the operation of robotic vehicles.

Keywords: robotic vehicle, simulation, virtual tests, digital twin, gearbox.

Введение

Современное развитие транспортных систем неразрывно связано с созданием беспилотных и автономных автомобилей. В промышленности, роботизированные грузовые автомобили активно используются при выполнении логистических операций на производственных территориях большой площади [1–3].

Необходимость оснащения роботизированных автомобилей средствами компьютерного зрения, измерительными системами, датчиками, микроконтроллерами привело к разработке информационных систем дистанционного управления, включающих аналитическую систему, базу данных, набор моделей [4–6]. В связи с этим появилась техническая возможность как проведения виртуальных испытаний в процессе проектирования роботизированных автомобилей [7, 8], так и построения комплекса моделей агрегатов и узлов для диагностики и прогноза технических состояний по результатам эксплуатации.

Модельно-ориентированный подход и виртуальные испытания при проектировании роботизированных автомобилей

При создании системы роботизированных агротехнических автомобилей в рамках проекта с ПАО «КАМАЗ» [9] было использовано модельно-ориентированное проектирование, базирующееся на систематическом

Аннотация. Статья посвящена проблеме создания роботизированных грузовых автомобилей промышленного назначения. Проектирование таких сложных транспортных средств проводится с использованием цифровых двойников основных агрегатов и узлов. Описана структура комплексной модели роботизированного шасси. Разработан набор цифровых двойников основных систем: двигателя, коробки переключения передач, трансмиссии, тормозной системы, рулевого управления и подвески. Приведены результаты имитационного эксперимента на цифровом двойнике коробки переключения передач. Разработанные модели используются как на этапе проектирования, так и при эксплуатации роботизированных автомобилей.

Ключевые слова: роботизированные автомобили, моделирование, виртуальные испытания, цифровой двойник, коробка переключения передач.

применении моделей подсистем, агрегатов и узлов автомобиля, которые развиваются, уточняются и используются на всех этапах жизненного цикла изделия.

На рис. 1 представлена взаимосвязь между компонентами комплексной модели роботизированного автомобиля, включая обмен информацией между ними [10].

Реализация такого подхода опирается на развитую бортовую информационно-измерительную систему роботизированного автомобиля и телекоммуникационные средства, позволяющие в реальном времени получать и обрабатывать большой объем данных. Наиболее сложными (с точки зрения идентификации) являются модели износа, которые могут быть получены либо эмпирическим путем, либо с помощью гибридных испытаний и инженерных расчетов с учетом всех возможных режимов работы конкретного узла или автомобиля в целом.

Построение комплексной модели дает возможность проведения виртуальных испытаний еще на этапе проектирования автомобиля. Это обеспечивает не только исследование режимов работы агрегатов, но и анализ различных сценариев эксплуатации роботизированных автомобилей. Большую роль играет имитационное моделирование, что позволяет изучать динамику на дискретно-событийных моделях. В частности, для системы агротехнических роботизированных автомобилей были разработаны и успешно использовались иерархические модели на сетях Петри. Эти модели учитывают факто-

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-08-00797.



Рис. 1. Компоненты комплексной модели роботизированного автомобиля

ры эксплуатации и фиксируют данные об отклонениях от номинального состояния с учетом процессов деградации и износа агрегатов. Особенно эффективно применение таких моделей для диагностики транспортных средств и организации технического обслуживания и ремонта [11, 12].

Аналитическая система комплексной модели предназначена для обработки информации по конкретному автомобилю, поступающей в базу данных с учетом истории параметров узлов и агрегатов автомобилей. Аналитическая система состоит из трех модулей:

- комплексная модель автомобиля, включающая феноменологические, динамические, статические модели и модели износа узлов, деталей, агрегатов и систем автомобиля;
- дерево отказов (аналитическая модель надежности) с показателями и признаками износа узлов, деталей и агрегатов автомобиля на основании статистических данных автопроизводителей, результатов аналитических расчетов и гибридных испытаний на базе моделей;
- интеллектуальный алгоритм анализа данных о параметрах функционирования автомобиля, снимаемых как со стандартных датчиков систем автомо-

биля, так и с дополнительных сенсоров системы диагностики и прогнозирования технического состояния автомобиля [13].

Цифровые двойники агрегатов автомобиля

В рамках создания комплексной модели автомобиля на шасси КАМАЗ 65111 были разработаны цифровые двойники основных агрегатов и систем. Большинство цифровых двойников реализовано с использованием инструментальных средств LMS ImagineLab AMESim фирмы Siemens и MATLAB/Simulink. Пакет для моделирования LMS Imagine.Lab AMESim является частью портфолио Simcenter Siemens PLM Software. Пакет LMS Imagine.Lab AMESim имеет достаточно широкие возможности в сфере моделирования для различного спектра решаемых задач проектирования автомобилей: от уровня моделирования отдельных компонентов и систем объекта «автомобиль» в целом до моделирования различных динамических задач движения. Необходимо отметить, что AMESim содержит ряд специализированных библиотек компонентов, на основе которых можно разрабатывать математические модели легковых и грузовых автомобилей, модели электронных и электромеханических бортовых систем.

В состав комплексной модели входят цифровые двойники следующих узлов и агрегатов:

- двигателя,
- коробки переключения передач КПП,
- трансмиссии,
- тормозной системы,
- системы рулевого управления,
- колес автомобиля,
- подвески.

В настоящей статье в качестве примера приведена модель коробки переключения передач роботизированного шасси КАМАЗ. Настроечные параметры компонентов для параметрического синтеза математической модели роботизированного шасси представлены в таблице 1. В результате была построена модель КПП в системе MATLAB, фрагмент которой показан на рис. 2.

Таблица 1.

Данные для параметрического синтеза модели коробки переключения передач роботизированного шасси КАМАЗ

№ пп	Параметр	Значение
1	Диапазон используемых передач	1–8
2	Номинальный крутящий момент на входе, Н·м	1000
3	Первая передача — передаточное отношение	12,84
4	Вторая передача — передаточное отношение	11,27
5	Третья передача — передаточное отношение	10,13
6	Четвертая передача — передаточное отношение	9,15
7	Время переключения передачи, с	1,2
8	Постоянная времени объекта управления «Переключение передачи — крутящий момент на выходном валу КПП», с	6,3
9	Коэффициент усиления переходной характеристики объекта управления «Переключение передачи — крутящий момент на выходном валу КПП», В/Н·м	1,08

Цифровые испытания интегрированной модели роботизированного шасси проводились для различных сценариев эксплуатации:

Сценарий 1. На модели имитируется движение роботизированного грузового автомобиля по дороге с ровным покрытием без подъемов и уклонов. Устанавливается режим разгона в течение 15 секунд, затем производится торможение до полной остановки. В этот момент устанавливается нейтральная передача и крутящий момент на колеса не передается. Общее время моделирования равно 25 секунд.

Сценарий 2. Данный сценарий предназначен для моделирования движения грузового автомобиля при подъеме в гору с постоянным уклоном в 25 градусов. Время моделирования составляет 25 секунд.

Сценарий 3. В этом сценарии с помощью модели рулевого управления производится имитация смены полосы грузовым автомобилем при движении по горизонтальной поверхности и при относительно установившемся скоростном режиме. Начальная скорость движения — 10 м/с, время моделирования — 20 секунд. Изменение ускорения автомобиля в данном сценарии равно нулю, а скорость — постоянна.

Сценарий 4. Сценарий имитирует движение автомобиля в условиях движения по закруглению дороги. Время моделирования составляет 25 секунд. Автомобиль разгоняется в течение 15 секунд по ровному участку, а затем делает резкий поворот и движется до момента бокового опрокидывания.

Результаты экспериментов

Выполненные эксперименты дают большой объем информации о динамике роботизированного автомобиля в разных режимах. В данном пункте проиллюстрированы экспериментальные данные, получен-

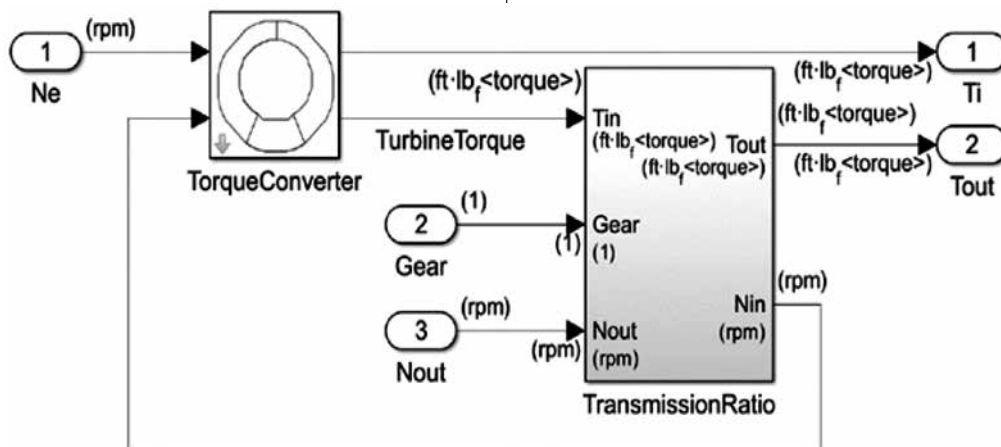


Рис. 2. Модель коробки переключения передач в среде MATLAB

ные в результате моделирования работы коробки переключения передач при реализации сценария 2. Тормозной момент на всех колесах устанавливается равный нулю. Графики изменения частоты вращения, крутящего момента на выходном валу, а также номер передачи в КПП показаны на рис. 3. Падение крутящего момента на выходном валу, зарегистрированное на 4-й секунде, обусловлено сбросом газа при въезде автомобиля в гору.

Графики изменения скорости и ускорения груженого автомобиля приведены на рис. 4 и рис. 5. Из этих графиков видно, что на выходном валу КПП возникают неконтролируемые высокочастотные изменения вращения, что приводит к вибрации и «рывкам» автомобиля. Эти вибрации обусловлены имитацией нарушения режима

в системе зажигания при сбросе газа при подъеме автомобиля в гору.

Заключение

Разработанные математические и имитационные модели используются на этапах проектирования и производства агрегатов, а затем на этапе эксплуатации для организации технического обслуживания и ремонта роботизированных грузовых автомобилей. Данные, накапливаемые информационной системой при испытании прототипа автомобиля, используются для коррекции или кардинального изменения цифровых двойников.

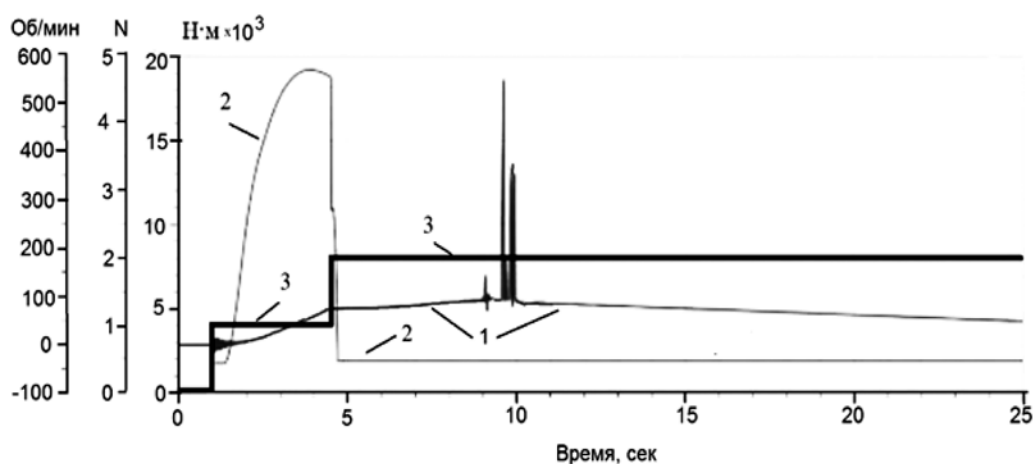


Рис. 3. Графики параметров КПП:

1 — частота вращения выходного вала КПП, об/мин; 2 — крутящий момент M на выходном валу КПП, Н·м; 3 — номер текущей передачи N

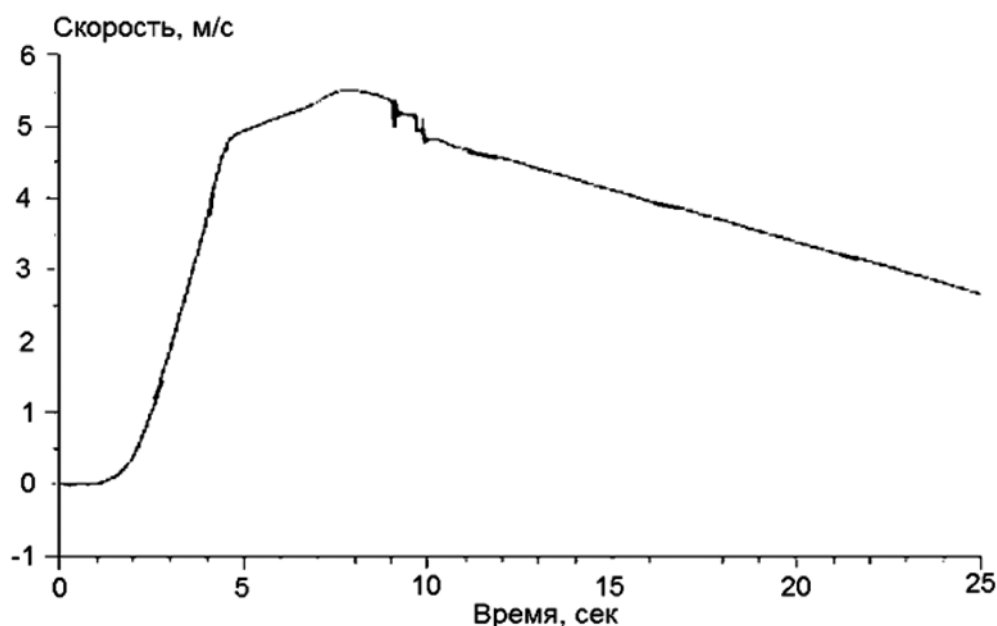


Рис. 4. График скорости движения груженого автомобиля

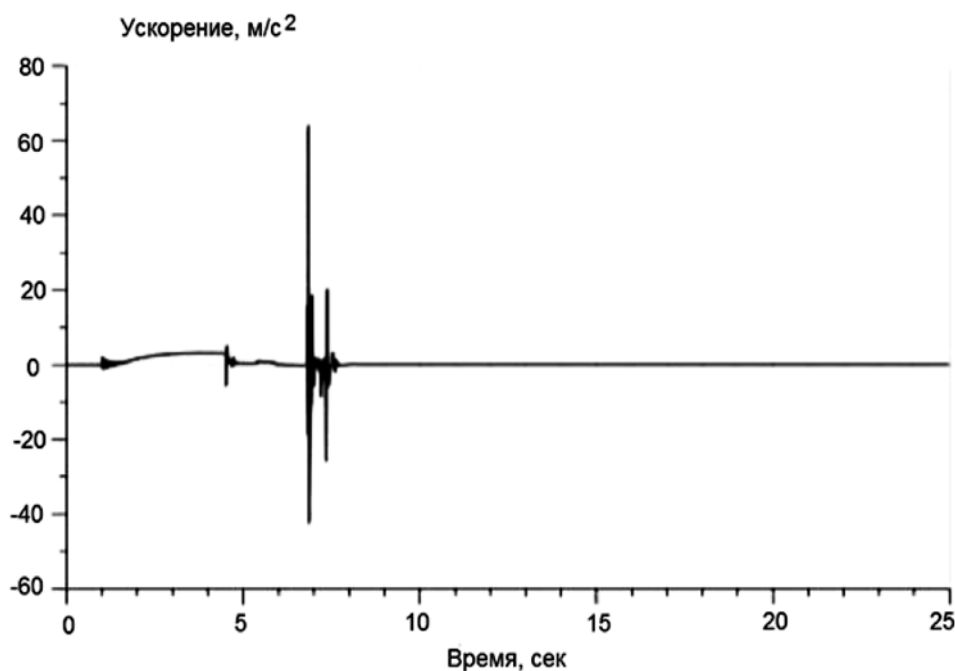


Рис. 5. График ускорения движения груженого автомобиля

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов И.А., Мишарин А.С., Куприяновский В.П., Покусаев О.Н., Куприяновская Ю.В. Роботы, автономные робототехнические системы, искусственный интеллект и вопросы трансформации рынка транспортно-логистических услуг в условиях цифровизации экономики // International Journal of Open Information Technologies. — 2018. — Vol. 6. — No.4. — P. 92–108.
2. Thomasson J.A., Baillie C.P., Antille D.L., Lobsey C.R., McCarthy C.L. Autonomous technologies in agricultural equipment: A review of the state of the art // Proc. of 2019 Agricultural Equipment Technology Conf. (Louisville, Kentucky, USA). — 2019. — P. 1–17.
3. Duckett T., Pearson S., Blackmore S., Grieve B. Agricultural Robotics: The Future of Robotic Agriculture. London: UK-RAS Network White papers, 2018. — 36 p.
4. Orlov S.P., Susarev S.V., Kravets O. Ya., Morev A.S. Information system of agricultural robotic KAMAZ cars // Journal of Physics: Conference Series. — 2019. — Vol. 1399 (033020). — P. 1–5.
5. Bazhanov A., Vashchenko R., Rubanov V., Bazhanova O. Development of an automated system for monitoring and diagnostics a guided robotic vehicle // In: Cyber-Physical Systems: Advances in Design & Modelling. Studies in Systems, Decision and Control. — Springer International Publishing, Cham. 2020. — Vol. 259. — P. 93–107.
6. Федотов А.И., Бойко А.В. Математическое моделирование процессов функционирования автомобилей. — Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический ун-т, 2016. — 160 с.
7. Шмелев, А.В. Основы методики виртуального моделирования испытаний кабин грузовых автомобилей по требованиям пассивной безопасности / А.В. Шмелев, Э.В. Лисовский, В.С. Короткий // Механика машин, механизмов и материалов. — 2015. — № 3 (32). — С. 64–72.
8. Орлов С.П., Бизюкова Е.Е., Яковлева А.Е. Виртуальные испытания агрегатов для виртуального ввода в производство роботизированного автомобиля // Вестник СамГТУ. Серия «Технические науки». — 2021. — Том 29(1). — С. 46–57.
9. Сусарев С.В., Сидоренко К.В., Морев А.С., Гашенко Ю.В. Принципы построения систем управления роботизированными транспортными средствами с автономным и дистанционным режимом управления // В сборнике: Проблемы управления и моделирования в сложных системах. Труды XXI Международной конференции. Самара. — 2019. — Т. 2. — С. 107–110.
10. Susarev S.V., Orlov S.P., Morev A.S., Kravets O.Ja. Digital tests of the robotic chassis' cyber-physical system for agricultural unmanned vehicle // J. Phys.: Conf. Ser. — 2019. — Vol. 1399(4), 044032.
11. Орлов С.П., Сусарев С.В. Имитационные модели на сетях Петри для анализа процессов обслуживания и ремонта сложных технических систем // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». — 2022. — № 30(4). — С. 49–75.
12. Волхонская Е.Е., Орлов С.П. Модель стратегии каннибализации при техническом обслуживании роботизированных автомобилей // Современная наука: Актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2023. — № 1. — С. 52–56.
13. Губанов Н.Г., Михеев Ю.В., Одинцов В.П., Ахтямов Р.Н., Морев А.С. Архитектура системы диагностики и прогнозирования технического состояния роботизированного транспортного средства // В сборнике: Проблемы управления и моделирования в сложных системах. Труды XXI Международной конференции. Самара. — 2019. Т.2. — С. 171–174.

© Орлов Сергей Павлович (orlovsp1946@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МЕТОД АНАЛИЗА ПРОГРАММ НА НАЛИЧИЕ ВРЕДНОСНОГО КОДА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПРАВИЛ YARA

A METHOD OF ANALYZING PROGRAMS FOR THE PRESENCE OF MALICIOUS CODE USING MACHINE LEARNING METHODS AND YARA RULES

**N. Ponomarev
E. Tarov**

Summary: This article discusses a new method of analyzing programs for the presence of malicious code using machine learning algorithms and the YARA tool. To do this, it is proposed to form YARA rules based on hex pairs of the code of the programs under consideration and to train the model on these data. The article also discusses two important parameters that need to be set to form the YARA rule: the number of hex pairs taken and the number of logical constructions in the rule. This method can be used to effectively detect malware and may be useful for information security professionals.

Keywords: information security, YARA, malware, machine learning, bayesian algorithm..

Пономарев Николай Александрович

Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. профессора М.А. Бонч-Бруевича
nikapon13@gmail.com

Таров Евгений Викторович

Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. профессора М.А. Бонч-Бруевича
tarov25@mail.ru

Аннотация: В данной статье рассматривается новый метод анализа программ на наличие вредоносного кода с использованием алгоритмов машинного обучения и инструмента YARA. Для этого предлагается формирование правил YARA на основе hex-пар кода рассматриваемых программ и проведения обучения модели на этих данных. В статье также обсуждаются два важных параметра, которые необходимо задать для формирования правила YARA: количество взятых hex-пар и количество логических конструкций в правиле. Этот метод может быть использован для эффективного обнаружения вредоносного ПО и может быть полезен для специалистов в области информационной безопасности.

Ключевые слова: информационная безопасность, YARA, вредоносные программы, машинное обучение, байесовский алгоритм.

Введение

На сегодняшний день отчетливо видна тенденция в повышении значимости вопроса обеспечения информационной безопасности (далее — ИБ). Данная тенденция обусловлена непосредственной важностью информации и соответственно ее защиты для современного общества. Одной из составляющих частей ИБ является анализ различных программ на выявление в них компонентов кода, способных нанести какое-либо деструктивное воздействие. Данная часть ИБ имеет большое значения для защиты информации из-за быстрого развития вредоносного программного обеспечения (далее — ПО) и увеличения количества кибератак с использованием вредоносных программ [1–7].

Однако несмотря на быстрые темпы развития вредоносного ПО, существует возможность классификации данных программ на основании совокупности деструктивных воздействий, которые они способны нанести, и принципу их распространения. Данная классификация позволяет выделить следующие основные семейства вредоносного ПО [8, 9]:

- троянские программы (например, Cryptolocker, TROJAN-SPY:W32/ZBOT);
- вирусы (например, Virus.Win32.Virut.ce);

- черви (например, Net-Worm.Win32.Kido.ih, Email-Worm.Win32.Runouce.b).

Для исследования программ на наличие в них деструктивных частей кода существуют специальные методы — статический и динамический анализ [9]. Где основная отличительная черта данных методов заключается в том, что статический метод опирается на анализ непосредственно содержимого самого кода с целью выявления логики работы (алгоритма) программы и возможности прогнозирования возможных деструктивных воздействия исследуемого ПО. В свою же очередь динамический метод основывается на анализе программы в режиме реального времени, то есть во время выполнения данного кода, и по тому, как ведет себя исследуемое ПО, определяется, содержит ли она в себе деструктивный код или нет [9–12]. Однако данные методы анализа ПО имеют достаточно ощутимые минусы:

1. необходимо участие специального человека (аналитика), из-за чего результаты анализа ПО напрямую зависят от уровня квалификации и опыта аналитика;
2. неспособность автоматизировать процесс выявления содержания деструктивных частей кода (классифицировать программы) из-за чего тратится большое количество времени на анализ программ.

Цель работы

Для того чтобы устранить недостатки классических методов и инструментов анализа ПО, необходимо проводить исследования в данной области и разрабатывать новые, более эффективные методы. В данной статье предлагается метод анализа ПО на наличие вредоносного кода, основанный на специальных алгоритмах машинного обучения (далее — МО) с использованием достаточно популярного и универсального инструмента YARA.

Описание технологии Yara

YARA применяется в таких компаниях, как Kaspersky, Avast, Virus Total, Group-IB. Данная технология позволяет автоматизировать процесс анализа ПО при помощи уникальных правил, которые представляют собой специальные условные конструкции, включающие в себя текстовые или двоичные шаблоны. Эти шаблоны формирует аналитик на основе своих критериев по результату анализа программ. Например, можно создать правило YARA, которое позволит автоматически выявлять к какому семейству относится исследуемое ПО. Однако, формирование данных правил занимает продолжительный промежуток времени из-за анализа большого числа образцов вредоносного кода и составления специальной метрики для формирования правил. Потому для автоматизации процесса анализа образцов вредоносного ПО и формирования правил YARA необходимо воспользоваться специальными алгоритмами МО.

Описание модели МО

Существует большое множество методов, на которых основываются современные модели МО. Например, в работах [13, 14] рассматриваются такие алгоритмы, как наивный байесовский алгоритм, метод Rocchio, k-NN, SVM, дерево решений, нейронные сети, генетические алгоритмы и т.д. Данные методы обучения модели МО применяются для классификации текста на специальные группы (классы) на основании вероятностной оценки применяемого метода. Для формирования автоматизированной системы был выбран наивный байесовский метод обучения модели МО из-за простоты в реализации, скорости работы и высокой точности данного метода [14].

Наивный байесовский алгоритм — это алгоритм, который позволяет сопоставлять входной текст к наиболее вероятной категории по определенным признакам при помощи теоремы Байеса. Суть работы данного алгоритма заключается в следующем: пусть у нас есть определенный набор категорий $(C_1, C_2, C_3, \dots, C_n)$ и текст D , состоящий из множества слов $(d_1, d_2, d_3, \dots, d_k)$. В таком случае по теореме Байеса можно определить вероятность того,

что данный текст D принадлежит определенному классу C_i по следующей формуле:

$$P\left(\frac{C_i}{D}\right) = \frac{P(C_i) \times P\left(\frac{D}{C_i}\right)}{P(D)},$$

где $P(C_i)$ — априорная вероятность того, что текст D принадлежит категории C_i без предварительного анализа текста; $P\left(\frac{D}{C_i}\right)$ — вероятность существования текста D при условии, что он принадлежит категории C_i ;

$P(D)$ — коэффициент масштабирования.

Для формирования правила YARA предварительно преобразуем код рассматриваемой программы в hex формат. В таком случае в качестве примеров хорошего (первая категория) и вредоносного (вторая категория) ПО будут выступать их hex-формы. После обучения модели она будет способна сформировать правило YARA на основе наиболее вероятных hex-пар для конкретного семейства вредоносных программ, однако для этого ей нужно вручную задать два параметра:

1. число взятых hex-пар — это количество наиболее вероятных hex-пар для вредоносного ПО, на основании которых формируется правило YARA;
2. количество элементов в правиле — это число логических конструкций в правиле.

В таком случае процесс обучения модели и формирования правил YARA можно интерпретировать как процесс, представленный на рисунке.



Рис. 1. Процесс формирования правил YARA

Метрика оценки

Для возможности оценки ПО можно ввести коэффициент n , который будет представлять собой количество срабатываний правил YARA на одну hex-пару исследуе-

мого кода. Данный коэффициент будет рассчитываться по следующему правилу:

$$n = \frac{N_y}{N}$$

где N — общее число hex-пар в анализируемом коде, N_y — число срабатываний правила YARA;

Результаты

На основе предложенного алгоритма была реализована модель МО при помощи языка программирования Python версии 3.10. После чего произведено обучение данной модели на некоторых примерах вредоносного ПО — троянов. Также во время обучения вручную были проставлены значения числа hex-пар и количества элементов в правиле. В результате чего были сформированы 3 YARA-правила. Для каждого из них были рассчитаны значения коэффициента n относительно обычных кодов и вредоносных. Результативные данные можно представить в виде следующей таблицы.

Таблица 1.

Результаты измерения коэффициента n

Число взятых hex-пар	Кол-во элементов в правиле	n для обычного кода	n для вредоносного кода
10	5	0.94	1.00
	10	0.94	1.02
	20	0.94	1.05
	40	0.94	1.10
13	5	0.85	0.97
	10	0.85	0.98
	20	0.85	1.01
	40	0.85	1.03
16	5	0.63	0.91
	10	0.63	0.92
	20	0.63	0.94
	40	0.63	0.96

Вывод

В таблице представлены значения коэффициента n в зависимости от числа взятых hex-пар, количества элементов в правиле, а также от типа ПО. Как можно наблюдать из полученных результатов, значение n практически не меняется для случая обычного кода, но для числа hex-пар, равным 10, оно практически равно значению n вредоносного кода, что никак не позволяет сделать какую-либо оценку. Однако для значения hex-пар — 16 разница между значением n вредоносного и обычного кода очень заметна.

В таком случае можно предложить следующий алгоритм анализа исследуемого кода:

Пусть у нас имеется некоторый код, который мы хотим проанализировать и выяснить, является ли он вредоносным. Для этого необходимо:

1. перевести исследуемый код в hex-форму;
2. задать параметры модели — 16 hex-пар и 20 чисел в правиле (самый оптимальный вариант);
3. получить соответствующее YARA правило и применить его на исследуемом коде;
4. рассчитать значение коэффициента n ;
5. сравнить значение данного коэффициента со значением 0.75. Если полученное из шага 4 значение будет меньше предложенного, то данный код с большой вероятностью не вредоносный, иначе же можно сказать, что данное ПО может нести деструктивный характер.

Здесь значение 0.75 получилось в результате большого числа экспериментов, которые показали, что значение коэффициента n для обычного ПО не превышает данного порога, в то время как для вредоносного не опускается ниже него.

Также стоит уточнить, что пункты 2 и 3 могут быть реализованы заранее при помощи любой базы данных. Для этого необходимо сформировать YARA-правила для каждого из типа вредоносного ПО. После чего поместить данные правила в базу данных. В таком случае алгоритм анализа исследуемого кода будет выглядеть следующим образом:

1. перевести исследуемый код в hex-форму;
2. взять из базы данных все правила YARA;
3. рассчитать несколько значений коэффициента n ;
4. сравнить полученные значения со значением порога 0.75. Если хотя бы одно из них больше порога, то сделать вывод о том, что данный код является вредоносным.

Заключение

Представленный метод анализа программ на наличие вредоносного кода с применением методов машинного обучения и правил YARA показал свою эффективность в обнаружении различных семейств вредоносных программ. Данный метод основан на использовании предварительного преобразования кода программы в hex-формат и обучения модели на основе хорошего и вредоносного ПО. После обучения модель может сформировать правило YARA на основе наиболее вероятных hex-пар для конкретного семейства вредоносных программ.

Данный метод имеет преимущества в сравнении с традиционными методами анализа вредоносных программ,

так как он позволяет автоматически создавать правила YARA, что экономит время и усилия специалистов по информационной безопасности. Кроме того, использование методов машинного обучения позволяет увеличить точность обнаружения вредоносных программ.

В дальнейшем, данный метод может быть усовершенствован и расширен путем использования более сложных алгоритмов машинного обучения и учета других характеристик программного кода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шабловский, Я.К. Обзор технологии SOC (Security Operations Center) / Я.К. Шабловский, А.М. Гельфанд // — 2021. — № 33. — С. 1316–1321. — EDN SSXUNS.
2. Интернет вещей (IoT): угрозы безопасности и конфиденциальности / А.М. Гельфанд, А.А. Казанцев, А.В. Красов, В.Р. Уляшева // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании : сборник научных статей: в 4х томах, Санкт-Петербург, 24–25 февраля 2021 года / Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича. Том 1. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2021. — С. 215–220. — EDN TFJHNA.
3. Области применения аналитики больших данных в критических информационных инфраструктурах / А.М. Гельфанд, А.А. Казанцев, С.А. Кузнецов, Д.Н. Смирнов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2022): Сборник научных статей XI Международной научно-технической и научно-методической конференции. В 4-х томах, Санкт-Петербург, 15–16 февраля 2022 года / Под редакцией А.В. Шестакова, сост. В.С. Елагин, Е.А. Аникевич. Том 4. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2022. — С. 438–440. — EDN VCJXDG.
4. Израилов К.Е. Анализ состояния в области безопасности программного обеспечения // В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. II Международная научно-техническая и научно-методическая конференция. 2013. С. 874–877. EDN: SMCVQZ
5. Цифровые технологии и проблемы информационной безопасности / Т.И. Абдуллин, В.Д. Баев, М.В. Буйневич [и др.]; Под редакцией Е.В. Стельмашонок, И.Н. Васильевой. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2021. — 163 с. — ISBN 978-5-7310-5243-6. — EDN NXZPBQ.
6. Манжуева, О.М. Современные проблемы информационной безопасности / О.М. Манжуева // Тенденции развития науки и образования. — 2022. — № 87–7. — С. 144–146. — DOI 10.18411/trnio-07-2022-303. — EDN PPIOCD.
7. Защита информации в компьютерных системах / М.В. Буйневич, И.Н. Васильева, Т.М. Воробьев [и др.]. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2017. — 163 с. — ISBN 978-5-7310-4070-9. — EDN YLGBGO.
8. Артеc, Н.О. Сравнительный анализ взаимодействия разных видов вредоносных программ на систему «Windows» / Н.О. Артеc, С.М. Елсаков // Южно-Уральская молодежная школа по математическому моделированию: Сборник трудов II всероссийской научно-практической конференции, Челябинск, 28–29 мая 2015 года / Под редакцией Ю.М. Ковалева. Том 2. — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. — С. 11–18. — EDN UHDTFF.
9. Защита программ и данных. Часть 1. Способы анализа: учебное пособие / М.В. Буйневич, К.Е. Израилов, А.В. Красов; СПбГУТ. — СПб., 2020. — 72 с.
10. Буйневич, М.В. Сравнительный анализ подходов к поиску уязвимостей в программном коде / М.В. Буйневич, К.Е. Израилов, Д.И. Мостович // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании : сборник научных статей V международной научно-технической и научно-методической конференции, Санкт-Петербург, 10–11 марта 2016 года. Том 1. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2016. — С. 256–260. — EDN WZILNF.
11. Буйневич, М.В. Основы кибербезопасности: способы защиты от анализа программ: Учебное пособие для обучающихся высших учебных заведений по укрупненной группе специальностей и направлений «Информационная безопасность» / М.В. Буйневич, К.Е. Израилов. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева, 2022. — 76 с. — ISBN 978-5-907489-43-1. — EDN YFDEZH.
12. Буйневич, М.В. Основы кибербезопасности: способы анализа программ: Учебное пособие для обучающихся высших учебных заведений по укрупненной группе специальностей и направлений «Информационная безопасность» / М.В. Буйневич, К.Е. Израилов. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева, 2022. — 92 с. — ISBN 978-5-907489-42-4. — EDN ELHJZG.
13. Дементьев, В.Е. Выбор алгоритмов машинного обучения для классификации текстовых документов / В.Е. Дементьев, С.Х. Киреев // Техника средств связи. — 2022. — № 2(158). — С. 22–52. — EDN XVIVUX.
14. Применение алгоритмов машинного обучения для обнаружения вредоносных программ в операционной системе Windows с помощью PE-заголовка / Д.Ч. Ле, М.Х. Фам, Ч.З. Динь, Х.Ф. До // Информационно-управляющие системы. — 2022. — № 4(119). — С. 44–57. — DOI 10.31799/1684-8853-2022-4-44-57. — EDN YFIBQJ.

© Пономарев Николай Александрович (nikaron13@gmail.com), Таров Евгений Викторович (tarov25@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА САЙТОВ НА ПРЕДМЕТ УТЕЧКИ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ

WEBSITE ANALYSIS SOFTWARE DEVELOPMENT FOR THE LEAKAGE OF PERSONAL DATA

D. Purtov
V. Purtov
K. Shmitko
A. Rusakov
A. Melnikov
V. Filatov

Summary: This article presents a study on developing a software tool, Web-PD-Scanner, which aims to analyze web pages in HTML format to detect potential personal data leakage. The article provides an overview of modern software tools for parsing web resources, as well as a review of HTML-page parsing technologies and their limitations. The relevance of the proposed study is substantiated, and the object, subject of research, scope, and limitations of the software are defined. The main tasks to be performed by the software are formulated, and various mathematical methods, algorithms, and software tools that can be used to develop the Web-PD-Scanner software are identified. The article concludes that a hybrid approach that combines rule-based algorithms and machine learning is the most effective solution for detecting leaks of personal data on websites. The next stage of the research involves defining a model for storing aggregated personal data and selecting specific methods and algorithms for developing the Web-PD-Scanner software. This study provides valuable insights for researchers and practitioners interested in developing software tools for analyzing web pages for personal data leakage.

Keywords: web scraping, data mining, HTML parsing, personal data protection, software development.

Пуртов Даниил Владимирович

МИРЭА — Российский технологический университет
danpurtov@gmail.com

Пуртов Владимир Сергеевич

арт-директор, ООО «Элотра»
purtovdv3176@gmail.ru

Шмитко Кирилл Андреевич

МИРЭА — Российский технологический университет
shmitkokirill@gmail.com

Русаков Алексей Михайлович

старший преподаватель,
МИРЭА — Российский технологический университет
rusal@bk.ru

Мельников Алексей Олегович

доцент, МИРЭА — Российский технологический
университет
melnikov.aleksey@gmail.com

Филатов Вячеслав Валерьевич

доцент, МИРЭА — Российский технологический
университет
filv@mail.ru

Аннотация: В данной статье представлено исследование по разработке программного инструмента Web-PD-Scanner, предназначенного для анализа веб-страниц в формате HTML с целью обнаружения потенциальной утечки персональных данных. В статье представлен обзор современных программных средств для парсинга веб-ресурсов, а также обзор технологий парсинга HTML-страниц и их ограничений. Обосновывается актуальность предлагаемого исследования, определяются объект, предмет исследования, область применения и ограничения программного обеспечения. Сформулированы основные задачи, решаемые программным обеспечением, и определены различные математические методы, алгоритмы и программные средства, которые могут быть использованы для разработки программного обеспечения Web-PD-Scanner. В статье делается вывод о том, что гибридный подход, сочетающий алгоритмы на основе правил и машинное обучение, является наиболее эффективным решением для обнаружения утечек персональных данных на веб-сайтах. Следующий этап исследования предполагает определение модели хранения агрегированных персональных данных и выбор конкретных методов и алгоритмов разработки программного обеспечения Web-PD-Scanner. Это исследование предоставляет ценную информацию для исследователей и практиков, заинтересованных в разработке программных инструментов для анализа веб-страниц на предмет утечки личных данных.

Ключевые слова: скраппинг веб-страниц, интеллектуальный анализ данных, синтаксический анализ HTML, защита персональных данных, разработка программного обеспечения.

Глобальная сеть Интернет (далее — интернет) — важнейший источник информации для всех сфер жизни: СМИ, коммерции, образования, развлечений, медицины и других. Кроме визуального доступа к информации в интернете, для различных задач требуется автоматизированная загрузка и обработка — веб-агрегация данных.

Примерами задач веб-агрегации данных являются следующие:

- а) новостные агрегаторы (Яндекс Дзен) — электронные СМИ, публикующие новостные статьи из различных источников;
- б) электронные торговые площадки (Ali Express, eBay) — онлайн-рынки, выступающие посредниками в торговых сделках;
- в) исследовательские и аналитические проекты, собирающие однотипные данные с целью их сопоставления и исследования.

В процессе веб-агрегации могут возникнуть проблемы технической реализации:

- загрузка данных требует много времени;
- информация может быть разнородной, то есть, иметь различные форматы в разных источниках, что требует предварительной унификации данных перед их обработкой;
- интерфейсы для загрузки данных из разных источников могут отличаться, что требует реализации отдельного программного модуля для каждого источника.

Таким образом, в связи с постоянным и быстрым ростом объема информации в интернете, актуальной становится проблема веб-агрегации данных.

В настоящей дипломной работе по теме «Разработка программного обеспечения для анализа сайтов на предмет утечки персональных данных» предлагается способ автоматической агрегации данных из открытых веб-ресурсов, позволяющий решить перечисленные выше проблемы программной реализации.

Основные понятия

Бот — программа-робот, выполняющая какие-либо рутинные процедуры по сбору данных или автоматизированному ведению диалога с пользователями.

Веб-агрегация данных — процесс загрузки и обработки разнородных данных из веб-ресурсов.

Веб-ресурс — ресурс, размещенный в интернете: портал, сайт, веб-служба, база данных, позволяющий каким-либо образом загружать из него данные, в том числе, непосредственно веб-страницу в формате HTML.

Капча — защитная функция на сайте, позволяющая идентифицировать пользователя как человека, а не бота, для доступа к определенным данным или функциям.

Парсер — программа (программный модуль, скрипт), выполняющий парсинг данных.

Парсинг — обработка данных, загруженных из веб-ресурса: синтаксический анализ текстового документа с целью преобразования в структурированный формализованный вид (например, парсинг HTML в JSON).

Персональные данные — личные сведения о каком-либо физическом или юридическом лице, которые могут предоставляться другим лицам.

HTML-парсинг — парсинг веб-страниц в формате HTML.

Парсить — выполнять парсинг.

Скрипт — короткая программа, сценарий, обычно для загрузки и выполнения на клиентском устройстве.

Парсинг сайтов.

Общие понятия о парсинге сайтов

Парсинг сайтов позволяет компаниям автоматизировать процессы веб-агрегации данных в интернете, используя ботов или автоматические скрипты, называемые «обходчиками» веб-страниц, автоматически собирающими данные или веб-сборщиками (web crawlers). В связи с этим, парсинг сайтов иногда называют «обходом (сканированием) интернета» или «скрейпингом данных».

Процесс парсинга веб-сайтов включает в себя отправку запросов на получение веб-страницы и извлечение из нее машиночитаемой информации, то есть синтаксический анализ разметки HTML и преобразование ее в структурированный формализованный вид.

Цели парсинга

Цели парсинга сайтов могут быть различными:

- а) технический анализ сайта в процессе SEO-оптимизации;
- б) анализ семантической информации сайта ботами поисковых систем;
- в) анализ семантической информации сайта ботами агрегаторов;
- г) анализ сайта в рекламных и бизнес-целях;
- д) технический анализ сайта для проведения каких-либо исследований.

Рассмотрим некоторые из них.

Технический парсинг сайта, которым в основном пользуются SEO-специалисты, используется для анализа работы сайта по различным критериям:

- поиск ошибок в разметке HTML;
- поиск неверных ссылок и некорректных редиректов;
- выявление проблем с мета-тегами и заголовками 1;
- анализа корректности содержимого файла robots.txt;
- проверка микроразметки на сайте;
- обнаружение нежелательных страниц, которые открыты для индексации;
- анализ размеров изображений, скриптов и скорости загрузки страниц;
- прочие технические задачи.

На основе полученных данных специалист составляет технические задания для устранения выявленных проблем с сайтом.

Анализ сайта в рекламных и бизнес-целях может включать следующие задачи:

- сбор информации об ассортименте конкурентов;
- парсинг названий товаров, артикулов, цен и прочего для наполнения своего собственного интернет-магазина. Это может быть как разовая задача, так и на основе регулярного мониторинга;
- анализ структуры сайтов-конкурентов с целью улучшения и развития собственной структуры.

Алгоритм парсинга

Парсинг выполняется с помощью специальных скриптов или программных модулей.

Обобщенный алгоритм парсинга сайта (см. Рисунок 1) включает следующие действия:

- 1) поиск необходимых данных в исходном файле;
- 2) извлечение данных с отделением от программного кода;
- 3) формирование структурированного отчета из выделенных данных.



Рис. 1. Общий вид процесса парсинга веб-страницы

Отчет обычно сохраняется в виде JSON или CSV-файла.

Парсинг выполняется чаще всего на основе XPath-запросов — технологии, которая позволяет обращаться к определенному участку кода страницы и извлекать из него информацию по заданному критерию.

Обзор современных парсеров данных

В ходе анализа рынка существующих программных средств, выполняющих парсинг и веб-агрегацию данных, были выделены следующие, обзор которых представлен ниже.

Веб-парсер Octoparse

Octoparse — бесплатный, но функциональный веб-парсер, который используется для обработки различных типов данных из веб-ресурсов. Он позволяет извлекать данные с сайтов со сложной выдачей блоков данных, которые используют собственные встроенные инструменты Regex. Данный парсер использует инструмент XPath, а также собственные прокси-серверы с автоматической сменой IP-адресов, позволяющие обходить блокираторы.

Octoparse предлагает использовать готовые шаблоны для парсинга популярных сайтов: Amazon, Yelp, Tripadvisor и т.д.

Достоинствами Octoparse являются:

- большой функционал парсинга;
- возможность бесплатного использования;
- простота настройки параметров парсинга (достаточно указать URL страницы и ключевые слова для поиска).

Сервис Scraper API

Scraper API предоставляет платный прокси-сервис, предназначенный для парсинга данных из веб-ресурсов.

Данный парсер также использует тысячи собственных и сторонних прокси-серверов с автоматической сменой IP-адресов, позволяющие обходить блокираторы.

Работа с парсером производится через API. Для загрузки HTML страницы вызывается соответствующая функция API с указанием URL страницы.

Scraper API позволяет обрабатывать некоторые виды капчи.

Данный парсер используется обычно для мониторинга цен конкурентов, билетов, парсинга социальных сетей и т.д.

Программа для парсинга ScrapingHub

Scrapinghub — платная облачная программа для парсинга, использующая инструмент Crawlera — смарт-прокси-ротатор с функциями обхода защиты от ботов.

Работа с парсером производится с помощью API.

Scrapinghub предоставляет набор инструментов, каждый из которых можно оплатить отдельно.

Платформа Mozenda

Mozenda — это корпоративная облачная платформа для парсинга. Она состоит из двух частей: приложения для создания проекта извлечения данных и веб-консоли для запуска агентов, организации результатов и экспорта данных.

Mozenda также предоставляет доступ к API для получения данных и имеет встроенные интеграции с системами хранения и обмена файлов, такими как FTP, Amazon S3, Dropbox и другими. Данные экспортируются в форматы CSV, XML, JSON или XLSX.

Mozenda позволяет эффективно обрабатывать большие объемы данных.

Использование данной платформы требует обладания навыками программирования выше базовых.

Инструмент ScrapingBee

ScrapingBee — это инструмент для парсинга данных из веб-ресурсов на основе API, поддерживающий библиотеки для различных языков программирования.

Данный парсер использует динамическое переключение прокси-серверов, временные задержки и запросы без заголовков, имитируя работу браузера, с целью обхода блокировок от ботов.

Динамическая смена прокси-серверов позволяет обеспечивать высокую скорость доступа.

Инструмент ParseHub

ParseHub — это программный инструмент в виде расширения для браузера Firefox с несложным графическим интерфейсом, позволяющий извлекать данные с сайтов и сохранять их в структурированном виде в формате JSON, CSV или Google Sheets.

Визуализацию данных, полученных с помощью данного парсера, можно выполнять в Tableau.

ParseHub может обрабатывать интерактивные карты, календари, поиск, форумы, вложенные комментарии,

бесконечную прокрутку, аутентификацию, выпадающие списки, формы, Javascript, Ajax и др.

Бесплатная версия парсера имеет ограничение в пять проектов с 200 страницами за запуск. Платная подписка обеспечивает 20 проектов с 10000 страниц на сканирование и ротацию IP.

Инструмент Easy Web Extract

Easy Web Extract (компании Web2Mine) — парсер данных из веб-ресурсов, разработанный на технологии .NET, позволяет применять встроенные скрипты преобразования данных (C#, VB, JS).

Easy Web Extract позволяет экспортировать выделенные данные файлы следующих типов: CSV (Excel), TXT (текст), XML, HTML, MS Access DB, SQL, файл сценария MySQL, форму отправки HTTP и источник данных ODBC.

Easy Web Extract позволяет выполнять парсинг одновременно нескольких страниц, контента Ajax / JS.

Особенностью данного парсера является возможность генерации формы HTTP из данных сайта для использования формы в последующих запросах.

Обзор технологий парсинга HTML-страниц. Понятие парсинга HTML-страниц

HTML — язык разметки, используемый для создания веб-страниц. Парсинг HTML-страницы включает в себя извлечение данных из HTML-документа, которые могут содержать текст, изображения, ссылки и другие элементы.

Существуют различные методы и технологии, используемые для анализа HTML-страницы.

Технология DOM

Одним из наиболее часто используемых методов анализа HTML является подход с использованием объектной модели документа — DOM. Это независимый от платформы API, который представляет HTML-документ в виде дерева объектов. В древовидной структуре DOM можно перемещаться и управлять ею с помощью таких языков программирования, как JavaScript или Python. Подход DOM очень эффективен для анализа HTML-страниц и управления ими, поскольку обеспечивает стандартное иерархическое представление документа. [1]

Метод SAX

Другим методом анализа HTML является метод SAX (Simple API for XML). Этот подход считывает HTML-документ как поток событий, что позволяет обрабатывать документ в режиме реального времени. Подход

SAX эффективен для больших HTML-документов, поскольку он не загружает весь документ в память сразу. Вместо этого он обрабатывает документ последовательно, генерируя события для каждого обнаруженного элемента. [3]

Инструмент XPath

XPath — это язык запросов для XML-документов, который используется для навигации и выбора определенных элементов на HTML-странице. Синтаксис XPath позволяет выполнять сложные запросы, которые выбирают элементы на основе их атрибутов или положения в документе.[7] Использование XPath эффективно при анализе больших документов HTML или сложных структур HTML.

Регулярные выражения

Другой популярный подход к анализу HTML — использование регулярных выражений. Регулярные выражения представляют собой последовательность символов, определяющую шаблон поиска, и позволяют выполнять поиск конкретных шаблонов или элементов на HTML-странице. Регулярные выражения можно использовать для извлечения такой информации, как номера телефонов, адреса электронной почты и т.п.

Библиотека BeautifulSoup

BeautifulSoup — это библиотека Python, используемая для парсинга документов HTML и XML. Данная библиотека эффективна особенно при обработке плохо отформатированных HTML-страниц.[4]

Машинное обучение

Для анализа HTML страниц также применяются методы нейросетей с машинным обучением, позволяющие идентифицировать определенные элементы или шаблоны на HTML-странице.[2] Алгоритмы машинного обучения особенно эффективны при обработке больших объемов данных и могут использоваться для таких задач, как анализ тональности, распознавание изображений и классификация текста.

Проблемы парсинга HTML-страниц

Одной из проблем парсинга HTML-страниц является изменчивость HTML-кода. Различные сайты имеют отличающуюся структуру HTML-страниц, страницы на одном сайте могут постоянно меняться в результате доработок, могут изменяться версии HTML и CSS. Это затрудняет создание универсального подхода к синтаксическому анализу.

Для решения данной проблемы используются комбинация различных технологий парсинга одной и той же HTML-страницы, например: регулярные выражения — для выделения определенных шаблонов, XPath — для навигации по структуре HTML и алгоритмы машинного обучения — для идентификации изображений.

Постановка задачи

С ростом объемов информационных ресурсов и количества онлайн-площадок одновременно растет и число уязвимостей информации, в первую очередь персональных данных. Сегодня интернет становится всё менее анонимным, и почти все веб-ресурсы требуют регистрации и указания персональных данных. Чаще всего это имя, фамилия, номер телефона и адрес электронной почты. При покупках в интернете нам приходится указывать все реквизиты банковских карт, а для доставки — домашний адрес. Веб-ресурсы, выполняющие финансовые операции, и транспортные компании требуют, в соответствии с законодательством, указания паспортных данных. Веб-ресурсы, предоставляющие государственные услуги, требуют многих других персональных данных и реквизитов личных документов.

С тотальным распространением ресурсов, обладающих правами на обработку персональных данных, возрастает риск их утечки. Не все веб-ресурсы имеют надежные средства защиты информации. Но и защищаемые базы данных могут быть подвержены хакерским атакам. Помимо факторов безопасности цифрового доступа к данным, существуют и другие факторы риска, например, социальный: сотрудник компании, имеющий доступ к данным, может их выкрасть с целью продажи или другой целью.

Кроме небольшого, но неприятного ущерба для конкретной личности, данные стали предметом утечки, нарушение безопасности информации может иметь очень большие последствия, если утекли данные многих пользователей (иногда это миллионы), в том числе, для компании, допустившей утечку.

В зависимости от степени ущерба финансовые и репутационные убытки компании могут быть колоссальными. Например, в 2020 году компании Facebook (США) присудили пять миллиардов долларов компенсации за утечку данных десятков миллионов клиентов. Этот пример демонстрирует так же и то, что даже веб-ресурсы крупнейших компаний могут быть уязвимы.

В связи с этим, важность анализа веб-ресурсов (в первую очередь, сайтов) на предмет потенциальной утечки персональных данных постоянно возрастает.

Анализ сайтов на предмет утечек является первым этапом в системе обеспечения информационной без-

опасности веб-ресурсов. Анализ сайтов, также, позволяет предотвратить возможные утечки данных, заведомо выявить потенциальные уязвимости системы безопасности.

В результате эффективного анализа сайта на предмет утечек персональных данных владелец сайта может своевременно принять меры по устранению уязвимостей или улучшению системы безопасности информации. Это прежде всего позволит уберечь владельца и пользователей сайта от значительных финансовых убытков и репутационного ущерба.

Регулярные аналитические проверки веб-ресурсов на предмет потенциальной утечки персональных данных позволит выявить целостную картину уязвимостей информации такого рода, на основе которой станет возможным определение закономерностей, системных ошибок средств защиты информации. Данная деятельность может стать основой корректирования существующих и введения новых правил, стандартов и других законодательных документов, комплексных регулирующих мер, направленных на защиту персональных данных.

Таким образом, можно сделать вывод, что анализ сайтов на предмет утечки персональных данных является критически важным вопросом, имеющим серьезные последствия для отдельных лиц, организаций и общества в целом. Данный анализ позволяет предпринять упреждающие шаги для защиты данных, минимизировать потенциальный ущерб и способствовать созданию более безопасной онлайн-среды.

Целью настоящей статьи является описание процесса разработки и исследования ПО «Веб-ПД-Сканер», предназначенного для анализа веб-страниц в формате HTML на предмет утечки персональных данных.

Целью исследований ПО является определение исходных технических данных для разработки программных средств, предназначенных для защиты и предотвращения несанкционированного доступа к персональным данным.

ПО «Веб-ПД-Сканер» должно предоставлять инструменты для снижения рисков утечки и защиты личных данных. Разработка ПО включает соблюдение правил и стандартов конфиденциальности, таких как GDPR и ССРА, и обеспечение безопасного интерфейса пользователя.

ПО может включать разработку новых алгоритмов, библиотек и фреймворков для синтаксического анализа HTML и анализа данных, которые можно интегрировать в программные приложения.

ПО может, также, включать разработку новых методов визуализации данных, которые помогут разработчикам сайтов лучше понять потенциальные риски утечки данных и способы их устранения.

Исследование посвящено проектированию, разработке и внедрению программных инструментов и методов, предназначенных для защиты персональных данных и предотвращения несанкционированного доступа или кражи личной информации.

Таким образом, объектом исследования настоящей работы является процесс разработки ПО «Веб-ПД-Сканер», предназначенного для анализа веб-страниц в формате HTML на предмет утечки персональных данных.

Предметом исследования настоящей работы является ПО «Веб-ПД-Сканер», предназначенное для анализа веб-страниц в формате HTML на предмет утечки персональных данных.

Разработанные алгоритмы, библиотеки и фреймворки для синтаксического анализа HTML и анализа данных, методы визуализации данных, интерфейс пользователя, входящие в состав ПО, также являются предметом исследования.

Область применения и ограничения

Область применения ПО «Веб-ПД-Сканер» зависит от следующих ограничительных факторов.

1. Тип персональных данных.

Ограничение по типу персональных данных определяет набор данных, которые выделяет и обрабатывает ПО: номер телефона, адрес электронной почты, номер кредитной карты и т.д.

2. Структура веб-сайта.

Возможности анализа HTML-страниц со сложной структурой, например, с динамическим контентом или запросами AJAX, могут быть ограничены.

3. Хранение данных и безопасность.

Разрабатываемое ПО может не обеспечивать доступ к данным, которые хранятся в неподдерживаемом формате, зашифрованы или защищены иным образом.

4. Соответствие нормативным требованиям.

ПО должно быть разработано с учетом соответствующих правил и стандартов конфиденциальности, таких как GDPR и ССРА, и его применимость может быть ограничена, если оно не соответствует этим требованиям.

5. Ограничения вычислительных ресурсов.

ПО может быть ограничено в своей применимости, если для его эффективной работы требуются значительные вычислительные ресурсы или специализированное оборудование.

Перечисленные факторы ограничивают область применения ПО «Веб-ПД-Сканер», зависят от реализации ПО, структуры анализируемых сайтов и данных, но не влияют на его функционирование и основную цель — анализ веб-страниц в формате HTML на предмет утечки персональных данных.

Формализованная постановка задачи

ПО «Веб-ПД-Сканер» предназначено для предотвращения потенциальной утечки персональных данных на сайтах вследствие уязвимостей в системе безопасности сайта или непреднамеренного раскрытия конфиденциальной информации путем анализа веб-ресурса.

Основными проблемами для функционирования ПО при этом являются:

- а) динамический контент сайтов;
- б) наличие запросов AJAX;
- в) другие методы и технологии представления веб-страниц, затрудняющие анализ HTML-страниц и данных.

При разработке ПО необходимо учитывать правила и стандарты конфиденциальности, такие как GDPR и ССРА, предъявляющие требования к сбору, хранению и обработке персональных данных. Для этого следует включить разработку и внедрение функций по защите информации, таких как шифрование, минимизация данных и контроль доступа.

Предлагаемые методы решения

В результате проведенных исследований можно выделить следующие математические методы, алгоритмы и программные средства, которые могут быть использованы для разработки ПО «Веб-ПД-Сканер», предназначенного для анализа веб-страниц в формате HTML на предмет утечки персональных данных:

а) регулярные выражения — метод анализа HTML-страниц для извлечения необходимой информации путем сопоставления шаблонов в тексте. Недостатком их является сложность для написания и отсутствие возможности масштабирования для больших наборов данных;

б) библиотеки анализа HTML (например, BeautifulSoup и HtmlAgilityPack), предназначенные для анализа HTML-страниц на различных языках программирования и предоставляющие функции для навигации по объектной модели HTML-документа (DOM) и фильтрации данных на основе определенных критериев;

в) обработка естественного языка (NLP) — это область искусственного интеллекта, которая фокусируется на взаимодействии между естественным языком и компьютерами. Алгоритмы NLP можно использовать для идентификации и извлечения соответствующей информации из текста, включая персональные данные.[5] Недостатком алгоритмов NLP является потребность значительного объема данных, и возможность неточного определения для отдельных типов текста;

г) алгоритмы машинного обучения (ML) можно использовать для выявления потенциальных рисков утечки данных путем выявления закономерностей в данных, которые указывают на потенциальные уязвимости в безопасности сайта. Алгоритмы ML можно обучать на наборе данных известных уязвимостей, чтобы выявлять похожие закономерности в новых данных, а также использовать для классификации данных на основе определенных критериев, таких как идентификация персональных данных. Недостатком алгоритмов ML является потребность в значительных вычислительных ресурсах и объемах данных;

д) алгоритмы интеллектуального анализа данных можно использовать для выявления шаблонов в больших наборах данных, включая HTML-страницы. Алгоритмы интеллектуального анализа можно использовать для выявления общих шаблонов персональных данных, выбросов в данных, которые могут указывать на потенциальные риски утечки.[6] Недостатком алгоритмов интеллектуального анализа является потребность в значительных вычислительных ресурсах и, кроме того, они могут быть неэффективны для некоторых типов данных;

е) алгоритмы кластеризации можно использовать для группировки данных веб-страниц на основе определенных критериев, а также для выявления выбросов в данных, которые могут указывать на потенциальные риски утечки данных. Недостатком алгоритмов интеллектуального анализа является потребность в значительных вычислительных ресурсах;

ж) алгоритмы анализа тональности можно использовать для определения тона и тональности текста, в частности, для выявления текста, который может указывать на потенциальные риски утечки данных, например негативные комментарии о безопасности сайта или личных данных. Однако алгоритмы анализа тональности могут быть неточными для всех типов текста, и для их эффективности может потребоваться значительный объем данных;

з) алгоритмы сетевого анализа можно использовать для анализа структуры сетей сайтов и выявления потенциальных рисков утечки данных путем выявления доменов сайтов, которые могут быть связаны с утечкой данных, или для выявления ссылок на сайты, которые могут привести к потенциальным рискам. Недостатком алгоритмов сетевого анализа является потребность в значительных вычислительных ресурсах;

Таким образом, существует несколько математических методов, алгоритмов и программных средств, которые можно использовать для разработки ПО «Веб-ПД-Сканер». Очевидно, что наиболее эффективным решением для обнаружения утечек персональных данных на сайтах является сочетание алгоритмов на основе правил и машинного обучения.

Выбор метода будет зависеть от конкретных требований к ПО и характеристик анализируемых данных.

Заключение

В данном разделе описаны результаты исследований методов, алгоритмов и средств парсинга веб-ресурсов.

В результате проведенных исследований установлено, что наиболее эффективным решением для обнаружения утечек персональных данных на сайтах является гибридный подход, сочетающий алгоритмы на основе правил и машинного обучения.

На следующем этапе предполагается определить модель для хранения агрегированных персональных данных и выбрать конкретные методы и алгоритмы для разработки ПО «Веб-ПД-Сканер» анализа веб-страниц в формате HTML на предмет утечки персональных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гладкова Е.С. Обзор методов парсинга веб-страниц // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 6. С. 120–123.
2. Сорокин А.Н., Родионов Д.А. Применение нейросетей и машинного обучения для анализа содержания веб-страниц // Современные информационные технологии и ИТ-образование: Сборник научных трудов. 2018. Т. 14. №. 2. С. 52–57.
3. Камаев В.Н., Попова И.В. Анализ методов обработки HTML-документов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2020. Т.20, № 6. С. 1177–1182.
4. Сагдеев, Р.В., & Газизов, Р.Ш. (2019). Инструменты и методы парсинга web-страниц. Электронный научный журнал, 9(3), 15–24.
5. Кузнецова Н.В. Извлечение персональных данных из текстовых источников // Проблемы современной науки и образования. 2017. №. 6-2. С. 272–276.
6. Кузнецов, А.В. Применение методов анализа данных для выявления персональных данных на веб-страницах [Электронный ресурс] / А.В. Кузнецов, И.М. Петров, Д.В. Кравченко // Молодежь и наука: актуальные вопросы науки и образования: сборник статей по материалам II международной (интернет) конференции молодых ученых и студентов. Хабаровск, 2020. С. 200–204. URL: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/343/17430/>
7. Митчелл Р. «Web-скрапинг на Python. Сбор данных с помощью BeautifulSoup и Scrapy». М.: ДМК Пресс, 2018. С. 47–48.

© Пуртов Даниил Владимирович (danpurtov@gmail.com), Пуртов Владимир Сергеевич (purtovdv3176@gmail.ru), Шмитко Кирилл Андреевич (shmitkokirill@gmail.com), Русаков Алексей Михайлович (rusal@bk.ru), Мельников Алексей Олегович (melnikov.aleksey@gmail.com), Филатов Вячеслав Валерьевич (filv@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ СОЗДАНИЕ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

AUTOMATED CREATION OF EDUCATIONAL AND METHODOLOGICAL DOCUMENTATION

*E. Semenova
V. Samokhina*

Summary: All specialists in educational and methodological work face the writing and editing of the same type of Microsoft Office documents. Every year, each providing department of the TI (f) NEFU should develop an educational and methodological complex of the discipline: work programs of disciplines, practices, state final certification, electives, evaluation funds, electronic educational and methodological complexes of disciplines, etc., and post all information on the educational institution's website before the first of September. The most common problems with the approval of the educational and methodological complex are errors in the design of the title page, as well as there are situations in which the approval sheets do not correspond to the established template. Preparing approval sheets takes a huge amount of time. The developed program allows you to optimize this process, reducing the time for writing it to a minimum.

Keywords: Microsoft Office, educational and methodological documentation, development, software, C#.

Семенова Екатерина Олеговна

Северо-Восточный федеральный университет
имени М.К. Аммосова
ea.agababyan@s-vfu.ru

Самохина Виктория Михайловна

Кандидат педагогических наук, доцент,
Северо-Восточный федеральный университет
имени М.К. Аммосова в г. Нерюнгри
vsamokhina@bk.ru

Аннотация. С написанием и редактированием однотипных документов Microsoft Office сталкиваются все специалисты по учебно-методической работе. Ежегодно каждая обеспечивающая кафедра ТИ (ф) СВФУ должна разработать учебно-методический комплекс дисциплины: рабочие программы дисциплин, практик, государственной итоговой аттестации, факультативов, фонды оценочных средств, электронные учебно-методические комплексы дисциплин и пр., и разместить всю информацию на сайте образовательного учреждения до первого сентября. Наиболее частыми проблемами при утверждении учебно-методического комплекса являются ошибки в оформлении титульного листа, а также встречаются ситуации, при которых листы утверждений не соответствуют установленному шаблону. Подготовка листов утверждений занимает огромное количество времени. Разработанная программа позволяет оптимизировать этот процесс, сведя время на его написание к минимуму.

Ключевые слова: Microsoft Office, учебно-методическая документация, разработка, программное обеспечение, C#.

Создание документа Word, строиться на каком-либо шаблоне. Шаблон Word может содержать в себе текст, код, стили, панель инструментов, и другие элементы. Создаваемый документ связывается с шаблоном и получает полный доступ к его элементам. Если не указан конкретный шаблон, то новый документ создается на основе стандартного шаблона.

Шаблон — это тип документа, при открытии которого создается его копия. Шаблоны удобны тем, что его можно заполнить только необходимыми данными, не создавая структуру документа программно (макет страницы, шрифт, поля и стили). При сохранении такого документа, он сохраняется отдельно от шаблона, на котором он основан. Шаблон может хранить в себе все необходимые разделы, обязательный текст и элементы управления содержимым документа. Шаблон документа может содержать «ключи», по которым происходит поиск и замена ключа на нужные данные.

Для работы с приложением Microsoft Word в .NET, используется объект Application, который представляет из себя родоначальника всех остальных объектов. Ссылаясь на Application можно работать с большим набором

его методов и свойств, позволяющих программным методом управлять Microsoft Word.

Для открытия существующего или создания нового документа необходим объект Document. При выполнении операций в пользовательском интерфейсе Word, выделяется соответствующая секция с помощью объекта Selection. Данный объект определяет текущую позицию курсора и применяет к ней новый параметр форматирования с использованием объекта Range. Range представляет собой область в документе и включает в себя символы, таблицы, закладки и многое другое.

При работе с приложением Word в памяти компьютера создается отдельный процесс, если его не закрыть или не вывести созданный документ на экран, то он будет работать до выключения компьютера. Так же при постоянной работе с такими документами, их процессы будут накапливаться незаметно для пользователя, что может привести к зависанию компьютера или другим неприятным последствиям.

Ранее разработанная программа «Учебно-методическая документация» [1], была доработана путем изменения интерфейса и добавления новых функций.

Также во время научно-исследовательской работы был расширен функционал программы. В нее были добавлены функции для автоматизированного создания следующих документов:

1. Договор о практической подготовке;
2. Инструктаж по технике безопасности;
3. Представление на практику;
4. Титульный лист рабочей программы дисциплины;
5. Титульный лист рабочей программы практики;
6. Титульный лист программы государственной итоговой аттестации;
7. Листы утверждения фонда оценочных средств;
8. Листы утверждения электронного учебно-методического комплекса дисциплины.

При создании функции «Создание РПД» был проанализирован макет рабочей программы дисциплины и подготовлен шаблон, на основе которого будет происходить генерация документов. В шаблоне были расставлены ключи, по которым будет происходить его поиск и замена на данные, содержащиеся в базе данных.

База данных представляет собой табличный документ, содержащий в себе все необходимые данные для генерации документов. Поля входящие в Excel представлены в таблице 1.

Таблица 1.

База данных

Номер столбца	Поле	Примечания
0	Группа	—
1	Уровень образования	Бакалавриат / Специалитет
2	Направление подготовки / специальности	Шифр и наименование
3	Направленность (профиль) программы	—
4	Форма обучения	Очная / заочная / очно-заочная
5	Вид документа	Рабочая программа дисциплины / рабочая программа практики / программа итоговой государственной аттестации / факультатив
6	Шифр дисциплины	—
7	Наименование дисциплины	—
8	Ссылка на курс в Moodle	Moodle — электронная информационно-образовательная среда
9	Заголовок курса в Moodle	
10	Эксперт со стороны выпускающей кафедры	ФИО, должность

Номер столбца	Поле	Примечания
11	Эксперт со стороны обеспечивающей кафедры	ФИО, должность
12	Автор	ФИО, должность
13	Автор	ФИО, должность (в родительном падеже)
14	E-mail автора	—
15	Кафедра разработчика	Сокращенное название
16	Заведующий кафедрой разработчика	ФИО
17	Ответственный за учебно-методическую работу на кафедре разработчика	ФИО
18	Выпускающая кафедра	Сокращенное название
19	Заведующий выпускающей кафедрой	ФИО
20	Специалист учебно-методического отдела	ФИО
21	Председатель учебно-методического совета	ФИО
22	Заведующий библиотекой	ФИО
23	Год	-

Источник: Составлено автором на основании разработанной базы данных

Шаблон титульного листа рабочей программы дисциплины включает в себя следующие ключи: группа, уровень образования, направление подготовки / специальности, направленность (профиль) программы, форма обучения, вид документа, шифр дисциплины, наименование дисциплины, автор, e-mail автора, кафедра разработчика, заведующий кафедрой разработчика, выпускающая кафедра, заведующий выпускающей кафедрой, специалист учебно-методического отдела, председатель учебно-методического совета, заведующий библиотекой и год.

После создания необходимых локальных переменных и объектов Application, Document, Range и. В переменную nameFile сохраняется полное наименование файла, проводится проверка существования файла и вычисляется количество строк в базе данных, выведенной в dataGridView (фрагмент кода представлен ниже) (рис. 3).

После чего на форму приложения в label выводиться сообщение о начале создания титульных листов рабочих программ дисциплин и запускается цикл for проходящий по всем строкам dataGridView. Во время выполнения цикла при помощи оператора if на основе шаблона создаются новые документы для строк, которые в поле

«Вид документа» помечены как «РПД». Далее с помощью Range программа получает доступ к контенту шаблона и начинает поиск и замену ключей, расставленных в документе (фрагмент кода представлен ниже) (рис. 4).

```
using applicationWord = Microsoft.Office.Interop.Word.
Application;
using documentWord = Microsoft.Office.Interop.Word.
Document;
using Range = Microsoft.Office.Interop.Word.Range;
...
private void button11_Click(object sender, EventArgs e) {
...
string fileName = "C://Users//Public//УМД//Шаблоны//
Макет РПД 2022.docx"; // Полное наименование файла
(шаблона)
var helper = new WordHelper(fileName); // Проверка
существования файла
var app = new applicationWord(); // Инициализация объ-
екта application
var document = new documentWord(); // Инициализа-
ция объекта document
int row = dataGridView4.RowCount; // Получаем количе-
ство строк в dataGridView
```

Источник: составлено автором

Рис. 3. Фрагмент кода программы

```
document = app.Documents.Add(fileName); // Создание
документа Word на основе шаблона
var range = document.Content; // Получение доступа
к содержимому документа
...
// Поиск и замена
range.Find.Execute(FindText: "{Code_discipline}",
ReplaceWith: Convert.ToString(dataGridView4.Rows[i].
Cells[Code_discipline].Value), Replace: wdReplaceAll);
range.Find.Execute(FindText: "{Name_discipline}",
ReplaceWith: Convert.ToString(dataGridView4.Rows[i].
Cells[Name_discipline].Value), Replace: wdReplaceAll);
...
```

Источник: составлено автором

Рис. 4. Фрагмент кода программы

Далее файл, созданный на основе шаблона, сохраняется на компьютере с названием, состоящим из шифра дисциплины, наименования дисциплины и группы. После чего происходит закрытие документа и потока app. При работе с приложением Word в памяти компьютера создается отдельный процесс, если его не закрыть или не вывести созданный документ на экран, то он будет работать до выключения компьютера. Так же при постоянной работе с такими документами, их процессы будут накапливаться незаметно для пользователя, что может привести к зависанию компьютера или другим неприятным последствиям (фрагмент кода представлен ниже).

```
nameFile = Convert.ToString(dataGridView4.
Rows[i].Cells[Code_discipline].Value) + "" + Convert.
ToString(dataGridView4.Rows[i].Cells[Name_discipline].
Value) + "" + Convert.ToString(dataGridView4.Rows[i].
Cells[Group].Value) + ".docx";
...
document.SaveAs2(FileName: nameFile); // Сохранение
документа
...
document.Close(); // Закрытие документа
...
app.Quit(); // Закрытие потока
```

Во время прохождения научно-исследовательской работы был доработан интерфейс программы «Учебно-методическая документация ВУЗа». В программу были добавлены функции для автоматизированного создания документов. В ходе тестирования программного обеспечения были обнаружены и устранены недочеты в программном коде, а также была оптимизирована «база данных» с которой работает приложение путем объединения повторяющихся полей, что привело к формированию единого файла для создания титульных листов рабочих программ дисциплин, программ практик, программ государственной итоговой аттестации, фондов оценочных средств и электронных учебно-методических комплексов дисциплин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенова, Е.О. Автоматизация процесса формирования сопроводительных документов к практикам студентов / Е.О. Семенова, В.М. Самохина // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2022. — № 12. — С. 76–80.
2. Статьи об инструментах и технологиях Майкрософт для разработчиков: [Электронный ресурс] // MicrosoftLearn. URL: <https://learn.microsoft.com> (дата обращения 11.04.2023);
3. Справочник по C# [Электронный ресурс] // <https://sharpsourescode.blogspot.com/?m=1> (дата обращения 14.02.2023).
4. Агабабян, Е.О. Оптимизация информационных потоков для учебно-методической документации ВУЗа / Е.О. Агабабян, М.Ю. Похорукова // Аммосов-2022 : сборник материалов республиканской научно-практической конференции студентов и магистрантов, посвященной 100-летию образования Якутской АССР : 2-е изд., доп., Якутск, 22 апреля 2022 года. — Якутск: Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, 2022. — С. 509–511. — EDN GNHCNG.

РАЗРАБОТКА НЕЛИНЕЙНОЙ РОБАСТНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

DEVELOPMENT OF A NONLINEAR ROBUST UAV CONTROL SYSTEM WITH FEEDBACK

*Titov D.
Ryzhkova E.*

Summary: UAVs are actively used in research, terrain monitoring and remote sensing of the earth. The electromechanical design of most UAVs is a low activity mechanical system. It has fewer control inputs than degrees of freedom. The developed design of UAV structures implies a focus on reducing the weight of the structure, which leads to difficulties in the field of control tasks. Unmanned aerial vehicles are focused on the use of classical control links, the article proposes to replace the classical model of the UAV control system with a robust one under conditions of multiple uncertainty. The principles of operation of the UAV control system are considered. A non-linear model of quadcopter dynamics was created based on the use of indirect methods, it made it possible to reduce errors in the calculations of the control system based on classical methods, using the difference between the expected and actual output of the installation. By retaining the original model parameters, we were able to obtain the required level of tracking error. The proposed nonlinear robust feedback control system shows the inexpediency of using adaptive control methods. The control is based on the theory of LQR-synthesis of a robust controller, which ensures the robust stability of a quadcopter based on the proposed inertialess controller.

Keywords: remote monitoring, UAV, robust approach to UAV control, nonlinear robust feedback control system, LQR-synthesis controller.

Титов Дмитрий Николаевич

*к.т.н., доцент, Сибирский государственный
университет геосистем и технологий
titov200708@mail.ru*

Рыжкова Елена Владимировна

*Ассистент, Сибирский государственный университет
геосистем и технологий
alena.tarasova.2014@mail.ru*

Аннотация. БПЛА имеют активное применение в проведении исследований, мониторинга местности и дистанционном зондировании земли. Электромеханическая конструкция большинства БПЛА представляют собой механическую систему с низкой активностью. Она имеет меньше управляющих входов, чем степеней свободы. Разрабатываемый дизайн конструкций БПЛА предполагает ориентир на снижение веса конструкции, что приводит к возникновению сложностей в области задач управления. Беспилотные летательные аппараты ориентированы на применение классических звеньев управления, в статье предлагается заменить классическую модель системы управления БПЛА на робастную в условиях множественной неопределенности. Рассмотрены принципы работы системы управления БПЛА. Создана нелинейная модель динамики квадрокоптера на основе применения косвенных методов, она позволила снизить ошибки в расчетах системы управления на основе классических методов, используя разницы между ожидаемым и фактическим выходом установки. Сохранив первоначальные параметры модели, удалось получить требуемый уровень ошибки отслеживания. Предложенная нелинейная робастная система управления с обратной связью, показывает нецелесообразность применения адаптивных методов управления. Контроль основан на теории LQR-синтеза робастного регулятора, что обеспечивает робастную устойчивость квадрокоптера на основе предложенного безынерционного регулятора.

Ключевые слова: дистанционный мониторинг, БПЛА, робастный подход в управлении БПЛА, нелинейная робастная система управления с обратной связью, LQR-синтез регулятор.

Актуальность работы

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) получили широкое распространение при выполнении определенных задач в различных секторах геодезии и геологоразведки, горнодобывающей промышленности, в городском хозяйстве, дорожной полиции, картографии, кинематографии и пр., где возникает трудность выполнения работ человеком или другими техническими средствами [1].

Конструкция беспилотных летательных аппаратов преимущественно состоит из механических систем. Она имеет меньшее число управляющих входов, чем степени ее свободы, так же в связи с периодическим изменением дизайна БПЛА, направленным на снижение веса конструкции, это все приводит к усложнению процесса

регулирования в области управления. Методы, разработанные для полноприводных роботов, невозможно применить в устройстве управления БПЛА, так как данные методы линеаризуемы и имеют неголономные ограничения. Для обеспечения автономного полета БПЛА, в большинстве случаев, используют методы современной теории нелинейного управления [2, 3].

Рассматривая динамическую модель системы транспортного летательного средства, представленного твердым телом в пространстве, находящимся под воздействием силы тяги и крутящего момента, она обладает шестью степенями свободы и лишь четырьмя управляющими входами. При построении динамической модели БПЛА необходимо учитывать гироскопические эффекты, возникающие из-за легкой конструкции летательного аппарата [4]. При построении динамической модели,

образовавшиеся гироскопические эффекты, вызванные работой воздушных винтов, считаются неизвестной величиной, поскольку на этапе проектирования модели управления движением пренебрегаются скорости ротора. Принимаем, что центр масс и начало тела зафиксированы на теле и являются конгруэнтными, в связи с данной постановкой, появляется возможность преодолеть связь между вращательными и поступательными движениями, следовательно, происходит децентрализация динамической модели, позволяющей использовать метод каскадного управления. Пренебрежение эффектом земли позволяет предположить, что конструкция БПЛА является симметричной, следовательно, появляется тензор момента инерции только с диагональными членами инерции. Все выше перечисленное позволяет принять аэродинамические эффекты как неопределенности на этапе проектирования модели управления БПЛА.

На этапе проектирования системы управления роботизированной системой с элементами робастности необходимо описать входные и выходные сигналы модели системы управления БПЛА. В дальнейшем рассматриваемая система управления будет конкретизирована на примере модели квадрокоптера.

На рис. 1 представлена общая схема входных заданных сигналов управления — 1, текущих сигналов от датчиков о состоянии системы — 2, и управляющих воздействий на двигатели — 3. Входными данными системы являются координаты конечной точки x_t , y_t и z_t , также угол ориентации ψ_t показанные на рисунке 1 под цифрой 1, текущие координаты точки отсчета квадрокоптера x , y и z , углы крена ϕ , тангажа θ и рыскания ψ , показаны на рисунке ниже под цифрой 2. Квадрокоптер управляется за счет изменения тяги каждого двигателя. Следовательно, выходами системы управления будут являться тяги T_1 , T_2 , T_3 и T_4 , представленные на рисунке 1 под цифрой 3 [5].

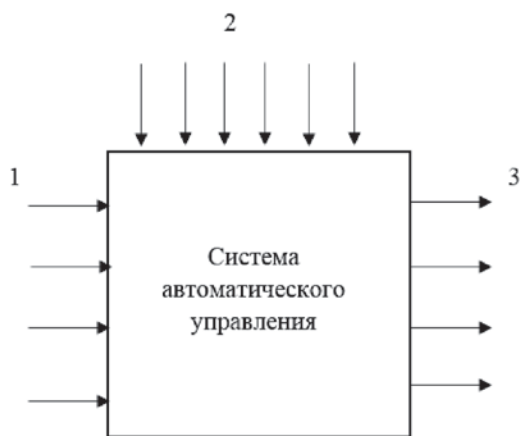


Рис. 1. Обобщенная модель системы управления квадрокоптером

Траекторное управление полетом квадрокоптера можно рассмотреть как ряд задач:

- перелет в очередную заданную точку маршрута.
- движения по заданным участкам типовых траекторий.

Решение этих задач автоматического управления полетом может быть построено, как система с обратной связью, осуществляющая отслеживание заданного маршрута. При этом выделяется канал управления высотой и канал управления движением в горизонтальной плоскости.

Суммарная величина тяги определяет режимы стабилизации и управления в вертикальном направлении. Отклонённая от вертикали, горизонтальная проекция суммарного вектора тяги, обеспечивает горизонтальное перемещение аппарата.

При фиксированном положении угла рыскания, отклонение вектора тяги происходит за счёт изменения углов тангажа и крена. Дифференцированное управление скоростью вращения винтов позволяет плавно изменять угловое положение, которое дает различия силе тяги и моменту. За управление ориентацией и стабилизацией в пространстве выступает подсистема, обеспечивающая необходимые значения угловых параметров и высоты за счёт изменения тяги винтов, за траекторное управление отвечает подсистема, отслеживающая заданную траекторию движения.

На рис. 2 представлена структурная схема системы управления. Опишем элементы системы управления квадрокоптером.

Блок 1 — задает траекторию полета квадрокоптера в координатах $x_d(t)$, $y_d(t)$ $z_d(t)$.

Блок 2 — формирует корректирующие значения на основе результатов, полученных с блока 8.

Блок 3 — преобразователь управляющих воздействий из координат в угловые отклонения с учетом данных тяги двигателей из модуля 7.

Блок 4 — регулятор подсистемы ориентации и стабилизации полета квадрокоптера, вырабатывает управляющие сигналы для работы двигателей основываясь на задающих сигналах и сигналах управляющего воздействия.

Блок 5 — распределитель сигналов.

Блок 6 — ограничитель напряжения на величину входного управляющего сигнала для контроллеров управления двигателями квадрокоптера.

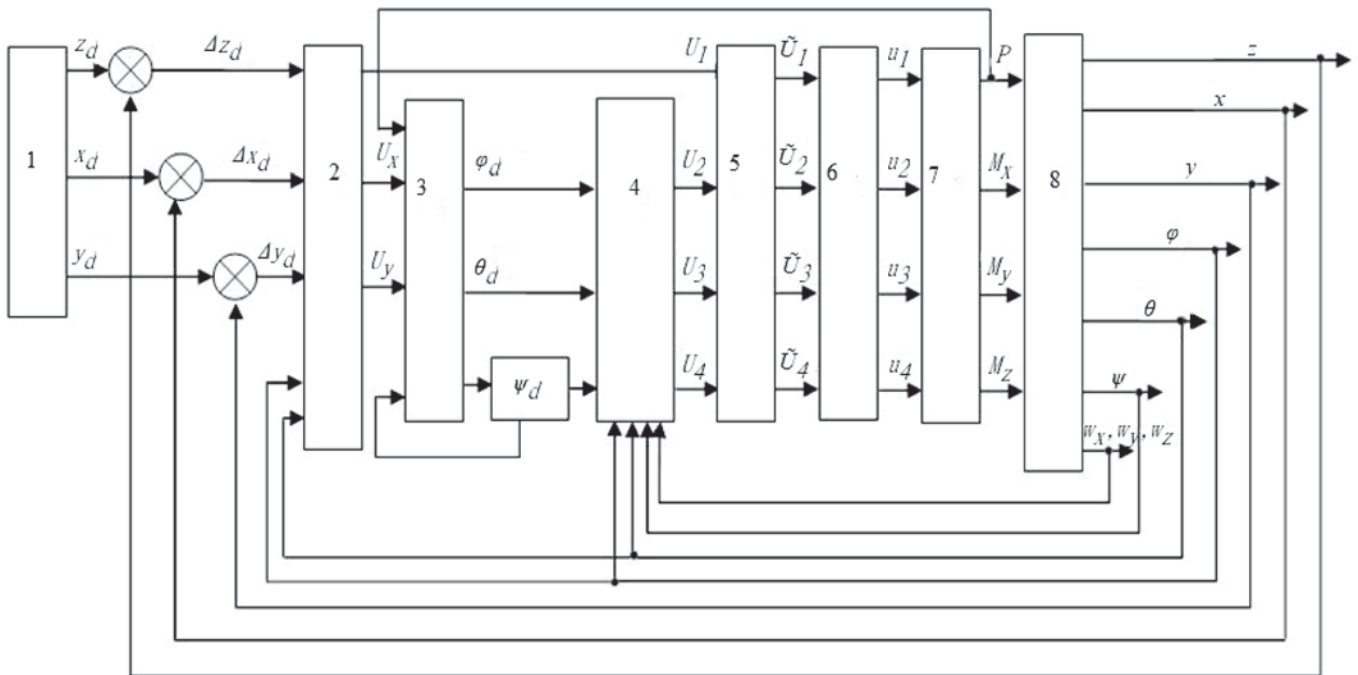


Рис. 2. Система управления квадрокоптером

Блок 7 — модель винтомоторной группы.

Блок 8 — модель квадрокоптера.

Сигналы φ_d , θ_d , ψ_d задаются подсистемой траекторного управления совместно с сигналами, поступившими с входов регулятора ориентации и стабилизации углового положения, и должны сформировать управляющие сигналы воздействия U_2 , U_3 , U_4 , которые обеспечат создание требуемых моментов M_x , M_y , M_z .

Для обеспечения вертикального движения суммарная тяга винтов должна соответствовать требуемой тяге. Если пренебречь динамикой и ограничениями двигателей, гироскопическими моментами и аэродинамическими моментами несущей части аппарата, то сигналы U_2 , U_3 , U_4 должны быть равнозначны моментам M_x , M_y , M_z .

Рассматривая подсистему траекторного управления как систему регулирования, можно получить управляющие воздействия U_{xd} и U_{yd} , а также $U_{zd} = U_1$ для канала управления высотой, как выходные сигналы для регулятора [6].

При проектировании системы управления квадрокоптером могут быть использованы различные типы регуляторов и методы расчета. Пропорциональный регулятор (ПД) используется для стабилизации объекта управления [7]. К его достоинствам можно отнести рассмотренный в литературе способ расчета ПД регулятора, имеющий существенный недостаток, в отличие от Пропорционально-интегрально-дифференцирующе-

го регулятора (ПИД) — наблюдается возможность появления статистической ошибки. ПД Регулятор системы управления включает в себя пропорциональную и дифференциальную составляющие, коэффициенты которых также, как и в случае с ПИД регулятором необходимо правильно подобрать для корректной работы [8, 9].

За основу расчетов регуляторов предлагаем использовать метод «Backstepping» [10]. Суть метода «backstepping» состоит в представлении сложной системы в виде вложенных небольших подсистем, для которых сформированы управляющие сигналы и составлены, зависящие от этих сигналов функции Ляпунова. Устойчивость системы в целом, обеспечивается последовательным выбором сигналов для каждой подсистемы, что позволит выполнить критерии устойчивости по Ляпунову. Процедура имеет характер пошагового обхода интеграторов обратными связями, откуда пошло название «backstepping». Рассмотренный подход является достаточно простым в расчетах, что позволяет его эффективно применить в некоторых случаях.

В данной статье рассмотрена задача обеспечения робастной устойчивости системы. Для ее решения применим метод LQR-синтеза. Данный подход гарантирует обеспечение робастной устойчивости и возможность разработки безынерционного регулятора. Для применения метода требуется знание точной модели объекта управления и обратные связи по всему вектору состояния. LQR регулятор используется для синтеза управления квадрокоптером для полета по заданной траектории. Чтобы обеспечить полную измеримость вектора

состояния регулятора будем использовать его совместно с наблюдателем.

Для управления квадрокоптером определим ряд регуляторов, которые будут использоваться в нашей системе управления (рисунок 2). На следующем этапе проектирования необходимо рассчитать и проверить на работоспособность следующие регуляторы (рисунок 3):

- 1 — регулятор поддержания и набора нужной высоты x_p, y_p, z_p ;
- 2, 3 — регулятор высоты полета ξ, η, z_p ;
- 4 — регулятор рыскания ψ_r ;
- 5 — регулятор горизонтальных перемещений q .

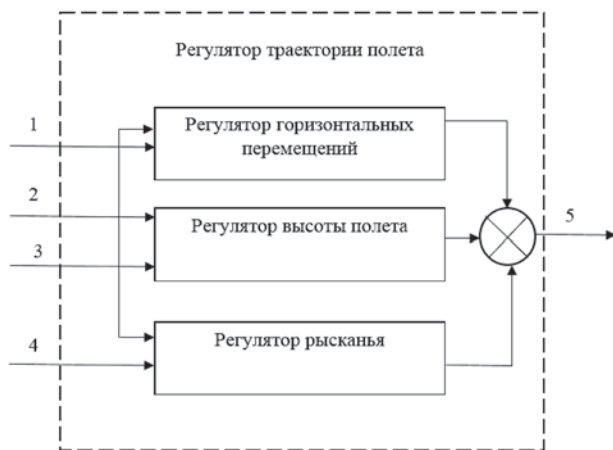


Рис. 3. Структурная схема регулятора траектории полета квадрокоптера

Предлагаемая структура системы управления квадрокоптером будет осуществляться через LQR регулятор для стабилизации вращательных движений и закона управления, основанный на робастном подходе.

В настоящее время разработаны робастные системы управления, которые синтезируют различные подходы и типы регуляторов. В статье рассмотрен регулятор на основе технологии синтеза робастных систем управления — LQR синтеза.

Данный подход обеспечивает робастную устойчивость и дает возможность для разработки безынерционного регулятора. Разработанный (рассмотренный) LQR-регулятор, удовлетворяющий критерию робастности, ориентирован на управление неопределенной нелинейной динамической моделью квадрокоптера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпик А.П., Лисицкий Д.В., Байков К.С., Осипов А.Г., Савиных В.Н. Геопространственный дискурс опережающего и прорывного мышления // Вестник СГУГиТ. — 2017. — Т. 22, № 4. — с. 53.
2. F. Gadewadikar, J. and Lewis, K. Subbarao, and B. Chen. Structured H1 command and control-loop design for unmanned helicopters // Journal of Guidance, Control, and Dynamics. —2010. — Vol. 31, No. 4. — P. 1708–1713.
3. Prasenjit Mukherjee. Robust and Adaptive Control Methods for Small Aerial Vehicles. —Waterloo, Ontario, Canada, 2012.
4. Homann G.M., Huang H., Waslander S.L., Tomlin C.J. Quadrotor helicopter flight dynamics and control: Theory and experiment. In AIAA guidance, navigation, and control conference 2007, volume 4, 2007.
5. Song L.J., Xi C., Zheng Y.G., Bo S.L. Hovering control of unmanned small size helicopter based on adaptive inverse control theory // International Conference on Digital Manufacturing and Automation (ICDMA). — December 2010. — Vol. 1. — p. 805–811.
6. Sandino L.A., Bejar M., Kondak K., Ollero A. On the use of tethered configurations for augmenting hovering stability in small-size autonomous helicopter // 21st International Conference on Intelligent and Robotic Systems, pp. 1–17, August 2012.
7. Ping Z.W., Chao D.Y., Zhou Y.D. Small unmanned helicopter longitudinal control PID parameter optimization based on genetic algorithm // 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE). — August 2010. — Vol. 6. — P. V6–142–V6–145.
8. Ahmed B., Pota H. Flight control of a rotary wing UAV using adaptive backstepping // IEEE International Conference on Control and Automation (ICCA). — December, 2009. — P. 1780–1785.
9. Wang G., Zhu J., H. Xia. Model identification and control of a small-scale unmanned helicopter // 6th International Conference on Computer Science Education (ICCSE). — August, 2011. — P. 933–937.
10. Omar H. New fuzzy-based anti-swing controller for helicopter slung-load References 108 system near hover // IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation (CIRA). — December, 2009. — P. 474–479.

© Титов Дмитрий Николаевич (titov200708@mail.ru); Рыжкова Елена Владимировна (alena.tarasova.2014@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ СЕРВЕРНОЙ ЧАСТИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Харазян Айк Арменович

ведущий разработчик, Высшая школа экономики,

haykking@gmail.com

MODERN METHODS OF PROTECTING THE SERVER PART OF DISTRIBUTED APPLICATIONS

H. Kharazyan

Summary: Modern realities have led to the fact that distributed applications are becoming increasingly popular, access to which users get through data networks. This is due to both the development of science and technology, and the growing popularity of remote work. At the same time, one of the most important tasks for the functioning of application data is to ensure their security, and in particular, the security of the server part of the application, where information bases are stored, as well as the code of the server part of the software. The active development of technologies leads to the emergence of new methods of bypassing protection tools, which requires the implementation of more and more advanced protection tools for the server part of the application. This actualizes the chosen research topic. The purpose of the study is to analyze modern methods of protecting the server part of distributed applications. Research objectives: 1) to consider the existing methods and means of ensuring the protection of the server part of distributed applications; 2) to analyze the considered methods and means of ensuring the protection of the server part of distributed applications; 3) provide recommendations in terms of using or improving the analyzed methods and means of ensuring the protection of the server part of distributed applications. When writing the article, the method of analyzing scientific sources and publications was used. It is concluded that in addition to organizing the protection of the server environment of the program code, it is important to ensure the protection of procedures within its work. It is noted that minor actions, for example, ensuring the secure execution of web requests, eliminating known vulnerabilities for situations where standard frameworks are used, etc., can bring huge negative consequences in terms of the operation of the server part of a distributed application, which together will bring a lot of problems to its owners.

Keywords: security of a distributed application, security of the server part of the software, information security, protection of a distributed application.

Современные реалии привели к тому, что все большую популярность приобретают распределенные приложения, доступ к которым пользователи получают посредством сетей передачи данных. Это обусловлено как развитием науки и техники, так и ростом популярности удаленной работы. При этом одной из важнейших задач функционирования данных приложения является обеспечение их безопасности, а в частности — безопасности серверной части приложения, где хранятся информационные базы, а также код серверной части программного обеспечения. Активное развитие технологий приводит к возникновению всё новых мето-

Аннотация. Современные реалии привели к тому, что все большую популярность приобретают распределенные приложения, доступ к которым пользователи получают посредством сетей передачи данных. Это обусловлено как развитием науки и техники, так и ростом популярности удаленной работы. При этом одной из важнейших задач функционирования данных приложения является обеспечение их безопасности, а в частности — безопасности серверной части приложения, где хранятся информационные базы, а также код серверной части программного обеспечения. Активное развитие технологий приводит к возникновению все новых методов обхода средств защиты, что требует реализации все более совершенных инструментов защиты для серверной части приложения. Это актуализирует выбранную тему исследования. Целью исследования является анализ современных методов защиты серверной части распределенных приложений. Задачи исследования: 1) рассмотреть существующие методы и средства обеспечения защиты серверной части распределенных приложений; 2) выполнить анализ рассмотренных методов и средств обеспечения защиты серверной части распределенных приложений; 3) привести рекомендации в плане использования, либо совершенствования проанализированных методов и средств обеспечения защиты серверной части распределенных приложений. При написании статьи использовался метод анализа научных источников и публикаций. Сделан вывод о том, что помимо организации защиты серверного окружения программного кода важно обеспечить защиты процедур в рамках его работы. Отмечено, что незначительные действия, например, обеспечение безопасного исполнения веб-запросов, устранение известных уязвимостей для ситуаций, когда используются стандартные фреймворки и т.д., могут принести огромные негативные последствия в плане работы серверной части распределенного приложения, что в совокупности принесет массу проблем его владельцам.

Ключевые слова: безопасность распределенного приложения, безопасность серверной части ПО, информационная безопасность, защита распределенного приложения.

дов обхода средств защиты, что требует реализации все более совершенных инструментов защиты для серверной части приложения. Работа распределенных приложений подразумевает использование нескольких уязвимых точек, независимо от используемой архитектуры. Именно этот факт демонстрирует сложность обеспечения защиты — ведь в работе одного приложения участвуют одновременно клиентская часть, серверная часть и каналы передачи данных. Обеспечение защиты сервера является обязательным условием по причине размещения на нем основного состава программы — базы данных, а также исполняемого кода. Клиентская часть распре-

деленного приложения для злоумышленников представляет меньший интерес по причине того, что все она чаще всего выступает в роли инструмента отображения уже сформированного контента, и не выполняет никаких управленческих функций. Именно по той причине важным аспектом является обеспечение защиты именно серверной части распределенного приложения, что актуализирует выбранную тему исследования.

При рассмотрении методов обеспечения безопасности серверной части распределенных приложений в первую очередь следует определить состав наиболее актуальных уязвимостей, к которым относятся:

1. Инъекции в исполняемый код сервера, реализуемые в виде уязвимостей, которые злоумышленники используют при осуществлении процедур передачи непроверенных данных.
2. Уязвимости авторизации и аутентификации, возникающие в результате некорректной реализации данных механизмов на стороне сервера, за счет чего злоумышленники получают несанкционированный доступ.
3. Уязвимости вида «межсайтовый скриптинг», механизмы работы которых подразумевают внедрение вредоносного программного кода на стороне клиента, который при работе приложения будет осуществлять взаимодействие с серверной частью программного продукта.
4. Уязвимости контроля доступа, к числу которых необходимо отнести нарушение принципа предоставления наименьших привилегий пользователям, реализация обхода проверок контроля доступа, получение разрешений к чужим учетным записям, реализация повышения привилегий, а также получение доступа к метаданным.
5. Наличие небезопасных прямых ссылок на объекты, в результате чего возникает передача закрытых пользовательских данных в открытом виде.
6. Некорректное конфигурирование серверной части ПО в связи с отсутствием должного уровня безопасности, наличия ненужных служб, не отключения учетных записей по умолчанию, отсутствие должных обновлений ПО и т.д.
7. Уязвимости, позволяющие злоумышленникам осуществить отправку приложению HTTP-запроса, получив в результате необходимые сведения о работе приложения.
8. Использование элементов и API, содержащих уязвимости. Злоумышленники, выяснив, с использованием чего реализовано приложение в первую очередь проверяют наличие защиты от известных угроз и уязвимостей в программном коде [1].

Приведенный перечень нельзя назвать исчерпывающим. Для каждой конкретной ситуации, или конкретного подхода он может быть дополнен своими методами

и подходами. Это в большей степени унифицированный список, который включает в себя базовый состав методов обеспечения информационной безопасности на стороне сервера. В частности, он может быть легко дополнен методиками защиты, применяемыми для конкретной серверной платформы — например, при устранении известных уязвимостей, либо применения наиболее подходящих для данной платформы инструментов обеспечения защиты.

На основании перечисленного перечня угроз серверной платформы распределенных приложений необходимо рассмотреть наиболее актуальные методы обеспечения должного уровня их безопасности.

Первым методом следует назвать использование аутентификации на основании SSH-ключей, которые реализуются в виде пары криптографических ключей. Один из данных ключей (публичный ключ) размещается в специальном каталоге сервера, а пользователь при прохождении процедуры аутентификации предоставляет второй (секретный) ключ. За счет реализации данного метода процедура аутентификации происходит полностью в зашифрованном виде. Для обеспечения полной защиты от использования уязвимостей аутентификации потребуется отключение данной процедуры на основании логина и пароля пользователя. Реализация данного метода осуществляется очень легко, как на стороне сервера, так и на стороне клиента [2].

Следующим методом следует упомянуть использование межсетевых экранов. Это довольно давно известный метод обеспечения защиты при работе в сети до сих пор не утрачивает своей актуальности. На стороне серверной платформы может быть использован как программный, так и аппаратный фаервол. В любом виде он будет осуществлять контроль состава сервисов, обладающих доступом к сети, и осуществлять либо блокирование, либо ограничение доступа для служб, сервисов и пользователей [3].

На сервере, где размещается серверная часть распределенного приложения, могут быть запущены несколько категорий различных сервисов. К ним относятся публичные сервисы, доступ к которым должны получать все категории пользователей, частные сервисы, доступ к которым должен быть предоставлен только избранным группам пользователей, и внутренние сервисы, доступ к которым должен быть предоставлен только внутренним сервисам сервера.

Использование межсетевого экрана позволяет обеспечить гарантии ограничений доступа к сервисам на основании описанных выше категорий, с возможностью гибкой настройки уровней и категорий доступа [4].

Для любой современной серверной платформы характерно наличие межсетевого экрана в составе базового набора программного обеспечения, так как это фактически дополнительный уровень безопасности, с возможностью гибкой настройки доступа. За счет ограничения числа доступных извне сервисов достигается существенное снижение уровня вероятности взлома сервера. Использование межсетевого экрана является методом, довольно простым в установке, однако требует корректного конфигурирования, так как можно заблокировать доступ к тем сервисам, к которым он в итоге должен быть предоставлен.

Следующим вариантом будет предложено использование виртуальных частных сетей — метода реализации безопасного соединения как между компьютерами, так и между компьютером и сервером. Реализация VPN позволяет в рамках открытых сетей реализовать защищенное соединение.

Эта методика реализуется довольно просто, главное выполнить конфигурирование VPN сервера, и установить специальный клиент. Однако использование его обусловлено в тех случаях, когда с приложением работает сотрудник организации, и ему необходимо предоставить доступ к защищаемой информации. В случае работы рядовых пользователей с программным продуктом, находящимся в открытом доступе, это будет реализовать не так просто, да и не каждый пользователь в данном случае захочет при каждом сеансе работы с приложением осуществлять дополнительное подключение [5].

Далее в качестве метода обеспечения защиты серверной части распределенных приложений следует представить инфраструктуру открытых ключей, а также шифрования SSL/TLS. Данная инфраструктура представляет собой систему, основное назначение которой заключается в создании, управлении и подтверждению сертификатов, которые используются в рамках процедур идентификации пользователей, а также шифрования сетевого взаимодействия. Применение сертификатов SSL и TLS может производиться с целью аутентификации пользователей, и последующей реализации защищенного сетевого взаимодействия.

Для реализации инфраструктуры открытых ключей необходимо конфигурирование специального удостоверяющего центра, который будет осуществлять процедуру управления сертификатами для серверов. Это позволит производить проверку подлинности не только на уровне пользователей, но и на уровне компонентов сетевой инфраструктуры, а также осуществлять шифрование передаваемых данных. За счет этого метода реализуется защита от атак типа «атака посредника», при которых злоумышленниками выполняется имитация сервера внутри сети с целью перехвата передаваемых данных [6].

Каждый из серверов в рамках сетевой инфраструктуры можно настроить таким образом, что он будет доверять централизованному удостоверяющему центру. Получается, что любой сертификат, который будет подписан данным центром, будет считаться доверенным. В случае поддержки механизмов SSL/TLS шифрования приложениями и протоколами коммуникации будет предоставлена возможность защищенного взаимодействия между серверной и клиентской частью распределенного приложения без реализации VPN сети.

Данный метод может потребовать определенных усилий при его развертывании, а процесс управления сертификатами может в некоторой степени увеличить административную нагрузку. Однако он может стать более простым по сравнению с виртуальными сетями в том случае, когда речь идет о сетях передачи данных крупных предприятий и корпораций.

Представленные выше методы обеспечения безопасности направлены на обеспечение безопасности непосредственно сервера. Однако в рамках решения данного рода задач важно также производить анализ рассматриваемых систем, понимать механизмы потенциальных атак и изолировать критические компоненты инфраструктуры.

Одной из важнейших процедур в рамках обеспечения безопасности серверной части следует назвать аудит сервисов — проверки выполняемых на стороне сервера сервисов с целью выявления состава запущенных сервисов, определения задействованных в сетевой коммуникации портов и протоколов. Это позволит получить информацию для корректной настройки межсетевого экрана, а также отслеживать те сервисы, работа которых на текущий момент не требуется [7].

Получение объективной картины в вопросах перечня запущенных сервисов позволит проводить более качественную работу с точки зрения обеспечения защиты данных, так будет получен полный перечень запущенных приложений. На основании данного перечня, в первую очередь, можно будет изучить полный перечень типовых уязвимостей, а далее уже производить работы касательно анализа конфигурирования файрвола, а также необходимо использования данного сервиса в работе серверной части.

Следующий метод подразумевает использование процедур аудита файлов, а также систем обнаружения вторжений. Процедура аудита файлов подразумевает подготовку «снимка состояния системы» после проведения базовых настроек и проведения последующих сравнений текущих настроек и файлов с данным снимком состояния. В случае обнаружения изменений производится анализ выполненных изменений с точки зрения их

влияния на обеспечение информационной безопасности. А применение систем обнаружения вторжений обеспечивает отслеживание неавторизованной активности в системе, что в определенной степени представляет собой автоматизированный вариант проведения аудита файлов и настроек [8].

С точки зрения информационной безопасности данные процедуры являются гарантом обеспечения уверенности отсутствия несанкционированных изменений в файловой системе сервера. За счет этого будут получены оперативные сведения в случае несанкционированной активности в системе, и приняты меры по их устранению.

Что процедура настройки системы обнаружения вторжений, что проведение процедур аудита файлов представляют собой довольно непростое занятие, по той причине, что требует указать перечень нестандартных изменений на сервере. Также возможно потребуется указать те пути в файловой системе сервера, которые необходимо будет исключить при создании «снимка состояния» файловой системы, который будет применяться при последующих процедурах сравнения. Проведение процедур аудита файлов приводит к существенному увеличению нагрузки в вопросах администрирования сервера, однако позволяет обеспечить максимально высокую уверенность в том, что система не подвергалась каким-либо несанкционированным изменениям.

Еще одним из методов обеспечения защиты серверной части распределенного программного продукта необходимо назвать изолирование среды исполнения, при которой запуск каждого компонента осуществляется в собственной изолированной среде [9]. За счет этого достигается распределение отдельных компонентов программного продукта по различным серверам, либо настройку работы серверной платформы с использованием отдельных изолированных контейнеров. За счет изоляции процессов повышаются возможности обеспечения защиты сервера за счет повышения устойчивости отдельных компонентов от атак извне.

Перечисленный состав методов представляет собой наиболее распространенные стратегии обеспечения информационной безопасности для серверной части распределенных программных продуктов. Однако следует выполнить рассмотрение представленных методик в разрезе двух аспектов — это рекомендации специалистов в области информационной безопасности в том плане, что реализация системы защиты должна происходить комплексно, а также с учетом того факта, что пользователями распределенных приложений являются самые различные категории людей, и чаще всего они не пожелают производить какие-либо дополнительные действия при работе с приложением со своего смартфо-

на, планшета или ноутбука. Да и в случае с персональным компьютером мало кто захочет предварительно устанавливать VPN-подключение, или устанавливать дополнительные сертификаты.

Итак, с точки зрения обеспечения информационной безопасности на максимально высоком уровне требуется одновременное использование трех категорий защиты информации — технические, программные и организационные средства. Для большинства организаций организационные средства являются одним из основных инструментов защиты от каких-то несанкционированных действий пользователей, однако в случае с распределенными приложениями, да еще и общей категории пользования данные средства сложно будет применить, практически невозможно. К данной категории можно будет отнести только законы и нормативно-правовые акты, которые фактически будут действовать только в ситуациях, когда кто-то будет намеренно организовывать взлом сервера. Однако в данной ситуации злоумышленник уже будет иметь представление о том, что делает и какие последствия юридического характера будут его ожидать, поэтому данная категория средств защиты будет играть не столь важную роль при обеспечении защиты серверной части программного продукта. Именно по этой причине важно использовать две оставшиеся категории средств защиты.

В рамках аппаратных инструментов обеспечения защиты серверной части распределенных приложений в качестве наиболее эффективных следует отметить применение аппаратных межсетевых экранов, которые будут играть роль инструмента фильтрации входящего трафика с целью отсеивания потенциально опасного или нежелательного. Также сюда необходимо отнести инструменты обеспечения резервирования информации — дисковые массивы, аппаратные средства резервного копирования и т.д. Это в первую очередь защита от утери информации и возможность быстрого восстановления данных.

К программным инструментам необходимо отнести средства антивирусной защиты. Несмотря на использование средств межсетевого экранирования, применение средств антивирусного контроля все же необходимо. Также, как и необходимо применение инструментов поведенческого анализа, например, средств аудита и протоколирования событий информационной безопасности, в частности инструменты аудита событий и файлов. Однако реализация механизмов изолирования среды исполнения является также немаловажным инструментом обеспечения защиты.

На основании вышесказанного к инструментам защиты серверной части распределенных приложений необходимо в первую очередь относить инструменты



Рис. 1. Рекомендованный порядок реализации механизмов защиты серверной части распределённого приложения

аппаратного и программного характера. Процесс их реализации схематично представлен на рисунке 1.

Представленная схема демонстрирует оптимальный порядок конфигурирования инструментария по обеспечению защиты серверной части веб-приложения.

При конфигурировании инструментов защиты в рекомендованной последовательности будет получена возможность отслеживания работы необходимых приложений, задействованных в их работе протоколов, портов и файлов. Это все будет использовано при конфигурировании следующего элемента системы защиты и позволит пошагово пройти процедуру настройки всей системы защиты, не возвращаясь на каждом последующем этапе к предыдущим. За счет этого будет реализовано максимально корректная и качественная система обеспечения информационной безопасности серверной части распределенного приложения.

При этом помимо организации защиты серверного окружения программного кода важно обеспечить защи-

ты процедур в рамках его работы. Например, обеспечение безопасного исполнения веб-запросов, устранение известных уязвимостей для ситуаций, когда используются стандартные фреймворки и т.д. Эти незначительные действия могут принести огромные негативные последствия в плане работы серверной части распределенного приложения, что в совокупности принесет массу проблем его владельцам.

В заключении необходимо отметить, что для каждого программного решения наиболее подходящий состав будет определяться опытным путем, а комплексное применение всех перечисленных методов будет не всегда быть подходящим решением, так как они в определенной степени будут оказывать влияние на скорость работы сервера, что является также немаловажным фактором. Таким образом, состав используемых средств и методов обеспечения защиты серверной части ПО определяется в первую очередь владельцем и администратором сервера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабичев С.Л. Распределенные системы: учебное пособие для вузов / С.Л. Бабичев, К.А. Коньков. М.: Издательство Юрайт, 2023. 507 с.
2. Дубовик Е.В. Web на практике. CSS, HTML, JavaScript, MySQL, PHP для fullstack-разработчиков / Е.В. Дубовик, А.П. Никольский. М.: Наука и техника, 2021. 432 с.
3. Казарин О.В. Надежность и безопасность программного обеспечения: учебное пособие для вузов / О.В. Казарин, И.Б. Шубинский. М.: Издательство Юрайт, 2023. 342 с.
4. Казарин О.В. Программно-аппаратные средства защиты информации. Защита программного обеспечения: учебник и практикум для вузов / О.В. Казарин, А.С. Забабурин. М.: Издательство Юрайт, 2023. 312 с.
5. Лаврищева Е.М. Программная инженерия и технологии программирования сложных систем: учебник для вузов / Е.М. Лаврищева. 2-е изд., испр. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2022. 432 с.
6. Лашевски Т. Облачные архитектуры: разработка устойчивых и экономичных облачных приложений / Т. Лашевски, К. Арора, Э. Фарр, П. Зонуз. СПб.: ИД Питер, 2022. 320 с.
7. Лукьянов П.Б. Разработка и реализация порталных решений / П.Б. Лукьянов. М.: Прометей, 2020. 166 с.
8. Нестеров С.А. Основы информационной безопасности: учеб. пособие / С. А. Нестеров. Санкт-Петербург: Лань, 2017. 321 с.
9. Роберт М. Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения / М. Роберт. СПб.: ИД Питер, 2022. 352 с.
10. Чернышев С.А. Принципы, паттерны и методологии разработки программного обеспечения: учебное пособие для вузов / С.А. Чернышев. М.: Издательство Юрайт, 2022. 176 с.

© Харазян Айка Арменович (haykking@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ НЕПРЕРЫВНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ МЕТОДОМ ПРОБНЫХ ОТКЛОНЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ

DIAGNOSIS OF CONTINUOUS DYNAMICAL SYSTEMS BY THE METHOD OF TRIAL DEVIATIONS OF MODEL PARAMETERS

S.V. Shalobanov
S.S. Shalobanov

Summary: A method for searching for defects in a continuous dynamic system with a depth up to a dynamic block or a block parameter based on trial deviations of its model parameters using normalized diagnostic features is considered.

Keywords: dynamic systems, trial deviations of parameters, normalized features of the model.

Шалобанов Сергей Викторович

д.т.н, профессор, Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск
shalobanov@mail.ru

Шалобанов Сергей Сергеевич

к.т.н, доцент, Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск
shalobanov_ne@mail.ru

Аннотация: рассматривается метод поиска дефектов в непрерывной динамической системе с глубиной до динамического блока либо параметра блока на основе пробных отклонений параметров её модели с использованием нормированных диагностических признаков.

Ключевые слова: динамические системы, пробные отклонения параметров, нормированные признаки модели.

Введение

Адекватное описание проявления некоторых дефектов часто требует изменения структуры динамической модели одного или нескольких блоков объекта диагностирования (ОД). Использование диагностических признаков в виде параметров модели неизменной структуры может приводить к ошибкам диагностирования. Для устранения этого источника ошибок целесообразно строить диагностические признаки по блочному принципу. При этом, как показано в работах [1, 2], для вычисления диагностических признаков можно применять модель структурной чувствительности. Модель структурной чувствительности может быть получена путем последовательного соединения двух одинаковых моделей объекта, когда выходом первой модели является входной сигнал i -го динамического элемента, а вход второй модели организуется на выходе i -го динамического элемента [2]. Сложность получения модели чувствительности ограничивает применение подобных алгоритмов и может являться дополнительным источником ошибок при диагностировании. В работе рассматривается подход, позволяющий упростить получение информации о модели структурной чувствительности. Рассматриваются нормированные диагностические признаки структурных дефектов, позволяющие проводить сравнение результатов диагностирования в различных режимах.

Постановка задачи

В качестве ОД рассматривается непрерывный динамический объект, состоящий из n линейных динамиче-

ских элементов (ДЭ), номинальные передаточные функции которых W_{o1}, \dots, W_{on} известны.

Одиночный дефект определим как такое изменение технического состояния ОД, которое приводит к произвольному изменению ΔW_i всего оператора W_i одного из n динамических элементов.

Примем гипотезу о возможности появления в ОД только одиночных дефектов и синтезируем алгоритм поиска одиночных дефектов с использованием интегральных преобразований реакций ОД, номинальной модели и модели при наличии пробных отклонений параметров ДЭ.

Метод поиска дефектов

Для получения диагностических признаков динамических элементов будем использовать преобразования по Лапласу временных функций

$$F_i(p) = L\{F_i(t)\} = \int_0^{\infty} F_i(t) \cdot e^{-pt} dt; \quad i = \overline{1, k} \quad (1)$$

в области вещественных значений переменной Лапласа $p = \alpha$ в интервале $0 \leq \alpha \leq \infty$. Использование преобразования Лапласа позволяет перейти от обработки временных функций к анализу численных значений их функционалов [1, 3, 4].

Для каждого динамического элемента с номером i вычисляется диагностический признак по формуле:

$$J_i = \sum_{l=1}^m \sum_{j=1}^k \Delta F_j^2(\alpha_l) - \frac{\sum_{j=1}^k V_{ji}(\alpha_l) \cdot \Delta F_j(\alpha_l)}{\sum_{j=1}^k V_{ji}^2(\alpha_l)}, \quad (2)$$

где $\Delta F(\alpha_l) = (\Delta F_1(\alpha_l), \Delta F_2(\alpha_l), \dots, \Delta F_k(\alpha_l))^T$ — вектор изображений для вещественных значений переменной Лапласа α_l , отклонений временных характеристик объекта в k контрольных точках;

$V_{ji}(\alpha_l) = \frac{\partial F_j(\alpha_l)}{\partial W_i(\alpha_l)}$ — структурная чувствительность для j -ой контрольной точки, i -го динамического элемента и l -го значения переменной Лапласа α_l .

По минимуму значения диагностического признака (2) выносят решение о наличии дефекта в динамическом элементе.

Произведем нормирование значений коэффициентов структурной чувствительности по всем контрольным точкам:

$$\hat{V}_{ji}(\alpha_l) = \frac{V_{ji}(\alpha_l)}{\sqrt{\sum_{j=1}^k V_{ji}^2(\alpha_l)}}. \quad (3)$$

Подставляя эти значения в выражение (2), получим:

$$J_i = \sum_{l=1}^m \sum_{j=1}^k [\Delta F(\alpha_l)]^2 - \sum_{l=1}^m \left[\sum_{j=1}^k \hat{V}_{ji}(\alpha_l) \cdot \Delta F_j(\alpha_l) \right]^2. \quad (4)$$

Коэффициенты структурной чувствительности (3) могут рассматриваться как координаты вектора \hat{V}_i единичной длины в k -мерном пространстве:

$$\hat{V}_i(\alpha_l) = (\hat{V}_{1i}(\alpha_l), \hat{V}_{2i}(\alpha_l), \dots, \hat{V}_{ki}(\alpha_l))^T,$$

а отклонение изображений реакций объекта — как вектор в пространстве той же размерности с координатами:

$$\Delta F(\alpha_l) = (\Delta F_1(\alpha_l), \Delta F_2(\alpha_l), \dots, \Delta F_k(\alpha_l))^T.$$

Тогда формула (4) с учетом введенных векторов запишется в виде:

$$J_i = \sum_{l=1}^m \left\{ \Delta F^T(\alpha_l) \cdot \Delta F^T(\alpha_l) - [\Delta F^T(\alpha_l) \cdot \hat{V}_i(\alpha_l)]^2 \right\}, \quad (5)$$

где $\Delta F^T(\alpha_l) \cdot \hat{V}_i(\alpha_l)$ — скалярное произведение вектора отклонений динамической характеристики ОД на нормированный вектор структурной чувствительности по i -му динамическому элементу.

По определению скалярного произведения:

$$\Delta F^T(\alpha_l) \cdot \hat{V}_i(\alpha_l) = |\Delta F(\alpha_l)| \cdot |\hat{V}_i(\alpha_l)| \cdot \cos \varphi(\alpha_l),$$

где $|\cdot|$ — означает длину вектора;

$\varphi(\alpha_l)$ — угол в k -мерном пространстве между этими векторами.

Если направление векторов $\Delta F(\alpha_l)$ и $\hat{V}_i(\alpha_l)$ для всех α_l совпадают или противоположны, то $\cos \varphi(\alpha_l) = \pm 1$ и $\Delta F(\alpha_l) \cdot \hat{V}_i(\alpha_l) = \pm |\Delta F(\alpha_l)|$, подставляя эти значения в формулу (5), получим:

$$J_i = \sum_{l=1}^m \left[(|\Delta F(\alpha_l)|)^2 - (|\Delta F(\alpha_l)|)^2 \right] = 0.$$

Таким образом, в терминах векторной интерпретации поиск одиночного структурного дефекта заключается в подборе такого индекса i , для которого совокупность нормированных векторов $\hat{V}_i(\alpha_l)$, $l = 1, \dots, n$ в k -мерном пространстве, в наибольшей степени попарно совпадает или противоположна с направлениями соответствующих векторов $\Delta F(\alpha_l)$, $l = 1, \dots, n$ деформации динамических характеристик ОД.

Поскольку для элементов векторов ΔF и V справедливо неравенство Коши-Буняковского:

$$\left(\sum_{j=1}^n a_j \cdot b_j \right)^2 \leq \left(\sum_{j=1}^n a_j^2 \right) \cdot \left(\sum_{j=1}^n b_j^2 \right),$$

то диагностические признаки могут принимать только неотрицательные значения.

Диагностические признаки одиночных структурных дефектов вида (4) принимают численные значения, которые зависят как от степени отклонения частотных характеристик, так и от свойств модели чувствительности и могут принимать в общем случае любые неотрицательные значения. Для практических целей удобно иметь диагностические признаки, область значений которых была бы ограничена, в частности, интервалом $[0, 1]$, где крайние значения могли бы интерпретироваться как однозначное наличие (отсутствие) дефекта, а промежуточные значения — как вероятность наличия дефекта. Приведение диагностических признаков к единой шкале открывает возможности для сравнительного анализа условий и результатов диагностирования различных объектов диагностирования в терминах количественной различимости дефектов.

Возможность получения таких нормированных диагностических признаков дает векторная их интерпретация, рассмотренная выше. Идея нормировки признака заключается в приведении векторов деформации динамических характеристик к единичной длине.

Сформируем нормированный диагностический признак путем деления каждого слагаемого выражения (4) на величину $n \sum_{j=1}^k \Delta F_j^2(\alpha_i)$:

$$J_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^k \left\{ 1 - \left[\sum_{j=1}^k \hat{V}_{ji}(\alpha_i) \cdot \Delta \hat{F}_j(\alpha_i) \right]^2 \right\}, \quad (6)$$

где $\Delta \hat{F}_j(\alpha_i)$ — элементы нормированного вектора деформации динамической характеристики ОД.

Используя векторную интерпретацию выражения (6), запишем его в следующем виде

$$J_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [1 - \cos^2 \varphi_i(\alpha_i)] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sin^2 \varphi_i(\alpha_i)$$

где $\varphi_i(\alpha_i)$ — угол между векторами единичной длины отклонений динамической характеристики ОД и структурной чувствительности для i -го динамического элемента и параметра интегрального преобразования α_i .

Таким образом, нормированный диагностический признак (6) представляет собой среднее значение квадратов синусов углов, образованных в k -мерном пространстве нормированными векторами структурной чувствительности динамического элемента и деформации интегрального преобразования динамической характеристики объекта диагностирования, полученными для различных параметров интегрального преобразования.

Получение модели структурной чувствительности является отдельной, достаточно сложной задачей. Для уменьшения объема требуемых вычислений при получении диагностических признаков заменим в выражении (6) нормированные векторы $\hat{V}_i(\alpha_i)$ интегральных преобразований модели структурной чувствительности на нормированные векторы $\Delta \hat{P}_i(\alpha_i)$ деформаций интегральных преобразований динамических характеристик модели, полученные в результате пробных отклонений параметров соответствующих блоков:

$$J_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left\{ 1 - \left[\sum_{j=1}^k \Delta \hat{P}_{ji}(\alpha_i) \cdot \Delta \hat{F}_j(\alpha_i) \right]^2 \right\}. \quad (7)$$

Выражение (7) позволяет получить значения нормированного диагностического признака, представляюще-

го собой среднее значение квадрата синуса угла, образованного вектором реальной деформации интегральной оценки динамической характеристики, обусловленной наличием дефекта в объекте, и вектором деформации интегральной оценки динамической характеристики, полученной в результате пробного отклонения параметров блока объекта. Пробное отклонение блока, минимизирующее значение диагностического признака (7), указывает на наличие дефекта в этом блоке.

Пример применения метода

Проиллюстрируем применение описанного подхода для диагностирования объекта, структурная схема которого представлена на рис.1.

Передаточные функции динамических элементов:

$$W_1 = \frac{k_1(T_1 p + 1)}{p}; W_2 = \frac{k_2}{T_2 p + 1}; W_3 = \frac{k_3}{T_3 p + 1},$$

номинальные значения параметров: $T_1=5$ с; $K_1=1$; $K_2=1$; $T_2=1$ с; $K_3=1$; $T_3=5$ с. При поиске одиночного дефекта в виде отклонения постоянной времени $T_1=4$ с в первом звене путем подачи ступенчатого тестового входного сигнала единичной амплитуды и интегрального преобразования сигналов по Лапласу для параметра $\alpha = 0.5$ и $T_k=10$ с получены значения диагностических признаков при использовании трех контрольных точек и модели чувствительности: $J_1=0$; $J_2=0.186$; $J_3=0.018$. Минимальное значение признака J_1 однозначно указывает на наличие дефекта в первом блоке, а разность между третьим и первым признаками может количественно характеризовать фактическую различимость этого дефекта. Тот же дефект, найденный путем получения пробных отклонений на величину 10 % и вычислений по формуле (7), дает следующие значения диагностических признаков: $J_1=0$; $J_2=0.78$; $J_3=0.074$. Анализ значений диагностических признаков показывает, что значения второго и третьего признака, полученные при использовании пробных отклонений, больше, чем при использовании модели чувствительности. Это позволяет сделать вывод, что фактическая различимость дефекта первого блока выше при использовании второго алгоритма. Различимости дефектов второго и третьего блоков при поиске их с использованием пробных отклонений также не хуже, чем при использовании модели чувствительности.

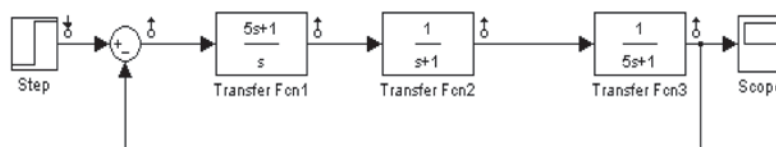


Рис. 1. Структурная схема объекта диагностирования

Выводы

Нормированные диагностические признаки позволяют сравнивать результаты поиска дефектов в различных режимах и количественно определять фактическую различимость дефектов. Предложенный метод поиска

дефектов позволяет перейти от анализа функций к анализу численных значений их функционалов, уменьшить требуемый объем вычислений и обеспечить характеристики различимости дефектов не хуже, чем метод, использующим модель чувствительности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шалобанов С.В. Диагностирование динамических объектов методом интегральных преобразований сигналов / Информационные и управляющие системы: Сборник научных трудов / Под ред. В.В. Воронина — Хабаровск: Изд.-во Хабар. Гос. Техн. Ун-та, 2003. С. 30–33.
2. Шалобанов С.В. Структурные методы поиска одиночных дефектов в динамических системах / Изв. вузов. Приборостроение. 2000. № 4. С. 7–13.
3. Патент России 2136033. Способ контроля динамического блока в составе системы управления и устройство для его осуществления / Шалобанов С.В. — № 98115937/09(017487); заявл. 17.08.98; опубл. 27.08.99, бюл. № 24.
4. Шалобанов С.В. Поиск дефектов в динамических системах методом интегральных преобразований сигналов / Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2005. № 1. С. 59–68.

© Шалобанов Сергей Викторович (shalobanov@mail.ru), Шалобанов Сергей Сергеевич (shalobanov_ne@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВОЗМОЖНЫЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ РАЗВИТИЕМ СИНДРОМА СУХОГО ГЛАЗА И НАЛИЧИЕМ ЦЕЛИАКИИ

Агеев Кирилл Владимирович

Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова
dr.ageevkirill@yandex.ru

POSSIBLE RELATIONSHIPS BETWEEN THE DEVELOPMENT OF DRY EYE SYNDROME AND THE PRESENCE OF CELIAC DISEASE

Ageev K.

Summary: Dry eye syndrome is a complex functional disorder that can cause discomfort and blurred vision with potential damage to the ocular surface. Celiac disease, an immune-mediated disease, is considered as one of the possible causes of dry eye syndrome, due to a decrease in the absorption of fat-soluble vitamins, on the one hand, and the development of an inadequate autoimmune response, on the other. The results of currently existing studies allow us to propose to investigate the possibility of using the «dry eye» syndrome as a possible symptom of the presence of such an autoimmune pathology as celiac disease, and to consider a fundamentally new approach to the treatment of the «dry eye» syndrome in case of its autoimmune etiology through nutritional correction, and also taking probiotic preparations, which requires further research.

Keywords: dry eye syndrome, tear film, Sjögren's syndrome, celiac disease, autoimmune reactions

Аннотация. Синдром «сухого глаза» представляет собой сложное функциональное расстройство, способное вызывать дискомфорт и нарушение зрения с потенциальным повреждением поверхности глаза. Целиакия, иммуноопосредованное заболевание, рассматривается как одна из возможных причин развития синдрома сухого глаза, вследствие снижения процессов абсорбции жирорастворимых витаминов, с одной стороны, и развития неадекватной аутоиммунной реакции — с другой. Результаты существующих в настоящее время исследований позволяют предложить исследовать возможность применения синдрома «сухого глаза» в качестве возможного симптома наличия такой аутоиммунной патологии, как целиакия, и рассмотреть принципиально новый подход к лечению синдрома «сухого глаза» в случае его аутоиммунной этиологии посредством коррекции питания, а также приема препаратов-пробиотиков, который требует дальнейших исследований.

Ключевые слова: синдром «сухого глаза», слезная пленка, синдром Шегрена, целиакия, аутоиммунные реакции.

Синдром «сухого глаза» (ССГ) является одной из наиболее распространенных причин обращения к офтальмологу. Это многофакторное клиническое офтальмологическое заболевание повреждения поверхности глаза с частотой встречаемости среди населения от 5 до 50%, в зависимости от используемых диагностических критериев и изучаемой популяции [2, 17, 32]. Вследствие развития ССГ и сопутствующего ему нарушения гомеостаза слезной жидкости возникают проблемы со зрением, вплоть до механического повреждения поверхности глаза, что неизбежно оказывает негативное влияние на самочувствие человека и качество его жизни [14]. Участвовавшие в последние годы случаи регистрации ССГ требуют пристального внимания с точки зрения определения возможных факторов риска и предотвращения развития данного синдрома [28, 30]. Кроме того, ССГ может являться одним из первых симптомов системного заболевания [25].

Снижение секреции отдельных слоев преокулярной слезной пленки (мейбоиевых желез, слюнных желез и бокаловидных клеток конъюнктивы) провоцирует нарушение ее целостности и стабильности и вызывает развитие ССГ [3, 14, 18]. Нестабильная слезная пленка вызывает повышенные аккомодационные микрофлуктуации, создавая тем самым выраженную нагрузку на цилиарную мышцу, вследствие чего страдает зрительная

функция глаза. Нейросенсорные аномалии, возникающие при ССГ и усугубляющие его клиническое течение, участвуют в нейрогенном воспалении, невропатической боли и развитии нейротрофической кератопатии. Пациент с наличием ССГ жалуется на дискомфорт и/или нарушение зрения, сопровождаемые воспалением и нейросенсорными нарушениями, а также эпителиопатией поверхности глаза [12, 31, 33].

Согласно последним исследованиям, микробиота кишечника играет одну из ключевых ролей в патогенезе аутоиммунной сухости глаз [7]. В исследовании Dos Santos Martins T. G. et al. (2021) была проанализирована распространенность офтальмологических проявлений у пациентов с глютеновой болезнью, с учетом их возраста и пола. Согласно результатам исследования, наличие целиакии сопровождалось ССГ (в 32 % случаев) и катарактой (в 12 % случаев) [13].

В патогенезе целиакии участвуют изменения, происходящие в микробиоте кишечника, обусловленные потерей толерантности к глютену и увеличением проницаемости кишечного барьера, вследствие чего снижается количество пробиотических микроорганизмов (*Bifidobacterium* spp., *Lactobacillus* spp. и *Faecalibacterium prausnitzii*) и увеличивается количество провоспалительных бактерий (*Bacteroides* spp., *Escherichia coli*,

Staphylococcus spp.), что особенно ярко проявляется с возрастом пациента. Отмечается снижение иммунитета, формируется хроническое воспаление [4, 22, 23].

Согласно ряду исследований, среди пациентов с ССГ отмечается высокая распространенность целиакии (глютеновой болезни) [10, 15, 29]. Это генетически обусловленное, иммуноопосредованное заболевание, являющееся одной из ведущих причин мальабсорбции жирорастворимых витаминов, что, в свою очередь, может проявляться в виде офтальмологических признаков и симптомов, включающих нарушения зрения, увеит, сухость глаз [11, 16]. При целиакии также наблюдается развитие неадекватной иммунной реакции в ответ на поступление глютена в просвет тонкой кишки, вследствие чего в организме развивается аутоиммунный ответ и «страдают» различные органы и ткани организма [1]. Целиакия также несет повышенный риск развития диабета I типа и аутоиммунного заболевания щитовидной железы (гипертиреоз или гипотиреоз), развитие герпетиформного дерматита [26]. При этом, несмотря на наличие достаточно простых технических методов диагностики, отмечается недостаточность выявления случаев данного заболевания, связанная с тем, что в ряде случаев у больного отсутствуют желудочно-кишечные симптомы, при наличии неспецифических проявлений нутритивной недостаточности, что определяет актуальность поиска маркеров данной патологии [8, 21].

При целиакии в организме возникает ряд системных аутоиммунных нарушений, которые и провоцируют развитие ССГ. При этом в качестве этиологической причины развития ССГ выступает дефицит образования слезной пленки (синдром Шегрена), регистрируются циркулирующие в крови аутоантитела против внутриклеточных аутоантигенов, а также разрушение экзокринных желез вследствие лимфоцитарной инфильтрации. В целом сухость глаз при синдроме Шегрена обусловлена гипосекрецией слезных желез, вызванной характерными

воспалительными изменениями в слезной железе в присутствии в слезной жидкости медиаторов воспаления [19, 27].

Согласно ряду исследований, сухость глаз, возникающая при синдроме Шегрена, обусловлена влиянием целиакии на микробиоту кишечника пациента, вследствие чего в крови циркулирует большое количество провоспалительных цитокинов, продуцируемых Т-хелперами (так, клетки TH1 продуцируют цитокины INF- γ , IL-1b, IL-6 и TNF- α , а клетки TH17 продуцируют IL-17), вследствие чего развивается хроническое воспаление. Циркулируя в крови, Т-хелперы достигают глазной поверхности и оказывают повреждающее воздействие на бокаловидные клетки конъюнктивы и роговичный эпителий. Аутореактивные В-лимфоциты, в свою очередь, также участвующие в патофизиологии ССГ, представляют собой антигенпрезентирующие клетки, привлекающие воспалительные клетки посредством передачи рецепторных сигналов или каскада активации комплемента, а их присутствие является ключевым признаком сухости глаз, связанной с синдромом Шегрена [5, 6, 9, 24]. В ряде исследований отмечается, что соблюдение безглютеновой диеты при целиакии снижает частоту выявленных сопутствующих патологий, в том числе ССГ [15, 20]. Выполняются также исследования эффективности приема пробиотиков, назначаемых при целиакии, в качестве приема лечения ССГ.

Таким образом, в настоящее время исследование механизмов взаимосвязи целиакии и ССГ может, с одной стороны, рассматриваться как перспективное направление в предупреждении развития ССГ и его лечении, а с другой — перспективным является исследование возможностей использования ССГ как диагностического критерия целиакии. Дальнейшие исследования в данном направлении позволят предложить принципиально новый подход к лечению ССГ в случае его аутоиммунной этиологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агеев К.В. Синдром «сухого глаза» как одно из последствий основного заболевания «целиакия». 2022;52:1656–1665.
2. Инкарбеков М.Ж., Бурибаева Ж.К., Маханбеткулова Д.Н. Синдром сухого глаза: особенности диагностики и лечения. Вестник Казахского Национального медицинского университета. 2020;3:96–99.
3. Мошетова Л.К., Волков О.А. Современное представление о слезной жидкости, значение ее в диагностике. Русский медицинский журнал. 2004;4:138–139.
4. Ситкин С.И., Авалуева Е.Б., Орешко Л.С., Хавкин А.И. Микробиота и дисбиоз кишечника при целиакии. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2021;66(2):116–122.
5. Татарникова Е.Б., Кривошеина О.И. Синдром «сухого глаза»: современные аспекты этиологии и патогенеза. Клиническая офтальмология. 2020;20(3):128–132. DOI: 10.32364/2311-7729-2020-20-3-128-132.
6. Ainola, M.; Porola, P.; Takakubo, Y.; Przybyla, B.; Kouri, V.P.; Tolvanen, T.A.; Hänninen, A.; Nordström, D.C. Activation of plasmacytoid dendritic cells by apoptotic particles—Mechanism for the loss of immunological tolerance in Sjögren's syndrome. Clin. Exp. Immunol. 2018, 191, 301–310.
7. Bai X., Xu Q., Zhang W. Wang C. The gut-eye axis: correlation between the gut microbiota and autoimmune dry eye in individuals with Sjögren Syndrome. Eye & Contact Lens Science & Clinical Practice. 2023;49(1):1–7. DOI:10.1097/icl.0000000000000953
8. Barker J. M., Liu E. Celiac disease: pathophysiology, clinical manifestations, and associated autoimmune conditions. Adv Pediatr. 2008;55:349–65. doi: 10.1016/j.yapd.2008.07.001.

9. Bron, A.J.; De Paiva, C.S.; Chauhan, S.K.; Bonini, S.; Gabison, E.E.; Jain, S.; Knop, E.; Markoulli, M.; Ogawa, Y.; Perez, V.; et al. TFOS DEWS II pathophysiology report. *Ocul. Surf.* 2017, 15, 438–510.
10. Gaglar E., Ugurlu S., Ozenoglu A., Can G., Kadioglu P., Dobrucali A. Autoantibody frequency in celiac disease. *Clinics.* 2009;64:1195-1200.
11. Caio G, Volta U, Sapone A, Leffler DA, De Giorgio R, Catassi C, Fasano A. Celiac disease: a comprehensive current review. *BMC Med.* 2019 Jul 23;17(1):142. doi: 10.1186/s12916-019-1380-z. PMID: 31331324; PMCID: PMC6647104.
12. Craig, J.P.; Nichols, K.K.; Akpek, E.K.; Caffery, B.; Dua, H.S.; Joo, C.K.; Liu, Z.; Nelson, J.D.; Nichols, J.J.; Tsubota, K.; et al. TFOS DEWS II Definition and Classification Report. *Ocul. Surf.* 2017, 15, 276–283.
13. Dos Santos Martins T.G., Sipahi A., dos Santos F.M., Schor P. Eye disorders in patients with celiac disease and inflammatory bowel disease: A study using clinical data warehouse. *European Journal of Ophthalmology.* 2021;1(1):1. DOI:10.1177/11206721211012849
14. Dybala E., Dybala-Przygodzka I., Aghadi A., Cuber I., Bialowas E., Mazurek M. Dry eye syndrome — vicious circle mechanism of disease. *Journal of Education, Health and Sport.* 2023;13(3):207-216. DOI:10.12775/JEHS.2023.13.03.030
15. Erbasan F., Coban D.T., Karasu U., Çekin Y., Yeşil B., Çekin B., Süren D., Terzioğlu E. Primary Sjögren's syndrome in patients with celiac disease. *Turkish Journal of Medical Sciences.* 2017;47(2):430-434. DOI:10.3906/sag-1601-149
16. Fousekis F., Katsanos A., Katsanos K.H., Christodoulou D. Ocular manifestations in celiac disease: an overview. *International ophthalmology.* 2020;40(10). DOI:10.1007/s10792-019-01254-x
17. Golden M.I., Meyer J.J., Patel B.C. Dry Eye Syndrome. StatPearls Publishing. 2022. PMID: 29262012
18. Gunec C.B. A quick review on dry eye syndrome. *Ophthalmology.* 2023. DOI:10.13140/RG.2.2.20416.00003
19. Huang R., Su C., Fang L., Lu J., Chen J., Ding Y. Dry eye syndrome: comprehensive etiologies and recent clinical trials. *Dry eye syndrome: comprehensive etiologies and recent clinical trials.* *Int Ophthalmol.* 2022;42:3253–3272. <https://doi.org/10.1007/s10792-022-02320-7>
20. Kahaly GJ, Frommer L, Schuppan D. Celiac Disease and Glandular Autoimmunity. *Nutrients.* 2018 Jun 25;10(7):814. doi: 10.3390/nu10070814. PMID: 29941778; PMCID: PMC6073228.
21. Leonard M.M., Camhi S., Huedo-Medina T.B., Fasano A. Celiac disease genomic, environmental, microbiome, and metabolomic (CDGEMM) study design: approach to the future of personalized prevention of celiac disease. *Nutrients.* 2015;7(11):9325–9336. <https://doi.org/10.3390/nu7115470>.
22. Marasco G., Di Biase A.R., Schiumerini R., Eusebi L.H., Iughetti L., Ravaioli F., Scaiola E., Colechia A., Fest D. Gut microbiota and celiac disease. *Dig Dis Sci.* 2016;61:1461–1472. <https://doi.org/10.1007/s10620-015-4020-2>
23. Melchor S, Sánchez-Piedra C, Fernández Castro M, Andreu JL, Martínez Taboada V, Olivé A, Rosas J, Menor R, García-Aparicio Á, López Longo FJ, Manrique-Arija S, García Vadillo JA, López González R, Narváez J, Galisteo G, González Martín J, Naranjo A, Illera Ó, Moreira B, Raya E, Rodríguez López M, Júdez E, Moriano C, Torrente-Segarra V, García Magallón B, Guillén Astete C, Castellvi I, Bohórquez C, Loricera J, Belzunegui J, Carreira PE; Sjögrenser group, part of the Spanish Society of Rheumatology Systemic Autoimmune Diseases Study Group (EASSER). Digestive involvement in primary Sjögren's syndrome: analysis from the Sjögrenser registry. *Clin Exp Rheumatol.* 2020 Jul-Aug;38 Suppl 126(4):110-115. Epub 2020 Oct 1. PMID: 33025900.
24. Moon J, Yoon CH, Choi SH, Kim MK. Can Gut Microbiota Affect Dry Eye Syndrome? *Int J Mol Sci.* 2020 Nov 10;21(22):8443. doi: 10.3390/ijms21228443. PMID: 33182758; PMCID: PMC7697210.
25. Mulak M., Misiuk-Hojić M., Dembska K. Dry eye syndrome in systemic diseases. *Family Medicine and Primary Care Review.* 2008;10(3):968-972.
26. Parzanese I., Qehajaj D., Patrinicola F., Aralica M., Chiriva-Internati M., Stifter S., Elli L., Grizzi F. Celiac disease: From pathophysiology to treatment. *World J Gastrointest Pathophysiol.* 2017;8(2):27-38. doi: 10.4291/wjgp.v8.i2.27.
27. Rao P. D. Etiology of dry eye. *Dry Eye Disease Clinical Trial Endpoints — Current State of the Art and Future Perspectives.* 2023. DOI:10.5772/intechopen.110142
28. Şimşek C, Doğru M, Kojima T, Tsubota K. Current Management and Treatment of Dry Eye Disease. *Turk J Ophthalmol.* 2018 Dec 27;48(6):309-313. doi: 10.4274/tjo.69320. PMID: 30605938; PMCID: PMC6330664.
29. Therrien A, Kelly CP, Silvester JA. Celiac Disease: Extraintestinal Manifestations and Associated Conditions. *J Clin Gastroenterol.* 2020 Jan;54(1):8-21. doi: 10.1097/MCG.0000000000001267. PMID: 31513026; PMCID: PMC6895422.
30. Trief D. Dry eye syndrome. *The Columbia Guide to Basic Elements of Eye Care.* 2019;105-115. DOI:10.1007/978-3-030-10886-1_10
31. Tsubota K., Pflugfelder S.C., Liu Z., Baudouin C., Kim H.M., Messmer E.M., Kruse F., Liang L., Carreno-Galeano J.T., Rolando M., Yokoi N., Kinoshita S., Dana R. Defining dry eye from a clinical perspective. *Int J Mol Sci.* 2020;21(23):9271. doi: 10.3390/ijms21239271.
32. Vidal-Rohr M., Craig J.P., Davies L.N., Wolffsohn J.S. The epidemiology of dry eye disease in the UK: the Aston dry eye study. *Indian Journal of Ophthalmology.* 2023;71(4):1276-1284. DOI:10.4103/IJO.IJO_2887_22
33. Yokoi, N.; Georgiev, G.A. Tear-film-oriented diagnosis for dry eye. *Jpn. J. Ophthalmol.* 2019, 63, 127–136.

© Агеев Кирилл Владимирович (dr.ageevkirill@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РОЛЬ ОРТОПЕДИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ ХРОНИЧЕСКОГО ГЕНЕРАЛИЗОВАННОГО ПАРОДОНТИТА

THE ROLE OF ORTHOPEDIC METHODS IN THE COMPLEX TREATMENT OF CHRONIC GENERALIZED PERIODONTITIS

**S. Gusenov
I. Rasulov
K. Ilyasov
M. Idrisova**

Summary. It is well known that the treatment of periodontal tissue diseases is complex, which includes a combination of etiotropic and pathogenetic therapy methods. The aim of our study was to increase the effectiveness of treatment of chronic generalized periodontitis. 180 people were included in the study, 120 of them formed a control group, and as a local anti-inflammatory and antiseptic therapeutic agent, they used traditional drugs available to doctors, these are 3% hydrogen peroxide solution, 0.02% furacilin solution, 0.2% chlorhexidine solution, calendula tincture, romazulan, etc., in the form of applications and rinses. In 60 people of the main group, a 0.01% aqueous solution of miramistin was used as treatment. The results of the study indicate that in patients with moderate and severe CGP who received the complex treatment proposed by us, the positive dynamics of clinical indicators in periodontal tissues is clearly expressed.

Keywords: generalized periodontitis, periodontal index, hygienic index, pathological mobility of teeth.

Гусенов Серажудин Гусейнович

кандидат медицинских наук, доцент,
Дагестанский государственный медицинский
университет (г. Махачкала)
serajgusenov@mail.ru

Расулов Ибрагим Магомедкамович

доктор медицинских наук, доцент,
Дагестанский государственный медицинский
университет (г. Махачкала)

Ильясов Камильхан Абдулсаламович

Аспирант, Дагестанский государственный
медицинский университет (г. Махачкала)

Идрисова Муминат Абдулсаламовна

кандидат медицинских наук, доцент,
Дагестанский государственный медицинский
университет (г. Махачкала)

Аннотация. Общеизвестно, лечение заболеваний тканей пародонта носит комплексный характер, который включает сочетание методов этиотропной и патогенетической терапии. Целью нашего исследования явилось повышение эффективности лечения хронического генерализованного пародонтита. 180 человек вошло в исследование, из них контрольную группу сформировали 120 лиц и в качестве местного противовоспалительного и антисептического лечебного средства использовались им традиционные препараты, имеющиеся в распоряжении у врачей, это 3 % раствор перекиси водорода, 0,02 % раствор фурацилина, 0,2 % раствор хлоргексидина, настойка календулы, ромазулан и др., в виде аппликаций и полосканий. У 60 человек основной группы в качестве лечения был использован 0,01 % водный раствор мирамистина. Результаты исследования свидетельствуют о том, что у больных ХГП среднего и тяжёлого течения, получавших предложенное нами комплексное лечение, отчётливо выражена положительная динамика клинических показателей в тканях пародонта.

Ключевые слова: генерализованный пародонтит, пародонтальный индекс, гигиенический индекс, патологическая подвижность зубов.

Введение

На сегодняшний день известно, что лечение заболеваний тканей пародонта носит комплексный характер, который включает сочетание методов этиотропной и патогенетической терапии [1,2].

В современной стоматологии накоплен опыт отечественных исследователей в использовании не только терапевтических, но и хирургических и ортопедических методов лечения [3].

При этом учитывается персонализированный подход к каждому пациенту и предусматривает возможность использования таких средств, которые повышают устой-

чивость организма к вредным факторам, активируют адаптационные и защитно-приспособительные системы организма больного [4,5].

Цель исследования: повышение эффективности лечения хронического генерализованного пародонтита (ХГП).

Материал и методы исследования

В исследование вошло 180 человек мужского и женского полов. Диагноз ХГП ставился в соответствии с общепринятыми диагностическими критериями, согласно классификации, принятой правлением Всесоюзного общества стоматологов (1983 г.) [5]. При клиническом об-

следовании каждого пациента изучали анамнез жизни, наследственную предрасположенность к пародонтиту, непереносимость лекарственных препаратов. Выясняли наличие имеющихся и перенесённых соматических заболеваний, анамнез болезни (начало заболевания, характер течения, обращался ли больной к врачу, проводимое лечение, эффективность проведённого лечения). Осматривали полость рта, обращая при этом внимание на аномалии зубного ряда, прикус, наличие заболеваний твёрдых тканей зубов, состояние преддверия полости рта, правильность прикрепления уздечек губ и языка, наличие диастем, рельеф десневого края, цвет и консистенцию слизистой оболочки десны, статику зубов.

Для изучения распространенности и интенсивности поражения тканей пародонта мы использовали пародонтальный индекс (PI). Степень распространения воспаления и его тяжести определяли при помощи упрощённого показателя гигиены по Грину-Вермилиону ОНI-S. Для изучения степени воспаления десны и глубины пародонтальных карманов нами использовался индекс Рамфьерда (IR) (1956 г.).

В зависимости от клинического течения заболеваний пародонта, наличия фоновой патологии и ряда других факторов, лечебные мероприятия проводились по 4-м направлениям, а именно, устранение местных раздражающих факторов и симптомов заболевания, повышение резистентности организма, диспансеризация (проведение повторных осмотров и повторных курсов лечения, профилактика рецидивов).

Всем пациентам контрольный и основной групп курс терапии проводился по вышеописанным направлениям с применением схожих методик.

Мы оценивали в первое посещение пациента состояние гигиены полости рта и обучали его навыкам гигиены, используя для контроля определение гигиенического индекса [6].

Зубные отложения удаляли после обработки шеек зубов и слизистой десны антисептическим раствором, используя набор инструментов, в который входят экскаваторы различных профилей, крючки, рашпильная гладилка для отделки корня, а также ультразвуковые аппараты. Шлифовку шейки и корня зуба проводили после снятия зубных отложений.

Далее приступали к проведению местной противовоспалительной терапии, включающей в себя использование, по показаниям, антисептиков, антибиотиков, стероидных и нестероидных противовоспалительных препаратов, ферментов, вяжущих средств. В этом плане мы большое значение придавали антисептической обработке пародонтальных карманов.

Таким образом, контрольную группу сформировали 120 человек и в качестве местного противовоспалительного и антисептического лечебного средства использовали им традиционные препараты, имеющиеся в распоряжении у врачей, это 3 % раствор перекиси водорода, 0,02 % раствор фурацилина, 0,2 % раствор хлоргексидина, настойка календулы, ромазулан и др., в виде аппликаций и полосканий.

А в качестве терапии основной группы из 60 человек нами был использован 0,01 % водный раствор мирамистина. Нами разработана лечебная экстемпоральная бактерицидная повязка (рац. предложение № 00–1114), представляющая собой композицию из 0,01 % раствора антисептического препарата мирамистин и стоматологического кальцийсодержащего цемента для временной фиксации Ортофикс-Аква. Проведённые нами микробиологические исследования показали, что связывание мирамистина цементом для временной фиксации не снижает его антибактериальной активности. Лечебная экстемпоральная бактерицидная повязка готовится следующим образом. На чистой сухой стеклянной пластине шпателем смешивают необходимое количество порошка с 0,01 % водным раствором мирамистина до получения однородной пастообразной консистенции в течение 1 минуты. Подготовленную пасту шпателем накладывали с оральной, а затем с вестибулярной стороны тонким слоем на высушенный десневой край и в межзубные промежутки. Поверхность повязки плотно прижимали со всех сторон и моделировали так, чтобы режущие края и жевательные поверхности зубов были свободны. Повязка твердеет в течение 3–4 минут. Она хорошо впитывает экссудат пародонтальных карманов, легко снимается.

Для фиксации повязки мы разработали лечебно-профилактическую зубодесневую шину. Шина представляет собой две пластмассовые дуги, расположенные на вестибулярной и оральной поверхностях зубного ряда. В них имеется выемка для размещения и фиксации лечебной повязки. Оральную и вестибулярную части шины фиксируют между собой проволочные перемычки, расположенные на межзубных промежутках и не мешающие смыканию зубов. Перемычки готовились из нержавеющей стали диаметром 0,8 мм.

Нами предложен способ изготовления такой шины (патент № 2249441), заключающийся в том, что для размещения лечебной повязки, предварительно на модели челюсти ретенционную зону и часть десны на расстоянии 7–8 мм от десневых сосочков покрывают слоем зуботехнического воска толщиной до 1,5 мм. Затем по этой модели получают дубликатную модель, на которой и готовят шину с выемкой на толщину воска 1,5 мм.

После устранения местных раздражающих факторов (удаление зубных отложений и т.д.) мы экспертным путем

определяли показания к изготовлению зубодесневой шины. В ряде случаев, особенно при лёгкой и средней степени тяжести пародонтита, мы не считали необходимым изготовление шины. В этом случае лечебную экстенпоральную бактерицидную повязку, приготовленную по указанной выше схеме, накладывали на придесневой участок пародонта зубов, как с оральной, так и с вестибулярной стороны. После схватывания цемента пациента отправляли домой с рекомендациями щадить повязку. Повязку регулярно меняли в течение 5–6 посещений до исчезновения признаков воспаления.

В случаях же, когда мы считали целесообразным изготовление лечебно-профилактической зубодесневой шины, снимались оттиски с обеих челюстей эластичной массой, отливались модели и затем по моделям, готовилась шина.

Всего нами было изготовлено 30 лечебно-профилактических зубодесневых шин 26 пациентам, из них 21 шина — на зубные ряды нижней челюсти и 9 — на верхнюю челюсть.

Шина припасовывалась в полости рта, затем готовилась экстенпоральная лечебная повязка, накладывалась на придесневой участок и поверх повязки накладывалась шина. Пациента назначали через день. В момент посещения шина снималась, повязка удалялась, проводилась аппликация 0,01 % раствором мирамистина, затем вновь накладывались повязка и шина, и так 5–6 раз. Кроме фиксации повязки шина играла роль средства, предохраняющего зубы от отрицательных боковых воздействий. После окончания курса лечения мы рекомендовали больным сохранять шины для повторного лечения.

При ХГП средней степени тяжести курс составил 7–8 посещений, а при пародонтите тяжелой степени проводились хирургические вмешательства по показаниям.

Кроме местного противовоспалительного лечения для устранения симптомов пародонтита с целью борьбы с инфекцией, интоксикацией организма, активизации иммунитета больного, стимуляции регенеративных процессов проводилось и общее лечение. При этом по схеме применялись нестероидные противовоспалительные средства, обладающие выраженным противовоспалительным, антигипоксическим, анальгезирующим эффектом, а также гипосенсибилизирующие средства.

В основной группе больным с ХГП средней и тяжелой степени, плохо поддающимся лечению, одновременно назначали иммуномодулятор ликолипид в дозах от 1 мг до 5 мг, сублингвально ежедневно в течение 10 дней.

При лечении болезней пародонта нами использовались следующие ортопедические методы: функциональ-

ное избирательное при шлифовании зубов; непосредственное протезирование и шинирование; временное и постоянное шинирование; зубное протезирование.

Одним из главных методов устранения травмирующего действия функции на пародонт является шинирование. С помощью этого метода удается разорвать порочный круг, устранить фактор травмы и создать благоприятные условия для противовоспалительного лечения.

Лечебное значение шинирования заключается в дроблении жевательной нагрузки за счет распределения ее на зубы с более выносливым пародонтом путем использования различных видов стабилизации зубов. Обязательное условие при шинировании — уравновешивание сил пародонта антагонизирующих групп зубов и зубных рядов.

Для временного шинирования мы пользовались оральной многозвеньевой шиной из пластмассы. На гипсовых моделях с оральной стороны на границе от режущего края или перехода жевательной поверхности в оральную до линии экватора зуба (границы будущей шины очерчивают карандашом) равномерным слоем толщиной 2–2,5 мм распределяли пластмассу. При этом жевательную поверхность и режущий край покрывали тонким слоем (0,3–0,4 мм) пластмассы без перевода её на вестибулярную поверхность. При наличии трем и дефектов зубного ряда небольшой протяженности в эти участки также вводили пластмассу. В центр шины помещали ортодонтическую проволоку d-0,8 мм для прочности. Шину фиксировали композитом любого поколения.

Для постоянного шинирования мы использовали интердентальную шину В.Н. Копейкина в нашей модификации. Шина В.Н. Копейкина представляет собой введенный с апроксимальных сторон двух соседних зубов гантелеобразный металлический штифт, который укрепляется с оральной стороны передних зубов или на жевательной поверхности боковых зубов в специально выпиленном пазу при помощи пластмасс норакрил или акрилоксид. Мы предложили модификацию интердентальной шины (рац. предл. №00–1032). Предлагаемая нами шина представляет собой скобу из проволоки нержавеющей стали диаметром 0,8 мм протяженностью около 4 мм.

Перед изготовлением шины тщательно проверяли окклюзионные контакты и в случае их неравномерности стачивали участки, блокирующие движение челюстей. По рентгенограмме определяли зоны безопасности твердых тканей с тем, чтобы при препарировании не вскрыть пульповую камеру. У зубов фронтальной группы полости располагали с оральной стороны в зоне между режущим краем и зубным бугорком, но так, что-

бы от режущего края до начала полости было не менее 2 мм. Это необходимо для того, чтобы сохранить достаточно прочный слой эмали, способный противостоять вертикальной нагрузке. У жевательных зубов полость создавали с их поверхности, отступя 2–3 мм от края, глубиной не менее 2 мм. В центре намеченной полости алмазным или твердосплавным бором делали углубление.

После создания полости в соседнем зубе их соединяли поперечным пазом глубиной около 1 мм. Поперечный паз создавали при помощи алмазной цилиндрической головки. Затем приготовленную скобу припасовывали так, чтобы отростки входили в полости, а тело было погружено в паз полностью. Эмаль стенок полостей и паза протравливали для частичного растворения межпризменного вещества. Тем самым значительно увеличивалась площадь соединения пломбировочного материала с полостью. После промывания и высушивания полости заполняли композитной массой любого поколения, вводили скобу. Затем оставшейся частью композита тщательно заглаживали края полостей. После отверждения материала проверяли окклюзионные контакты и создавали подобные полости в других зубах, подлежащих включению в единый блок при помощи шины данного типа.

Преимуществом предложенной модификации являются простота изготовления скобы и подготовка полости, в то время как изготовление гантелеобразного штифта представляет определенные трудности, да и методика препарирования полостей по В.Н. Копейкину более сложна.

Интердентальная шина обеспечивает надежное перераспределение всех компонентов жевательного давления, особенно в сочетании со съёмной шиной.

Результаты исследования

Распределение больных по полу и возрасту показало следующие результаты: 55/30,6 % обследованных были моложе 30 лет, а 125/69,4 % — старше. В обследованной группе больных, мужчины составили 83/46,1 %, женщины — 97/53,9 %. Среди мужчин лица в возрасте до 30 лет — 32,5 %, а среди женщин — 28,4 %, старше 30 лет — 67,5 % и 71,6 %, соответственно. В контрольную группу было включено 120 больных, из которых 82 (68,3 %) — имели пародонтит средней степени тяжести, а 38 (31,7 %) — тяжёлой. В основную группу были включены 60 больных, у 42 (70,0 %) из которых была средняя степень пародонтита, а у 18 (30,0 %) — тяжёлая.

Всего в течение последних трёх лет нами было проведено ортопедическое лечение, включая и шинирование, у 55 пациентов контрольной группы и у 44 пациентов основной группы.

Сравнительный анализ данных о состоянии пародонта до и в разные сроки после лечения нами проведен по унифицированной схеме. Схема учитывает клинические признаки патологии до, сразу после лечения и спустя 6 месяцев после лечения.

Интересно, что кровоточивость дёсен отмечалась у всех обследованных больных до лечения, как у лиц с пародонтитом средней степени тяжести, так и при тяжелой степени заболевания. Сразу после проведенного комплексного лечения среди больных с хроническим генерализованным пародонтитом средней степени тяжести кровоточивость отмечалась у 8,7 % пациентов, а спустя 6 месяцев — у 12,7 %.

Однако, у лиц с пародонтитом тяжелой степени после проведенного лечения кровоточивость дёсен сохранилась у 14 % больных, спустя 6 месяцев — у 18,5 %.

Необходимо отметить, что гноетечение сразу после лечения прекратилось, а через 6 месяцев отмечалось лишь в единичных случаях. То же самое можно сказать и относительно пациентов с ХГП тяжелой степени.

Сразу после лечения ХГП средней и тяжелой степени отмечалось стабилизация глубины пародонтальных карманов, но через 6 месяцев у части лиц (22,1 %) обнаружилось прогрессирование этого клинически важного признака.

Изучение динамики подвижности зубов показало, что после проведенного курса лечения имело место уменьшение подвижности зубов, как у лиц с ХГП средней степени тяжести, так и у лиц с ХГП тяжелой степени.

Положительная динамика проявлялась в прекращении кровоточивости десен, отсутствии отечности, уплотнении десневых сосочков, нормализации цвета десны, плотном прилегании десны к зубам, уменьшении патологической подвижности зубов.

Индексная оценка состояния пародонта зубов до, сразу и через 6 месяцев после проведенного лечения также свидетельствует о высокой эффективности комплексных лечебных мероприятий при ХГП. РІ (индекс Рассела) сразу же после лечения был статистически достоверно ниже исходных как у лиц с ХГП средней тяжести, так и у лиц с ХГП тяжелой степени ($p < 0,01$) и продолжало оставаться таковым через 6 месяцев после лечения.

Гигиенический индекс ОНI-S (индекс Грин-Вермиллиона) у обследованных больных колебался в зависимости от интенсивности признаков патологического процесса. У больных сразу после лечения ХГП средней тяжести и ХГП тяжелой степени ОНI-S снижается.

Показатель IR до лечения у больных ХГП средней тяжести составлял $4,39 \pm 0,25$, сразу после лечения уменьшился до $1,2 \pm 0,2$, а через шесть месяцев эти показатели практически не изменялись. Анализ динамики индексной оценки больных свидетельствует, что при лечении ХГП тяжелой степени показатели снижаются в меньшей степени, чем при лечении ХГП средней тяжести.

Заключение

Следовательно, практика показывает, что терапевтические и хирургические лечебные мероприятия устраняют воспаление лишь на определённый промежуток

времени, после чего травматическое действие функции приводит к рецидиву болезни и усугублению патологических процессов пародонта. Только после устранения травматических перегрузок пародонта, стоматологом-ортопедом может быть достигнут положительный результат комплексного лечения заболеваний пародонта.

Таким образом, полученные нами результаты свидетельствуют о том, что у больных ХГП среднего и тяжёлого течения, получавших предложенное нами комплексное лечение, отчётливо выражена положительная динамика клинических показателей в тканях пародонта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рассказова В.В., Войтова П.Н. Современные методы комплексного лечения воспалительных заболеваний пародонта: обзор литературы // Молодой учёный. Казань, 2019. — №24 (262). — С. 37–39.
2. Апсова Ф.А., Мерамова Э.А. Хирургическое лечение заболеваний пародонта, сопровождающихся деструктивными изменениями костной ткани // Бюллетень медицинских интернет-конференций. Саратов, 2017. — Т. 7, № 10. — С. 1548–1553.
3. Зорина О.А., Беркутова И.С., Басова А.А. Антимикробная эффективность системного применения антибиотиков разных групп в комплексном лечении пациентов с хроническим генерализованным пародонтитом // Стоматология. Москва, 2014. — №93(5). — С. 13–18.
4. Бутюгин И.А., Долгушин И.И. Оценка эффективности применения иммуномодулирующих препаратов в комплексном лечении хронического генерализованного пародонтита // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. Москва, 2015. — № 12. — С. 133–139.
5. Patel J., Woolley J. Necrotizing periodontal disease: oral manifestation of COVID-19 // Text: electronic. Oral diseases, 2020. — Jun. 7. — 10.1111/odi.13462. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7301037/>
6. Асташина Н.Б., Рогожникова Е.П., Никитин В.Н. [и др.] Интеграция современных экспериментальных и клинических методов оценки подвижности зубов для оптимизации подходов к ортопедическому стоматологическому лечению пародонтита // Уральский медицинский журнал. Екатеринбург, 2020. — № 9(129). — С. 66–71.

© Гусенов Серажудин Гусейнович (serajgusenov@mail.ru); Расулов Ибрагим Магомедкамилович; Ильясов Камильхан Абдусаламович; Идрисова Муминат Абдусаламовна.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ ДОБРОКАЧЕСТВЕННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СКАЛЬПЕЛЯ HARMONIC FOCUS. НАШ ОПЫТ

THE RESULTS OF SURGICAL TREATMENT OF BENIGN THYROID DISEASES USING AN ULTRASONIC SCALPEL HARMONIC FOCUS. OUR EXPERIENCE

**D. Kazeev
E. Baychorov
N. Uzdеноv**

Summary:

Aim. To analyze the results and evaluate the effectiveness of surgical treatment of patients with benign thyroid diseases using the HarmonicFocus ultrasound scalpel.

Materials and methods. A retrospective study of the results of surgical treatment of patients operated with the HarmonicFocus ultrasound scalpel at the Clinic of Endoscopic and Minimally Invasive Surgery, Stavropol in the period from January 2016 to March 2022 was conducted.

Results. Statistical information is presented on the distribution of patients by nosological groups and the volume of surgical treatment and the frequency of postoperative complications after total thyroidectomy, hemithyroidectomy, resection of the isthmus. The advantages of using an ultrasonic scalpel in thyroid surgery as a reliable method of hemostasis are considered.

Conclusion. Modern methods of hemostasis in endocrine surgery allow performing various surgical interventions on the thyroid gland with minimal risk of postoperative complications.

Keywords: surgical treatment, benign thyroid diseases, HARMONIC FOCUS ultrasonic scalpel.

Казеев Дмитрий Александрович

Аспирант, ГБОУ ВПО «Ставропольский государственный
медицинский университет» Министерства
здравоохранения РФ
dimaskazeev@icloud.com

Байчоров Энвер Хусеинович

д.м.н., профессор, заслуженный врач РФ, ГБОУ ВПО
«Ставропольский государственный медицинский
университет» Министерства здравоохранения РФ
baychorov@gmail.com

Узденов Науруз Ахматович

к.м.н., врач высшей категории, ГБОУ ВПО
«Ставропольский государственный медицинский
университет» Министерства здравоохранения РФ;
Клиника эндоскопической и малоинвазивной хирургии,
г. Ставрополь
dr.nauka@mail.ru

Аннотация:

Цель. Провести анализ результатов и оценить эффективность оперативного лечения пациентов с доброкачественными заболеваниями щитовидной железы с использованием ультразвукового скальпеля HarmonicFocus.

Материалы и методы. Проведено ретроспективное исследование результатов оперативного лечения пациентов, оперированных с применением ультразвукового скальпеля HarmonicFocus на базе Клиники эндоскопической и малоинвазивной хирургии, г. Ставрополь в период с января 2016 года по март 2022 года.

Результаты. Представлена статистическая информация распределения пациентов по нозологическим группам и объема проведенного оперативного лечения и частоты послеоперационных осложнений после тотальной тиреоидэктомии, гемитиреоидэктомии, резекции перешейка. Рассмотрены достоинства применения ультразвукового скальпеля в хирургии щитовидной железы в качестве надежного метода гемостаза.

Заключение. Современные методы гемостаза в эндокринной хирургии позволяют выполнять различные по объему оперативные вмешательства на щитовидной железе с минимальным риском развития послеоперационных осложнений.

Ключевые слова: оперативное лечение, доброкачественные заболевания щитовидной железы, ультразвуковой скальпель HARMONIC FOCUS.

Введение

В Ставропольском крае остается актуальным вопрос заболеваемости населения эндокринной патологией, и, в частности, заболеваний щитовидной железы. В группе экологически обусловленных заболеваний ежегодно в регионе регистрируется около 40

тыс. случаев заболеваний, обусловленных дефицитом йода (2022 г. — 42422 случая), из которых почти пятая часть выявляется впервые — около 5,0–7,0 тыс. случаев (2022 г. — 6760 случая). В структуре заболеваемости, связанной с дефицитом микронутриентов, преобладают эндемический зоб, связанный с йодной недостаточностью — 42,19 %, тиреоидит — 18,91 % и другие формы

нетоксического зоба — 18,74 %, субклинический гипотиреоз вследствие йодной недостаточности и другие формы гипотиреоза — 14,17 %.[1] Тотальная тиреоидэктомия (ТТ) является методом выбора при хирургическом лечении многих заболеваний щитовидной железы [2, 3]. Учитывая богатую васкуляризацию щитовидной железы, вопрос качественного гемостаза является одним из наиболее приоритетных. От этого напрямую зависит количество опасных интра- и послеоперационных осложнений, таких как кровотечения, повреждения гортанных нервов и гипопаратиреоз [3, 4]. Исчерпывающий гемостаз позволяет предотвратить кровопотерю и кровотечение в операционном поле, что позволяет хорошо визуализировать анатомические структуры данной области, таким образом, значительно снижая вероятность потенциального повреждения околощитовидных желез и возвратных гортанных нервов, а также потенциально опасное послеоперационное кровотечение [4].

Цель исследования — анализ результатов и оценка эффективности оперативного лечения пациентов с доброкачественными заболеваниями щитовидной железы с использованием ультразвукового скальпеля HarmonicFocus.

Материалы и методы

Был проведен ретроспективный обзор пациентов с доброкачественными заболеваниями щитовидной железы, находившихся на стационарном лечении в клини-

ке эндоскопической и малоинвазивной хирургии в период с января 2016 года по март 2022 года, которым была выполнена тотальная тиреоидэктомия (ТТ) или гемитиреоидэктомия (ГТ) в зависимости от показаний к объему оперативного лечения с применением ультразвукового скальпеля HarmonicFocus.

Результаты

В исследование вошли 338 пациентов. Из них 89 % (n=301) были женщины, 11 % (n=37) мужчины. Средний возраст составил 47.8 ± 13.25 лет, а возрастной диапазон 19–77 лет. Пребывание в стационаре 265 пациентов, которым была выполнена тотальная тиреоидэктомия, составило в среднем 4.8 ± 1.4 койко-дня, 70 пациентов, которым по показаниям была выполнена гемитиреоидэктомия, находились в стационаре в среднем 4.2 ± 1.8 койко-дня, 3 пациента с прецизионной экстрафасциальной резекцией перешейка щитовидной железы находились в стационаре в среднем 2.7 ± 1.5 койко-дня (Табл. 1).

В зависимости от объема оперативного вмешательства на щитовидной железе в таблице 2 показана частота осложнений в раннем послеоперационном периоде. Летальность отсутствует. Кровотечение, серьезное осложнение, требующее ревизии, произошло только у 68-летней пациентки с короткой шеей и частично загрудинным расположением щитовидной железы, перенесшей ТТ с техническими трудностями. При выполнении ТТ у 6 пациентов был отмечен временный односторонний парез

Таблица 1.

Распределение пациентов по нозологическим группам и объем проведенного оперативного лечения. (p<0.05)

Нозологическая группа	Общее кол-во	Жен. (%)	Муж. (%)	Средний возраст. (лет)		Объем операции (количество)			Среднее время операции (мин.)			
				Жен.	Муж.	ТТ	ГТ	РП	ТТ*	ГТ*	РП*	
Тиреоидит	Аутоиммунный	109	97 (89)	12 (11)	47.5 ± 13.5	43.6 ± 13.5	104	5	—	85.3 ± 29.2	78 ± 24.9	—
	Амиодарон индуцированный	1	1 (100)	—	66	—	1	—	—	60	—	—
Зоб	Узловой	37	32 (86.5)	5 (13.5)	42.5 ± 14.2	50.2 ± 10.7	4	33	—	62.5 ± 5	68.2 ± 24.2	—
	Много узловой	50	45 (90)	5 (10)	49.6 ± 13.9	61 ± 14.2	42	8	—	74 ± 25.2	66.2 ± 18.5	—
	Диффузный узловой	127	114 (89.7)	13 (10.3)	49.3 ± 12.2	47.1 ± 10.6	113	14	—	79.8 ± 25.4	68.9 ± 15.5	—
	Фолликулярная аденома щитовидной железы	8	6 (75)	2 (25)	37.6 ± 15.5	59	1	7	—	80	71.4 ± 25.5	—
	Истинная киста щитовидной железы	6	6 (100)	—	39.3 ± 10.1	—	—	3	3	—	70	43
Итого:	338	301	37	47.6 ± 13.4	49.2 ± 12.3	265	70	3	80.7 ± 27	69.2 ± 22.1	43	

*ТТ — Прецизионная экстрафасциальная тиреоидэктомия, *ГТ — Прецизионная экстрафасциальная гемитиреоидэктомия, *РП — Прецизионная экстрафасциальная резекция перешейка щитовидной железы.

гортани в раннем послеоперационном периоде, частота повреждения составила 1,8 %. Гипокальциемия была диагностирована в 10 случаях после ТТ, частота ее составила 3 %. У пациентов, получивших оперативное лечение в объеме ГТ и РП осложнений выявлено не было.

Таблица 2.

Частота послеоперационных осложнений после тотальной тиреоидэктомии, гемитиреоидэктомии, резекции перешейка ($p < 0.05$)

	Всего кол-во (%)	ТТ* (%)	ГТ* (%)	РП* (%)
Количество пациентов	338	265	70	3
Кровотечение	1 (0.3%)	1 (0.4%)	—	—
Преходящая гипокальциемия	10 (3%)	10 (3.9)	—	—
Односторонний парез гортани	6 (1.8%)	6 (2.3%)	—	—

*ТТ— Прецизионная экстрафасциальная тиреоидэктомия, *ГТ — Прецизионная экстрафасциальная гемитиреоидэктомия, *РП— Прецизионная экстрафасциальная резекция перешейка щитовидной железы.

Обсуждение

Ультразвуковой скальпель, по сравнению с традиционной техникой, дает преимущество как для пациента, так и для хирурга. По данным литературных источников отмечается меньший объем кровопотери (до 45 %) [5], менее выраженная послеоперационная боль (до 40,5 %) [5,6], снижение потребления обезболивающих препаратов (до 38 %) [6], меньший объем дренированного отделяемого (до 50,5 %), лучший косметический эффект [6], значительно сокращается время операции (в среднем на 47 %) [5]. За счет минимального бокового термического повреждения (до 2 мм) за пределы ткани, захваченной браншами инструмента, Harmonic focus позволяет безопасно лигировать сосуды даже такого калибра, как верхняя щитовидная артерия, с минимальным риском для повреждения возвратного гортанного нерва, наружной ветви верхнего гортанного нерва и околощитовидных желез [5,6]. В некоторых тематических исследованиях сообщалось о высокой частоте осложнений общей тиреоидэктомии (гипопаратиреоз и парез гортани), [4, 6] тогда как во многих других исследованиях сообщаемая частота была низкой. Gough и Wilkinson сообщили о рецидивирующем параличе гортанного нерва и по-

стоянном гипопаратиреозе после общей тиреоидэктомии с частотой 0,7 % и 2,2 % соответственно. Perzik привел данные о частоте поражения гортанных нервов всего 0,4 %, при отсутствии случаев развития послеоперационного гипопаратиреоза. Подобные низкие показатели осложнений, связанных с тиреоидэктомией, были зарегистрированы в других исследованиях [2, 4]. Кроме того, в нескольких исследованиях не было выявлено существенных различий в частоте осложнений у пациентов, перенесших тотальную тиреоидэктомию, по сравнению с пациентами, перенесшими субтотальную тиреоидэктомию [5]. Доля тотальных тиреоидэктомий по сравнению с общим количеством выполняемых операций на щитовидной железе значительно возросла в последние годы. Наши данные свидетельствуют о том, что тотальная тиреоидэктомия может проводиться среди пациентов с доброкачественными заболеваниями щитовидной железы, в том числе с многоузловым зобом и болезнью Грейвса, когда показана операция. [7]. В нашем исследовании послеоперационный парез гортани и гипопаратиреоз имели место только у 1,8 % и 3 % пациентов соответственно. Интраоперационная визуализация возвратных гортанных нервов во время мобилизации и рассечения долей щитовидной железы помогло предотвратить случайное повреждение, а визуализация 4 околощитовидных желез и сохранение их кровоснабжения минимизировали непреднамеренное повреждение этих структур.

Заключение

Тотальная тиреоидэктомия и гемитиреоидэктомия могут быть выполнены безопасно с низкой частотой осложнений. Данные многих исследований не показывают существенных различий в частоте послеоперационных осложнений (например, рецидивирующего повреждения гортани, гипопаратиреоза, кровоизлияния), связанных с тотальной тиреоидэктомией, по сравнению с гемитиреоидэктомией. Более того, частота осложнений уменьшается по мере повышения квалификации хирургов. В результате, общая тиреоидэктомия в настоящее время широко применяется для лечения как злокачественных, так и доброкачественных заболеваний щитовидной железы. Наши данные подтверждают, что тотальная тиреоидэктомия является ценной опцией, когда показана операция, для лечения доброкачественных заболеваний щитовидной железы, таких как различные формы зоба и тиреоидиты. Было показано, что тотальная тиреоидэктомия обеспечивает немедленное и постоянное излечение без риска рецидива заболевания или повторных операций.

ЛИТЕРАТУРА

1. О состоянии здоровья населения Ставропольского края (по результатам ведения социально гигиенического мониторинга) <http://26.rospotrebnadzor.ru/ond/sgm/5781>
2. R. Ciuni, A. Biondi, M. Di Giunta, F. Basile, S. Ciuni, Total thyroidectomy vs subtotal thyroidectomy for plurinodular goiter. Analysis 1.517 cases, *Ann. Chir.* (2014)
3. G. Docimo, S. Tolone, R. Ruggiero, A. Gubitosi, D. Pasquali, A. De Bellis, P. Limongelli, G. Del Genio, L. Docimo, G. Conzo, Total thyroidectomy without prophylactical central neck dissection combined with routine oral calcium and vitamin D supplements: is it a good option to achieve a low recurrence rate avoiding hypocalcaemia? A retrospective study, *Minerva Chir.* 68 (3) (2013)
4. Tolone S, R. Ruggiero, G. Del Genio, L. Bruscianno, D. Parmeggiani, V. Amoroso, G. Casalino, I. Verde, A. Bosco, A. D'Alessandro, R. Pirozzi, G. Rossetti, P. Limongelli, L. Docimo, The impact of age and oral calcium and vitamin D supplements on postoperative hypocalcaemia after total thyroidectomy. A prospective study, *BMC Surg.* 13 (Suppl. 2) (2013).
5. C. Bellevicine, U. Malapelle, G. Docimo, G. Ciancia, G. Mossetti, G. Pettinato, G. Troncone, Multicentric encapsulated papillary oncotic neoplasm of the thyroid: a case diagnosed by a combined cytological, histological, immuno-histochemical and molecular approach, *Gior. Chir.* 33 (2012)
6. G. Docimo, R. Ruggiero, A. Gubitosi, G. Casalino, A. Bosco, S. Gili, G. Conzo, L. Docimo, Ultrasound scalpel in thyroidectomy. Prospective randomized study, *Ann. Ital. Chir.* 83 (6) (2012)
7. Бельцевич, Д.Г. Клинические рекомендации Российской ассоциации эндокринологов по диагностике и лечению узлового зоба (новая редакция 2015 года) / Д.Г. Бельцевич, В.Э. Ванушко, Г.А. Мельниченко [и др.] // — 2015. — Т. 8, №1. — С. 3–21.

© Казеев Дмитрий Александрович (dimaskazeev@icloud.com); Байчоров Энвер Хусеинович (baychorov@gmail.com);
Узденов Науруз Ахматович (dr.nauka@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНАЯ ТЕРАПИЯ В СТОМАТОЛОГИИ: ЭФФЕКТИВНОСТЬ И РИСКИ

ANTI-INFLAMMATORY THERAPY IN DENTISTRY: EFFECTIVENESS AND RISKS

M. Kotova

Summary: The article analyzes current data on the effectiveness and risks of anti-inflammatory therapy in dental practice. The types of anti-inflammatory drugs used in dental practice and the mechanisms of their action are considered. The factors influencing the effectiveness of anti-inflammatory therapy in dentistry have been determined. One of the important factors is the time of administration of the drug, early administration of nonsteroidal anti-inflammatory drugs before dental procedures can lead to better pain control and reduction of inflammation compared to late administration. Another factor that may affect the effectiveness of anti-inflammatory therapy is the dose and duration of treatment. In general, higher doses and longer duration of treatment can lead to better pain control and reduced inflammation. However, the risk of side effects such as gastrointestinal bleeding and kidney failure also increases with higher doses and prolonged treatment. The choice of an anti-inflammatory drug can also affect its effectiveness. Although nonsteroidal anti-inflammatory drugs are usually effective for relieving toothache and inflammation, individual drugs may differ in strength and side effects. Some nonsteroidal anti-inflammatory drugs may be more effective than others in eliminating pain or reducing inflammation, but they may have a higher risk of side effects. Finally, patient factors such as age, weight, and underlying diseases can also influence the effectiveness of anti-inflammatory therapy.

Keywords: patient, dental practice, oral cavity, anti-inflammatory drugs.

Стоматологи часто сталкиваются с пациентами с различными видами воспаления полости рта, начиная от гингивита и заканчивая периодонтитом, пульпитом и периапикальным абсцессом. Стандартный подход к лечению этих состояний обычно включает механическую дебридментацию, антибиотики и обезболивание. Однако последние исследования показали, что противовоспалительная терапия также может играть важную роль в лечении воспаления полости рта. Противовоспалительные препараты, такие как нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП) и кортикостероиды, могут значительно уменьшить боль, отек и покраснение, связанные с воспалением полости рта, тем самым улучшая общее качество жизни пациентов [1].

Эффективность противовоспалительной терапии в стоматологической практике остается темой активных исследований и дискуссий. В то время как в некоторых

Котова Марина Александровна
Ассистент, ФГБОУ ВО Курский государственный
медицинский университет Минздрава России
volodin4ever@mail.ru

Аннотация. В статье анализируются современные данные эффективности и риски противовоспалительной терапии в стоматологической практике. Рассмотрены типы противовоспалительных препаратов, используемых в стоматологической практике и механизмы их действия. Определены факторы, влияющие на эффективность противовоспалительной терапии в стоматологии. Одним из важных факторов является время введения препарата, ранний прием нестероидных противовоспалительных препаратов перед стоматологическими процедурами может привести к лучшему контролю боли и уменьшению воспаления по сравнению с поздним приемом. Еще одним фактором, который может повлиять на эффективность противовоспалительной терапии, является доза и продолжительность лечения. В целом, более высокие дозы и более длительная продолжительность лечения могут привести к лучшему контролю боли и уменьшению воспаления. Однако риск побочных эффектов, таких как желудочно-кишечное кровотечение и почечная недостаточность, также возрастает при более высоких дозах и длительном лечении. Выбор противовоспалительного препарата также может повлиять на его эффективность. Хотя нестероидные противовоспалительные препараты обычно эффективны для снятия зубной боли и воспаления, отдельные препараты могут отличаться по силе действия и побочным эффектам. Некоторые нестероидные противовоспалительные препараты могут быть более эффективными, чем другие, в устранении боли или уменьшении воспаления, но при этом могут иметь более высокий риск побочных эффектов. Наконец, факторы пациента, такие как возраст, вес и основные заболевания, также могут влиять на эффективность противовоспалительной терапии.

Ключевые слова: пациент, стоматологическая практика, полость рта, противовоспалительные препараты.

исследованиях сообщается о значительных преимуществах противовоспалительной терапии, в других исследованиях доказательства ее эффективности ограничены или отсутствуют.

Цель исследования — изучить современные данные об эффективности и рисках противовоспалительной терапии в стоматологической практике; проанализировать типы противовоспалительных препаратов, обычно используемых в стоматологической практике, механизмы их действия, потенциальные преимущества и риски; изучить факторы, которые могут повлиять на эффективность противовоспалительной терапии. Данная работа представляет специалистам стоматологам комплексное понимание роли противовоспалительной терапии в лечении воспаления полости рта и обоснование принятия клинических решений в стоматологической практике.

Лечение НПВС после хирургических вмешательств

После хирургических вмешательств в полости рта воспаление является основной причиной боли, в частности, из-за выработки простагландинов циклооксигеназной системой. В результате нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП), такие как ибупрофен, напроксен натрия, этодолак, диклофенак и кеторолак, показали высокую эффективность в снятии острой боли, возникающей после хирургической экстракции удаленных третьих моляров, в различных рандомизированных плацебо-контролируемых исследованиях. Сочетание НПВС с ацетаминофеном в соответствующих дозах может усилить обезболивающую эффективность и снизить потребность в опиоидах. При послеоперационной стоматологической боли опиоиды обычно менее эффективны, чем НПВС, как анальгетики, и с большей вероятностью вызывают побочные эффекты, такие как головокружение, сонливость, психомоторные нарушения, тошнота/рвота и запор. Однако в некоторых случаях амбулаторным пациентам стоматологической хирургии может быть полезен краткосрочный курс опиоидов наряду с НПВС. Для некоторых групп пациентов применение НПВС может быть сопряжено со значительными рисками, а комбинация ацетаминофена и опиоидов может иметь более благоприятное соотношение пользы и риска, чем прием НПВС.

В стоматологической практике для снятия боли и отеков обычно назначаются нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП), среди которых наиболее часто используются парацетамол и ибупрофен. Эти препараты действуют путем ингибирования фермента циклооксигеназы, тем самым снижая синтез простагландинов. Из-за схожего механизма действия НПВС имеют сопоставимые побочные эффекты — от легких, таких как тошнота или рвота, до серьезных желудочных проблем, таких как кровотечение или перфорация. Другие потенциальные побочные эффекты включают повышенный риск сосудистых событий, повреждение почек в результате снижения перфузии, а также повышенный риск аномальных кровотечений из-за антитромбоцитарного эффекта [2]. НПВС не рекомендуется применять в третьем триместре беременности, так как они могут вызвать преждевременное закрытие артериального протока [3].

Фармакодинамика НПВС при болях

В стоматологии борьба с болью и воспалением имеет свои особенности. Боль является препятствием для большинства стоматологических процедур, удлиняет период восстановления и повышает тревожность по поводу будущего стоматологического лечения. Оптимальная анальгетическая терапия для амбулаторных стоматологических пациентов должна быть эффективной

с минимальными побочными эффектами и снижать вероятность возникновения боли, связанной с будущим стоматологическим лечением. Нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП) являются основным средством лечения острой зубной боли и применяются для лечения других стоматологических заболеваний, включая хроническую орофациальную боль, заболевания пародонта и эндодонтическую боль. Однако хроническое применение НПВС имеет хорошо задокументированную токсичность, приводящую к более чем 100 000 госпитализаций в год, и соотношение пользы и риска должно быть тщательно взвешено для каждого терапевтического показания. Селективные ингибиторы ЦОГ-2 показывают перспективность в достижении терапевтического эффекта традиционных НПВС без почечной и желудочно-кишечной токсичности, но их применение при стоматологических показаниях изучено недостаточно. Клиническая фармакология НПВС хорошо изучена: ибупрофен демонстрирует анальгетическую активность в диапазоне доз от 200 до 800 мг, подавляя возникновение и выраженность боли и уменьшая отек. НПВС также могут изменять нейрогуморальный ответ на боль.

Рандомизированные клинические исследования некоторых НПВС в стоматологии

Ибупрофен был получен из пропионовой кислоты британским исследовательским подразделением компании BootsGroup в 1960-х годах.

Ибупрофен может быть особенно полезен в тех случаях, когда обычные обезболивающие средства, такие как аспирин или ацетаминофен, не дают удовлетворительного облегчения или когда применение опиоидсодержащих препаратов может вызвать нежелательные побочные эффекты со стороны желудочно-кишечного тракта или центральной нервной системы. При орофациальной боли его обычно назначают в дозах от 600 до 800 мг как при острых, так и при хронических заболеваниях. Кроме того, ибупрофен легко доступен без рецепта в дозах от 200 до 400 мг. Различные исследования показали, что доза ибупрофена в 400 мг более эффективна, чем доза аспирина в 650 мг, ацетаминофена в 600–1000 мг и других смесей аспирина и ацетаминофена, включающих кодеин или декстропропоксифен. Более того, исследования показали, что прием ибупрофена 400 мг или нескольких его доз в течение 5 дней после операции дает лучшие результаты, чем введение 30 мг дигидрокодеина в модели хирургии полости рта. Не рекомендуется превышать дозу 400 мг, так как это вряд ли обеспечит дополнительное облегчение пика, но может увеличить продолжительность эффекта из-за повышения уровня препарата в крови. Ибупрофен обладает сходной эффективностью с другими НПВС, включая меклофенамат натрия и диклофенак, но с меньшей

частотой возникновения боли в животе и диарее. Доза ибупрофена в 400 мг сопоставима с суспензионной формой диклофенака, и нет особых преимуществ в увеличении дозы до 600 мг. В исследовании, посвященном оценке стоматологической боли, кроме боли при хирургических вмешательствах в полости рта, было установлено, что ибупрофен эффективен при пародонтологических операциях, которые могут длиться от 2 до 3 часов и включать в себя значительный хирургический лоскут с перестройкой костной ткани и имплантацией материалов [4].

Эффективность ибупрофена в купировании послеоперационной боли после пародонтологических операций была продемонстрирована в дозах 200 и 400 мг в течение шестичасового периода наблюдения при минимальных побочных эффектах. После приема одной дозы ибупрофена 600 мг до или после операции наблюдалось заметное снижение интенсивности боли по сравнению с плацебо в течение восьми часов после операции. Стоит отметить, что уменьшение боли было более заметным при приеме препарата после операции, что можно объяснить шестичасовой продолжительностью действия ибупрофена 600 мг и длительностью операции, которая обычно длится 2–3 часа.

Ортодонтические процедуры часто ассоциируются с болью и дискомфортом в первые дни после установки и регулировки аппаратов. Сравнение эффективности ибупрофена 400 мг с аспирином 650 мг и плацебо показало, что оба активных препарата обеспечивают облегчение боли в течение семи дней после установки аппаратов. Однако ибупрофен оказался лучше аспирина в большинстве временных точек, особенно в первые два дня. Можно предположить, что ибупрофен эффективен в подавлении типичной воспалительной реакции, наблюдаемой после ортодонтической коррекции.

Эндодонтическая боль, связанная с воспалением периапикальных тканей или пульпы, является одной из первых причин неотложной стоматологической помощи. Хотя анестезия при лечении направлена по большей части на удаление воспаленной ткани, высвобождение провоспалительных медиаторов иногда вызывает послеоперационный дискомфорт. Использование лекарств для лечения каналов и механический дебридмент также могут способствовать воспалению, которое остаётся даже после местной анестезии. Исследования, проведенные в хирургической стоматологии, дают нам предположить, что ибупрофен может быть эффективен для купирования эндодонтической боли, лишь несколько исследований напрямую изучали использование НПВС для этой цели.

В одном из таких исследований сравнивалась эффективность ибупрофена с различными другими препаратами

ми после obturации корневого канала. Однако ни одна из девяти групп лекарств не получила существенных отличий от плацебо, ведь о сильной или умеренной боли сообщили только 4 % пациентов (N=411). Стоит отметить, что НПВС оказались эффективными в лечении эндодонтической боли только у тех пациентов, которые испытывали симптомы до процедуры, поскольку наибольшая часть пациентов, не испытывавших боли, сообщали о незначительном послеоперационном дискомфорте.

Напроксен (семейство производных пропионовой кислоты), действует дольше, чем ибупрофен. Он выпускается в двух формах, причем натриевая соль всасывается быстрее, чем стандартная форма. Однако не рекомендуется использовать обе формы вместе, поскольку они содержат одно и то же действующее вещество и могут увеличить вероятность побочных эффектов. Для более быстрого достижения терапевтического уровня первоначально принимается нагрузочная доза 500–550 мг, затем, с интервалом 6–8 часов, дозы в 250–275 мг. Единичный прием 550 мг напроксена натрия проявил себя лучше в обезболивании, чем 650 мг аспирина, и имел меньше побочных эффектов. Так же, в сравнении повторного приема 500 мг напроксена дважды в день с аспирином 650 мг в промежутке трех дней после хирургического вмешательства показало, что напроксен эффективнее с меньшим количеством побочных эффектов. 550 мг напроксена оказались более эффективными, чем 325 мг аспирина плюс 30 мг кодеина, хотя данная комбинация в два раза ниже обычной терапевтической дозы аспирина и кодеина. Как предоперационный напроксен, так и напроксен, принятый через 30 минут после хирургического вмешательства в полость рта, эффективно подавляли боль в течение первых 8 часов после операции. Безрецептурный напроксен натрия был представлен в 1994 году в форме 220 мг с рекомендуемой дозой 1 или 2 таблетки дважды в день. Обзор 48 рандомизированных двойных слепых клинических исследований (25 в модели стоматологической боли) показал, что нет существенной разницы в частоте побочных эффектов, наблюдаемых у напроксена натрия по сравнению с плацебо, ибупрофеном или ацетаминофеном. Безрецептурный напроксен хорошо переносится даже при приеме без наблюдения специалиста.

Кетопрофен — это производное пропионовой кислоты, обладающее анальгетическими и жаропонижающими свойствами, подобно другим НПВС. Он действует путем ингибирования синтеза простагландинов и лейкотриенов как периферически, так и центрально. Препарат эффективен для облегчения слабой и умеренной боли в дозах от 25 до 150 мг, и было установлено, что он более эффективен, чем 650 мг аспирина или 90 мг кодеина. В модели оральной хирургии 25 мг кетопрофена эквивалентны 400 мг ибупрофена.

Недавно препарат был протестирован на эффективность при местном применении в месте повреждения как способ снижения системного воздействия НПВС. Гелеобразный состав наносился непосредственно на место удаления зуба через час после хирургического вмешательства в полости рта, а интенсивность боли оценивалась в течение шести часов. Результаты показали, что как 10, так и 30 мг кетопрофена, введенные периферически, привели к значительному снижению боли по сравнению с плацебо. Более того, периферическая доза в 10 мг обеспечила большее обезболивание, чем та же доза, введенная перорально или плацебо. Эти результаты свидетельствуют о том, что введение НПВС в периферическое место повреждения ткани может привести к большему обезболиванию и потенциально снизить токсичность препарата из-за более низкой его циркуляции.

Принадлежит к семейству производных фенилалкановой кислоты, флурбипрофен структурно похож на такие НПВС, как ибупрофен, кетопрофен и напроксен. Он проявляет противовоспалительные, анальгезирующие и жаропонижающие свойства у людей и животных, испытывающих боль и страдающих от воспалений. В исследованиях широко изучалась его эффективность в снятии острой боли и дискомфорта, связанных с ревматоидным артритом и остеоартритом.

Во время приема флурбипрофена после хирургических вмешательств в полости рта происходит линейное усиление обезболивания в диапазоне доз от 50 до 150 мг. Все дозы обеспечивают лучшие результаты, чем доза аспирина в 600 мг. Кроме того, дозы 50 и 100 мг эффективнее снимают послеоперационную зубную боль, чем 650 мг ацетаминофена или комбинация 650 мг ацетаминофена с 60 мг кодеина. Меньшая доза флурбипрофена (25 мг) обеспечивает большее обезболивание, чем обычная доза аспирина 650 мг.

Сравнивая с плацебо, ацетаминофеном, ацетаминофеном плюс оксикодон или комбинацией 375 мг аспирина, 30 мг кодеина и 30 мг кофеина, флурбипрофен перед операцией подавляет возникновение и интенсивность послеоперационной боли, а также уменьшает послеоперационный отек через 48 и 72 часа. В сочетании с местным анестетиком длительного действия, таким как этидокаин, предварительное лечение флурбипрофеном значительно уменьшает боль в ближайшем послеоперационном периоде.

В исследовании с участием 60 бессимптомных и симптоматических пациентов после пульпэктомии предоперационное введение флурбипрофена (100 мг) привело к статистически достоверному снижению боли у симптоматической группы по сравнению с группой плацебо через 7 и 24 часа после первого приема. Пациенты, которые не испытывали симптомов, не сообщали о зна-

чительной боли после того, как эффект местного анестетика прошел, что затрудняет различие между группами лечения. Тем не менее, результаты подтверждают необходимость предварительного приема НПВС перед эндодонтическими процедурами, чтобы уменьшить послеоперационную боль.

Хотя флурбипрофен был одобрен FDA для лечения ревматоидного артрита и остеоартрита, он не был официально одобрен как анальгетик. Однако в клинических испытаниях демонстрировалось его превосходство в обезболивании и безопасность при приеме миллионами пациентов с артритом, что оправдывает его использование для снятия острой стоматологической боли.

Было доказано, что этодолак эффективен в качестве анальгетика в хирургической стоматологии и имеет более благоприятный профиль безопасности для ЖКТ. Исследования с разными дозами (50, 100 и 200 мг) показали, что доза этодолака 200 мг была значительно эффективнее плацебо почти по всем показателям обезболивания. Хотя он статистически превосходил аспирин только по глобальной оценке пациентами анальгетической активности, продолжительность его действия была примерно в два раза больше. Все дозы этодолака переносились одинаково хорошо в сравнении с аспирином. Исследование, сравнивающее этодолак 300 мг с ацетаминофеном/гидрокодоном для снятия послеоперационной боли после пародонтологических операций, показало, что они были эквивалентны в течение первых 8 часов. Прием этодолака перед началом операции сократил время до приема первой послеоперационной дозы лекарства, что подтверждает необходимость профилактического приема анальгетиков. Ограниченные данные свидетельствуют о том, что этодолак является полезным анальгетиком для стоматологических показаний, с продолжительным действием и благоприятным профилем безопасности для ЖКТ. Сообщается, что он в 10 раз более селективен в отношении ЦОГ-2 по сравнению с ЦОГ-1, что приводит к большей желудочной толерантности.

Кеторолак, первый НПВС, одобренный для внутримышечного введения, предназначен для краткосрочного лечения умеренной и сильной боли. Он также одобрен для внутривенного введения и успешно применяется в некоторых педиатрических случаях. Исследования показали, что по началу действия и обезболивающей эффективности он сопоставим с меперидином и морфином, вводимыми внутримышечно, но имеет более длительное действие. Он вызывает меньшую сонливость, тошноту и рвоту, чем морфин, что делает его предпочтительным выбором для обезболивания, которое недостаточно контролируется другими НПВС или комбинациями опиоидов. Однако его применение ограничено амбулаторными пациентами для получения начальной дозы перед выпиской.

Исследования, оценивающие местное применение инъекционного кеторолака для лечения эндодонтической боли, показали значительный анальгетический эффект даже при наличии воспаления. Внутривидовая инъекция кеторолака может оказаться полезным дополнением к лечению эндодонтической боли в тех случаях, когда введение анестетика местно неэффективно из-за воспаления или в нижнечелюстном месте инъекции.

Кеторолак может быть принят перорально в дозе 10 мг каждые 4–6 часов, но общая суточная доза не должна превышать 40 мг. Недавние изменения маркировки FDA рекомендуют использовать пероральный кеторолак только после первой инъекционной формы. Изучение показало, что однократная доза перорального кеторолака 10 мг действует эффективнее, чем ацетаминофен 600 мг и ацетаминофен 600 мг с кодеином 60, но оказывает терапевтический эффект, аналогичный ибупрофену 400 мг для облегчения боли при хирургических операциях в полости рта. Пероральное употребление кеторолака обеспечивает более быстрое всасывание, чем внутримышечное введение, но низкие рекомендуемые пероральные дозы приводят к значительно ниже уровню в крови и слабой анальгезии по сравнению с парентеральным кеторолаком. Отметим, что такой режим применения облегчения боли с кеторолаком может быть предпочтительнее для пациентов, избегающих инъекций.

Меклофенамат натрия обладает жаропонижающим, противовоспалительным и обезболивающим действием. Ингибируя циклооксигеназный и липоксигеназный пути, он уменьшает синтез простагландинов и лейкоцитов. По сравнению с аспирином, ацетаминофеном и ацетаминофеном плюс кодеин, меклофенаминовая кислота обеспечивает превосходное обезболивание в модели хирургической стоматологии. В отличие от других НПВС, меклофенаминовая кислота не оказывает существенного влияния на агрегацию тромбоцитов и не увеличивает время кровотечения.

Пироксикам — это один из видов оксикамовых НПВС, который имеет длительный период полураспада в плазме крови — около 45 часов, что позволяет принимать его один раз в день. Пик концентрации в плазме крови наступает примерно через 2–4 часа после перорального приема. Было установлено, что разовая доза пироксикама в диапазоне от 20 до 40 мг обеспечивает обезболивание, сравнимое с таковым аспирина 648 мг, но с большей продолжительностью действия. В одном исследовании пироксикам назначался предоперационно в дозе 40 мг 50 пациентам, которым проводилась операция по удалению третьего моляра под общей анестезией. Значительное число этих пациентов не нуждались в опиоидной анальгезии после процедуры и нуждались в меньших дозах ацетаминофена в первые 24 часа после выхода из анестезии. Хотя пироксикам обладает мень-

шей эффективностью, чем другие НПВС, он имеет более длительный период действия. Однако это не всегда является преимуществом, поскольку пациенты могут заниматься самолечением до рекомендуемого интервала дозирования, если обезболивание недостаточно, что со временем может увеличить риск повреждения желудочно-кишечного тракта.

Дифлунисал, производное салициловой кислоты, известное как 5-(2,4-дифторфенил) салициловая кислота, является более эффективным анальгетиком, чем аспирин, но при этом вызывает меньше побочных эффектов со стороны желудочно-кишечного тракта и гематологии. Оценка на модели хирургической стоматологии показала, что дифлунизал вызывает большую пиковую анальгезию, чем аспирин 650, и может иметь продолжительность действия до 12 часов, что позволяет использовать режим дозирования два раза в день. В другом исследовании, посвященном хирургической стоматологии (N = 15), среднее время кровотечения в этой группе увеличилось на 53%; однако ни один пациент не превысил нормальную верхнюю границу времени кровотечения и не проявил повышенной склонности к интраоперационному или послеоперационному кровотечению. Эти исследования показывают, что дифлунизал может служить альтернативой аспирину и другим НПВС в случаях, когда длительное действие обеспечивает терапевтическое преимущество.

Заключение

На эффективность противовоспалительной терапии могут влиять несколько факторов. Одним из важных факторов является время введения препарата. Исследования показали, что ранний прием нестероидных противовоспалительных препаратов (НПВП) перед стоматологическими процедурами может привести к лучшему контролю боли и уменьшению воспаления по сравнению с поздним приемом.

Способ введения также может влиять на эффективность противовоспалительных препаратов. Например, внутривенное введение НПВС может привести к более быстрому началу действия и большему обезболиванию по сравнению с пероральным приемом. Аналогичным образом, местное применение НПВС может обеспечить локальное обезболивание и снизить риск системных побочных эффектов.

Еще одним фактором, который может повлиять на эффективность противовоспалительной терапии, является доза и продолжительность лечения. В целом, более высокие дозы и более длительная продолжительность лечения могут привести к лучшему контролю боли и уменьшению воспаления. Однако риск побочных эффектов, таких как желудочно-кишечное кровотечение

и почечная недостаточность, также возрастает при более высоких дозах и длительном лечении.

Выбор противовоспалительного препарата также может повлиять на его эффективность. Хотя НПВС обычно эффективны для снятия зубной боли и воспаления, отдельные препараты могут отличаться по силе действия и побочным эффектам. Например, некоторые НПВС могут быть более эффективными, чем другие, в устранении боли или уменьшении воспаления, но при этом могут иметь более высокий риск побочных эффектов.

Наконец, факторы пациента, такие как возраст, вес и основные заболевания, также могут влиять на эффективность противовоспалительной терапии. Например, пожилые пациенты могут быть более восприимчивы к побочным эффектам НПВС, а пациентам с почечной или печеночной недостаточностью могут потребоваться более низкие дозы или вообще другие препараты [5].

В целом, на эффективность противовоспалительной терапии в стоматологии могут влиять несколько факторов, включая время и способ введения препарата, дозу и продолжительность лечения, выбор препарата и факторы пациента. Учитывая эти факторы и индивидуализируя схемы лечения, стоматологи могут оптимально контролировать боль и снизить риск побочных эффектов для своих пациентов.

НПВС, такие как аспирин, ацетаминофен и кодеин, обычно используются для лечения зубной боли благодаря своим сильным противовоспалительным свойствам. Ибупрофен, в частности, предпочтителен благодаря своей эффективности, меньшему количеству побочных эффектов и умеренному подавлению отека после хирургических процедур. Однако НПВС, принимаемые внутрь, имеют свои недостатки, включая замедленное начало действия и неспособность последовательно снимать очень сильную боль или хроническую орофациальную боль. Сочетание НПВС с опиоидами может обеспечить дополнительное обезболивание, но с более частыми побочными эффектами. Для достижения оптимального баланса пациентам может быть выписан рецепт на НПВС для регулярного приема и отдельный рецепт на кодеин для приема по мере необходимости. Повторные дозы НПВС в лечебной практике для курирования хронической орофациальной боли должны быть пересмотрены из-за их потенциальной возможности серьезной желудочно-кишечной и почечной токсичности и переносимости. Но из-за фактора отсутствия подходящих альтернатив, применение ибупрофена и других НПВС может быть продолжено, но должно быть ограничено краткосрочным использованием и прекращено при появлении признаков токсичности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Drug Prescribing for Dentistry: Dental Clinical Guidance. Scottish Dental Clinical Effectiveness Programme. [3 ed.] 2016. 88 p.
2. Bindu S., Mazumder S., Bandyopadhyay U. Non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) and organ damage: A current perspective. *Biochemical Pharmacology*. 2020. Iss. 180:114147. DOI 10.1016/j.bcp.2020.114147.
3. Valha P., Zmrhal J., Feyereis J. Nesteroidní protizánětlivé léky v graviditě [Non-steroidal anti-inflammatory drugs in pregnancy]. *Ceska Gynekol.* 2010. vol. 75. no. 1. P. 69–72.
4. Christensen K., Daniels S., Bandy D., Ernst C.C., Hamilton D.A., Mermelstein F.H., Wang J., Carr D.B. A double-blind placebo-controlled comparison of a novel formulation of intravenous diclofenac and ketorolac for postoperative third molar extraction pain. *Anesthesia Progress*. 2011. vol. 58. no. 2. P. 73–81. DOI 10.2344/0003-3006-58.2.73.
5. Bailey E., Worthington H.V., van Wijk A., Yates J.M., Coulthard P., Afzal Z. Ibuprofen and/or paracetamol (acetaminophen) for pain relief after surgical removal of lower wisdom teeth. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013. vol. 12. no. 12:CD004624. DOI 10.1002/14651858.CD004624.pub2.

© Котова Марина Александровна (volodin4ever@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРОФИЛАКТИКА СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА СРЕДСТВАМИ ИТ-ТЕХНОЛОГИЙ

Котова Марина Александровна

Ассистент, ФГБОУ ВО Курский государственный
медицинский университет Минздрава России
volodin4ever@mail.ru

PREVENTION OF DENTAL DISEASES IN PRESCHOOL CHILDREN WITH MEANS IT TECHNOLOGIES

M. Kotova

Summary: IT technology tools allow dentists to monitor the state of the child's dental system, evaluate the quality of preventive oral care, analyze the development of teeth and can serve as an addition to face-to-face consultations, which will ultimately lead to an improvement in the quality of pediatric dental care. The advantages of using IT technologies are interactivity and multimedia; accessibility and wide coverage of the population; psychological comfort of the child; saving time and money on travel to the place of full-time consultation with a dentist. Teledentistry is a cost-effective alternative to face-to-face oral examinations for early screening of dental disease in preschool children. However, at present, the use of IT-technologies for the prevention of dental diseases in preschool children in our country is very limited.

Keywords: dental diseases, prevention, children, preschool age, IT-technologies.

В мире распространенность кариеса молочных зубов у детей раннего возраста составляет 46,2 %, а кариеса постоянных зубов — 53,8 % [1]. По другим данным, распространенность кариеса зубов у дошкольников достигает 87,1 % [2]. Стоматологические заболевания у детей дошкольного возраста в случае несвоевременной диагностики и отсутствии адекватного лечения могут привести к неблагоприятным последствиям, в том числе, недостаточности питания [3]. Хорошо известно, что профилактические мероприятия значительно снижают заболеваемость кариесом. Однако данные опроса свидетельствуют, что 29,32 % родителей детей дошкольного возраста обращаются за стоматологической помощью только в случае острой дентальной боли и лишь 48,27 % родителей полагают, что молочные зубы необходимо лечить, при этом 73,39 % родителей знают о необходимости профилактического посещения стоматолога 2 раза в год [2].

В последние годы во все отрасли медицины активно внедряются информационные технологии (information technology, IT), направленные на повышение качества медицинской помощи. Стоматологическая практика не является исключением. В современных реалиях для детей и их родителей основными источниками информации являются интернет, социальные сети, различные приложения для телефонов. Ввиду этого, а также учи-

Аннотация. Средства ИТ-технологий позволяют стоматологам выполнять мониторинг состояния зубочелюстной системы ребенка, оценить качество профилактического ухода за полостью рта, проанализировать развитие зубов и могут служить дополнением к очной консультации, что в конечном итоге приведет к повышению качества оказания детской стоматологической помощи. Преимуществами применения ИТ-технологий являются интерактивность и мультимедийность; доступность и широкий охват населения; психологический комфорт ребенка; экономия времени и денежных средств на проезд к месту очной консультации стоматологом. Телестоматология является экономически эффективной альтернативой очному осмотру полости рта с целью раннего скрининга стоматологических заболеваний у детей дошкольного возраста. Однако в настоящее время использование средств ИТ-технологий в целях профилактики стоматологических заболеваний у дошкольников в нашей стране очень ограничено.

Ключевые слова: стоматологические заболевания, профилактика, дети, дошкольный возраст, ИТ-технологии.

тывая естественный страх детей дошкольного возраста перед посещением стоматолога, целесообразно более активно применять современные ИТ-технологии в целях профилактики стоматологических заболеваний. Исследования свидетельствуют, что применение ИТ-технологий в игровом формате благодаря их интерактивному характеру более эффективно в отношении снижения тревоги и страха перед осмотром зубов у детей, чем традиционные отвлекающие методы [4,5].

Профилактика детских стоматологических заболеваний начинается с обучения детей и их родителей гигиеническим навыкам. В этом случае инструментами реализации профилактических мероприятий может быть видеоконтент, обучающие видеоролики, красочные презентации с простым рассказом о правилах и особенностях гигиенических навыков, онлайн-лекции и др. [6,7]. Возможно их применение на родительских собраниях в детском саду, на занятиях с родителями и детьми, индивидуальная рассылка. Доказана эффективность комплекса профилактических мероприятий у детей с применением раскрасок с аудиотекстом и играми в дополненной реальности на основе smart-технологий [8]. Описан опыт успешного проведения обучающих мероприятий в детских садах в виде игры, просмотра мультфильмов, постановки сказок, где принимают участие сами дошкольники [9]. Средства ИТ-технологий позво-

ляют проводить профилактическую работу с дошкольниками силами педагогов-воспитателей детских садов после их обучения без очной консультации стоматолога, что является экономически выгодным [10].

Ряд исследований свидетельствует об эффективности применения в целях профилактики стоматологических заболеваний у детей различных приложений для мобильных телефонов. Например, Levine J. et al. (2012) представили интерактивное приложение MySmileBuddy для оценки риска кариеса в раннем детстве на основе анализа диеты ребенка в течение 24 часов [11]. Прототип программы был разработан для iPad, но возможно ее использование на любом ноутбуке, настольном компьютере, планшете или смартфоне, поскольку программа работает в обычных веб-браузерах. По мнению авторов исследования, данная программа является простым, удобным и быстрым способом профилактики кариеса у детей, которую могут использовать как медицинские работники, так и родители ребенка.

Alqarni A.A. et al. (2018) разработали мобильное приложение «Your child's smile» («Улыбка Вашего ребенка»), которое размещено в магазинах приложений и игр [12]. Приложение направлено на повышение уровня знаний родителей и детей о здоровье полости рта, а также гигиенических навыках, позволяющих сохранить здоровье зубов. Большинство родителей отметили значимое улучшение своих знаний о развитии зубов, роли молочных зубов, важности регулярных стоматологических осмотров, герметизации ямок и фиссур, использования бутылочки перед сном и последствий ранней потери молочных зубов. 75 % родителей высказались за использование мобильных приложений в качестве эффективного инструмента профилактики стоматологических заболеваний у детей.

В рандомизированном исследовании Zotti F. et al. (2019) в течение 12 месяцев наблюдения у детей дошкольного возраста при использовании мобильного приложения показаны лучшие результаты гигиены полости рта в виде уменьшения количества зубных отложений, отсутствия новых поражений кариесом постоянных моляров по сравнению с детьми, которые не использовали мобильное приложение [13]. Также анкетирование показало повышение уровня знаний родителей в области гигиены полости рта и более высокую комплаентность детей при использовании мобильного приложения.

Интересное исследование описано группой немецких авторов [14]. Детям 5–6 лет предлагалось использовать ручную зубную щетку с цифровой системой 3D-датчиков движения (гироскопом), благодаря которой зубная щетка следует за движениями ребенка при чистке зубов в режиме реального времени, а движения

передаются на смартфон через Bluetooth родителям для контроля. Отмечено более выраженное снижение индекса зубного налета у детей, которые использовали данную щетку, по сравнению с контрольной группой, где применялись стандартная чистка зубов.

В последние годы неотъемлемой частью жизни современного общества стали социальные сети и мессенджеры. В детской стоматологической практике имеется опыт применения WhatsApp, YouTube, Telegram для просвещения и пропаганды гигиены полости рта среди детей, что позволяет повысить приверженность детей гигиеническим процедурам [15–18].

Использовать IT-технологии можно не только с целью гигиенического воспитания и обучения дошкольников. В последние годы становится популярной телестоматология — раздел медицины, который позволяет стоматологам и гигиенистам осуществлять диагностическую и профилактическую работу посредством удаленного доступа через интернет-соединение. Особенно востребованным данное направление стало в период пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19 [19].

Телеконсультация может проводиться в режиме реального времени в виде видеоконференции или в формате обмена клинической информацией и статическими изображениями. Профилактический аспект телестоматологии осуществляется в сегменте «ребенок/родитель — врач», при этом способы такого общения могут быть различны — электронная почта, мессенджеры, видеоконференцсвязь, онлайн-чаты на сайтах стоматологических клиник. В исследовании Marino R. et al. [20] показано, что реализация модели телестоматологической помощи позволяет сэкономить время и денежные средства родителей, а также предотвратить стресс у ребенка, сопутствующий долгим поездкам на очную консультацию. Помимо образовательного компонента, а также ответов на вопросы родителей и детей, важным психологическим аспектом дистанционного консультирования является создание «положительного» образа врача-стоматолога, что помогает преодолеть ребенку страх перед визитом (дентофобию), снизить у него уровень тревоги и беспокойства.

Концепция телестоматологии позволяет проводить регулярный профилактический осмотр зубочелюстной системы путем видеосъемки или фотографирования родителями ротовой полости ребенка на камеру и предоставления полученного материала стоматологу-консультанту [20]. Возможна удаленная передача рентгенографических снимков. При необходимости, используя полученные изображения, стоматолог составляет план лечения или консультируется с профильными специалистами [21,22]. Поскольку доступны электронные записи пациента, аудио- и видеофайлы с изображениями

полости рта ребенка, то междисциплинарное взаимодействие может происходить в более короткие сроки, чем это обычно требуется при работе многопрофильной команды [23]. Исследования свидетельствуют, что для профилактики заболеваний зубочелюстной системы использование теледиагностики столь же эффективно, как и визуальный осмотр, а точность сравнима с ним или даже превосходит [24, 25].

Коруска-Kedzierawski D.T. et al. [26] оценили эффективность телеконсультации стоматологов при оценке изображений молочных зубов детей дошкольного возраста, выполненных родителями с помощью внутриротовой камеры. Из 162 детей, прошедших скрининг, кариес был выявлен в 69 случаях, при этом 28 детей имели глубокий кариес. По данным анамнеза, лишь несколько детей когда-либо посещали стоматолога. Авторы пришли к выводу, что телестоматология является эффективным средством скрининга стоматологических заболеваний у детей дошкольного возраста.

В недавнее исследование Azimi S. et al. [27] включены 42 ребенка в возрасте до 4 лет, родители которых использовали мобильное приложение mHealth (Teledental). В 25 % случаев был выявлен кариес зубов на основе фотографий ротовой полости детей, сделанных родителями с помощью камер смартфона. При этом 90 % фотографий оценивались как хорошие или удовлетворительные, то есть были пригодны для стоматологического анализа. Теледентальный скрининг продемонстрировал высокую специфичность ($\geq 95,5$ %), хотя чувствительность варьировалась от 44 % до 88,4 %. Выявлено, что диагностическая информативность фотографий молочных зубов выше, чем постоянных, поэтому данный метод наиболее эффективен у детей младшего возраста [28].

В работе Kale S. et al. (2019) оценивалась способность матерей после обучения стоматологом диагностировать кариес зубов у детей в возрасте 3–5 лет с помощью внутриротовых фотографий, сделанных камерой смартфона [29]. Отснятые фотографии также передавались для оценки стоматологам через WhatsApp. Метод показал хорошую чувствительность (88,3 %), специфичность (98,3 %) и точность (96 %), а между заключениями матерей и стоматолога наблюдалось сильное совпадение (каппа-коэффициент 0,87). Кроме того, дети были более склонны к сотрудничеству и отличались более спокойным поведением при осмотре со смартфоном по сравнению с обычным визуальным осмотром.

В другом исследовании показано, что дистанционное консультирование детей на основе неинвазивных фотографий ротовой полости, выполненных с помощью цифровой камеры, относительно раннего выявления кариеса зубов демонстрирует чувствительность 94–100 %

и специфичность 52–100 % при положительном прогностическом значении 67–100 % и отрицательном прогностическом значении 94–100 % [30].

Имеются данные, что телемедицинские технологии в стоматологии позволяют сократить экономические затраты и время в школьных программах скрининга стоматологических заболеваний [31,32].

Важным преимуществом дистанционной стоматологической практики является доступность для детей и их родителей из географически отдаленных районов, а также для маломобильных детей, которые не имеют возможности очно посетить стоматолога [33]. Телестоматология позволяет расширить сферу обслуживания детей стоматологической помощью при разумных затратах, смягчив проблему нехватки детских стоматологов, особенно в отдаленных районах. Телеконсультации экономят время, затрачиваемое на дорогу, что удобно для родителей, поскольку им не нужно отрываться от работы [21]. Во всех исследованиях, посвященных применению IT-технологий в детской стоматологии, отмечено положительное отношение родителей к такому формату взаимодействия.

McLaren S.W. et al. (2017) в ретроспективном исследовании продемонстрировали, что использование телестоматологической консультации в профилактических целях в режиме реального времени у детей в сельской местности позволяет составить комплексный план лечения при выявлении стоматологических заболеваний, не теряя времени на очную консультацию [34].

Среди барьеров, препятствующих широкому применению телестоматологии в педиатрии, можно отметить недостаточную грамотность в сфере информационных технологий ряда врачей, родителей и воспитателей; недостаточное техническое оснащение стоматологических клиник и детских садов; сложность соблюдения конфиденциальности и безопасности предоставляемых посредством IT-технологий данных ребенка и их родителей; регулирование оплаты труда стоматолога, выполняющего телеконсультации; трудности в выполнении родителями внутриротовых фотографий у детей дошкольного возраста, а также низкое качество полученных изображений [35].

Таким образом, преимуществами применения IT-технологий у детей дошкольного возраста являются интерактивность и мультимедийность, что повышает интерес детей; доступность и широкий охват населения; психологический комфорт ребенка; экономия времени и денежных средств на проезд к месту очной консультации стоматолога. Телестоматология является экономически эффективной альтернативой очному осмотру полости рта с целью скрининга стоматологических забо-

леваний у детей дошкольного возраста, что в итоге позволит повысить качество оказания стоматологической помощи детскому населению. Однако в настоящее вре-

мя использование ИТ-технологий в целях профилактики стоматологических заболеваний у дошкольников в нашей стране очень ограничено.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dental caries in primary and permanent teeth in children's worldwide, 1995 to 2019: a systematic review and meta-analysis / M. Kazemina [et al.] // *Head Face Med.* 2020. Vol. 16. №1. P. 22.
2. Журбенко В.А., Карлаш А.Е. Исследование распространенности и интенсивности кариеса зубов среди детей дошкольного возраста // *Региональный вестник.* 2020. №5. С. 17–19.
3. Large J., Marshman Z. Does dental caries lead to stunting and wasting in children? // *Evid Based Dent.* 2022. Vol. 23. № 4. P. 144–145.
4. Effectiveness of distraction techniques in the management of anxious children — A randomized controlled pilot trial / S. Asokan [et al.] // *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2020. Vol. 38. №4. P. 407–412.
5. Comparison of three behavior modification techniques for management of anxious children aged 4–8 years / S. Radhakrishna [et al.] // *J Dent Anesth Pain Med.* 2019. Vol. 19. №1. P. 29–36.
6. Игнатьева Д.А., Гордова М.А. Использование ИТ-технологий в профилактике стоматологических заболеваний у детей в возрасте 6–9 лет // *Молодежный инновационный вестник.* 2017. Т.6. №1. С. 35–36.
7. DAYA: a system for monitoring and enhancing children's oral hygiene / K. Shao [et al.] // *In CHI'14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems.* 2014. P. 251–256.
8. Применение усовершенствованного комплекса стоматологических профилактических мероприятий среди детей / Н.Ю. Насретдинова [и др.] // *Здоровье, демография, экология финно-угорских народов.* 2020. №3. С. 25–27.
9. Гергенредер Т.И. Профилактика кариеса у детей школьного и дошкольного возраста // *Здравоохранение Югры: опыт и инновации.* 2020. №4. С. 20–23.
10. Камалова М. Результаты оценивания клинико-экономической эффективности программ профилактики кариеса зубов у дошкольников // *Журнал вестник врача.* 2022. Т.1. №1. С. 50–59.
11. MySmileBuddy: an iPad-based interactive program to assess dietary risk for early childhood caries / J. Levine [et al.] // *J Acad Nutr Diet.* 2012. Vol. 112. №10. P. 1539–1542.
12. Efficacy of a Self-Designed Mobile Application to Improve Child Dental Health Knowledge among Parents / A.A. Alqarni [et al.] // *J Int Soc Prev Community Dent.* 2018. Vol. 8. № 5. P. 424–430.
13. Apps for oral hygiene in children 4 to 7 years: Fun and effectiveness / F. Zotti [et al.] // *J Clin Exp Dent.* 2019. Vol. 11. № 9. P. 795–801.
14. Improving toothbrushing with a smartphone app: results of a randomized controlled trial / M. Alkilzy [et al.] // *Caries research.* 2019. Vol. 53. №6. P. 628–635.
15. Simsek H, Buyuk S.K., Çetinkaya E. YouTube™ as a source of information on oral habits. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2020. Vol. 38. P. 115–118.
16. A theory-based intervention delivered by an online social media platform to promote oral health among Iranian adolescents: a cluster randomized controlled trial / J.F.M. Scheerman [et al.] // *Psychol Health.* 2020. Vol. 35. P. 449–466.
17. Usefulness of an app in improving oral hygiene compliance in adolescent orthodontic patients / F. Zotti [et al.] // *Angle Orthod.* 2016. Vol. 86. P. 101–107.
18. Parental-oriented educational mobile messages to aid in the control of early childhood caries in low socioeconomic children: A randomized controlled trial / M. Lotto [et al.] // *J Dent.* 2020. Vol. 101. P. 103456.
19. Effectiveness of Telemedicine and Teledentistry after the COVID-19 Pandemic / Wolf T.G. [et al.] // *Int J Environ Res Public Health.* 2022. Vol. 19. № 21. P. 13857.
20. Моделирование внедрения телестоматологической службы для обслуживания детей, проживающих в сельских и удаленных районах / R. Mariño [et al.] // *Журнал телемедицины и электронного здравоохранения.* 2018. Т. 1–2. № 6–7. С. 16–20.
21. Integration of teledentistry in oral health care during COVID-19 pandemic / N. Singh [et al.] // *The Saint's International Dental Journal.* 2020. Vol. 4. № 2. P. 77.
22. Assessment of an innovative mobile dentistry eHygiene model amid the COVID-19 pandemic in the national dental practice-based research network: protocol for design, implementation, and usability testing / Xiao J. [et al.] // *JMIR Res Protoc.* 2021. Vol. 10. №10. e32345.
23. From information technology to informatics: the information revolution in dental education / T.K. Schleyer [et al.] // *J Dent Educ.* 2012. Vol. 76. P. 142–153.
24. McLaren S.W., Копыска-Kedzierawski D.T. Compliance with dental treatment recommendations by rural paediatric patients after a live-video teledentistry consultation: a preliminary report. *J Telemed Telecare.* 2016. Vol. 22. P. 198–202.
25. Accuracy of dental images for the diagnosis of dental caries and enamel defects in children and adolescents: a systematic review / M. Inês Meurer [et al.] // *J Telemed Telecare.* 2015. Vol. 21. P. 449–458.
26. Копыска-Kedzierawski D.T., Bell C.H., Billings R.J. Prevalence of dental caries in Early Head Start children as diagnosed using teledentistry. *Pediatr Dent.* 2008. Vol. 30. №4. P. 329–33.
27. The feasibility of a digital health approach to facilitate remote dental screening among preschool children during COVID-19 and social restrictions [electronic resource] / S. Azimi [et al.] // *Int J Paediatr Dent.* 2023. Available at: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ipd.13054> (last accessed 04 April 2023)
28. Mobile photographic screening for dental caries in children: diagnostic performance compared to unaided visual dental examination / M. Estai [et al.] // *J Public Health Dent.* 2022. Vol. 82. № 2. P. 166–175.
29. Kale S., Kakodkar P., Shetiya S.H. Assessment of mother's ability in caries diagnosis, utilizing the smartphone photographic method. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2019. Vol. 37. №4. P. 360–364.

30. Amável R., Cruz-Correia R., Frias-Bulhosa J. Remote diagnosis of children dental problems based on non-invasive photographs — a valid proceeding? *Stud Health Technol Inform.* 2009. Vol. 150. P. 458–462.
31. A systematic review of the research evidence for the benefits of teledentistry / M. Estai [et al.] // *J Telemed Telecare.* 2018. Vol. 24. P. 147–156.
32. Subbalekshmi T., Anandan V., Apathsakayan R. Use of a teledentistry-based program for screening of early childhood caries in a school setting. *Curēus.* 2017. Vol. 9. P.1416.
33. Omezli M.M., Torul D., Yilmaz E.B. Is Teledentistry a Feasible Alternative for People Who Need Special Care? // *Disaster Med Public Health Prep.* 2022. № 17. e129.
34. McLaren S.W., Копыска-Kedzierawski D.T., Nordfelt J. Accuracy of teledentistry examinations at predicting actual treatment modality in a pediatric dentistry clinic // *Journal of Telemedicine and Telecare.* 2017. Vol. 23. № 8. P. 710–715.
35. Delivering dental care as we emerge from the initial phase of the COVID-19 pandemic: teledentistry and face-to-face consultations in a new clinical world / P. Talla [et al.] // *Quintessence Int.* 2020. Vol.51. № 8. P. 672–677.

© Котова Марина Александровна (volodin4ever@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАПАРОСКОПИЧЕСКОГО ДОСТУПА В ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ РАКА ПОЧКИ С ОПУХОЛЕВЫМ ТРОМБОЗОМ НИЖНЕЙ ПОЛОЙ ВЕНЫ 1–2 УРОВНЯ

EXPERIENCE OF LAPAROSCOPIC APPROACH IN SURGICAL TREATMENT OF RENAL CANCER COMPLICATED WITH LEVEL 1-2 INFERIOR VENA CAVA TUMOR THROMBUS

M. Mirzabekov
M. Shkolnik
O. Bogomolov
A. Kneev
M. Artemov

Summary: Introduction. Renal cell carcinoma (RCC) is a malignancy that affects 2–3 % of adult population worldwide and is a leading cause of morbidity among tumors of urinary system [1]. Renal vein and inferior vena cava (IVC) thrombosis complicates RCC in 10–14 % of cases. This condition is associated with poor prognosis and challenges during surgical treatment. While the mainstay of treatment for removing the kidney affected with a tumor thrombus is through laparatomic approach [6], it may lead to a high rate of intra- and postoperative complications, prolonged intrahospital stay and longer rehabilitation.

Aim. The aim of this study — to analyze the advantages of laparoscopic approach over open access in surgical treatment of RCC complicated with 1–2 level IVC thrombus.

Materials and methods. A systematic literature review conducted using Pubmed/Medline and Elibrary databases from March 1, 2021 to March 1, 2023. We have reviewed the modern scientific literature, including randomized controlled studies and meta-analyses on the topic.

Results. Numerous studies have demonstrated the benefits of laparoscopic approach over open surgery. Laparoscopic approach, however have several limitations, including technical difficulties managing the IVC, the need in experienced surgeons as well as potentially longer operative time.

Keywords: renal cell carcinoma, tumor thrombus, laparoscopic thrombectomy.

Мирзабеков Мусабек Кямранович

Аспирант, ФГБУ «РНЦРХТ им. ак. А.М. Гранова»
Минздрава России (Санкт-Петербург)
musabek.mirzabekoff@yandex.ru

Школьник Михаил Иосифович

д.м.н., главный научный сотрудник, профессор,
ФГБУ «РНЦРХТ им. ак. А.М. Гранова» Минздрава России
(Санкт-Петербург)
shkolnik_phd@mail.ru

Богомолов Олег Алексеевич

к.м.н., старший научный сотрудник, доцент,
ФГБУ «РНЦРХТ им. ак. А.М. Гранова» Минздрава России
(Санкт-Петербург)
urologbogomolov@gmail.com

Кнеев Алексей Юрьевич

к.м.н., врач — онколог отделения онкоурологии,
ассистент, ФГБУ «РНЦРХТ им. ак. А.М. Гранова»
Минздрава России (Санкт-Петербург)
alexmedspb@gmail.com

Артемов Максим Владимирович

к.м.н., заместитель главного врача
по лучевой диагностике, старший преподаватель,
ФГБУ «РНЦРХТ им. ак. А.М. Гранова» Минздрава России
(Санкт-Петербург)
maksimartemov1986@gmail.com

Аннотация. Введение. Почечно-клеточный рак (ПКР) составляет 2–3 % всех злокачественных новообразований у взрослых, занимая одни из лидирующих позиций по уровню заболеваемости и смертности среди опухолей мочевыделительной системы [1]. ПКР в 10–14 % случаев осложняется опухолевым тромбозом почечной и нижней полой вены, что является прогностически неблагоприятным фактором и усложняет хирургическое лечение таких больных. Лапаротомный доступ в различных модификациях является основным для удаления пораженной почки с опухолевым тромбом [6]. При этом высокий процент интра- и послеоперационных осложнений, тяжелый и продолжительный период заживления и реабилитации пациентов, перенесших открытую травматичную операцию, диктует необходимость более широкого внедрения в практику малоинвазивных видеолaparоскопических методик.

Цель. Проанализировать современные представления о преимуществах лапароскопического доступа в хирургическом лечении почечно-клеточного рака, осложненного опухолевым тромбозом нижней полой вены 1 и 2 уровня, в сравнении с открытым доступом.

Материалы и методы. Изучена современная научная литература, результаты рандомизированных контролируемых исследований и метаанализов по исследуемой теме. Системный обзор литературы проводился с использованием баз данных Pubmed/Medline и Elibrary с 1 марта 2021 по 1 марта 2023 года.

Результаты. Многочисленные исследования демонстрируют преимущества выполнения лапароскопической нефрэктомии с тромбэктомией из НПВ, но данный метод имеет ряд ограничений, в том числе технические сложности, связанные с необходимостью работы с нижней полой веной, требуемой высокой квалификацией хирургической бригады, а также потенциально более длительной продолжительностью хирургического вмешательства.

Ключевые слова: почечно-клеточный рак, опухолевый тромбоз, лапароскопическая тромбэктомия.

Введение

Злокачественные новообразования являются ведущими причинами смертности во всех странах мира. По оценкам GLOBOCAN в 2020 году во всем мире зарегистрировано 19,3 миллиона новых случаев рака и почти 10,0 миллиона смертей от рака. Рак почки (РП) был диагностирован у 431 288 больных, что составляет 2,2 % от общего количества, впервые выявленного рака в 2020 году в мире [1]. Смертность от РП составила 179 368 — 1,8 %. В РФ ежегодно заболевают РП около 20 000 тыс. человек, а смертность в 2020 году составила 9679 случаев [1]. По данным канцер-регистра с 2011 по 2021г. прирост заболеваемости раком почки в России составил 13,97 % [2]. Рак почки чаще выявляется у пациентов 40–60 лет, при этом у мужчин в 2–3 раза чаще, чем у женщин [3].

Отличительной особенностью ПКР является тенденция к интралюминальному распространению в почечную венозную систему, а также в систему нижней полой вены (НПВ). Опухолевый венозный тромбоз встречается у 10–14 % пациентов с ПКР с возможностью распространения вплоть до камер сердца в примерно 1 % случаев [4]. Согласно классификации клиники Мейо, венозный опухолевый тромбоз НПВ определяется от 0 до уровня IV и считается независимым неблагоприятным прогностическим фактором в лечении ПКР [5].

Классификация опухолевых тромбов, согласно клинике Мейо, выглядит следующим образом [6, 7, 8]:

- Уровень 0 — опухолевой тромб ограничен почечной веной;
- Уровень I определяется как опухолевый тромб, который находится на расстоянии менее 2 см от устья почечной вены;
- Уровень II определяется как опухолевый тромб, распространяющийся на НПВ более чем на 2 см выше почечной вены, но ниже печеночных вен;
- Уровень III определяется как опухолевый тромб, который распространяется выше печеночных вен, но ниже диафрагмы;
- Уровень IV определяется как опухолевый тромб, расположенный над диафрагмой.

Компьютерная томография с внутривенным контрастированием, является наиболее распространенным рентгенологическим исследованием, выполняемым при первичной диагностике ПКР [9]. Однако для выявления опухолевого тромба НПВ, определения его протяженности и локализации верхушки, целесообразно проведение МРТ, предпочтительно с венографией [10].

Хирургические оперативные вмешательства у пациентов с опухолевым тромбозом НПВ технически сложны. Кроме того, светлоклеточный ПКР демонстрирует выра-

женную гиперваскуляризацию, что увеличивает вероятность значительного кровотечения во время операции по поводу опухолей больших размеров с опухолевым тромбом вследствие наличия хорошо развитых коллатералей [11,12].

Пациентам без метастатического поражения лимфатических узлов и внутренних органов показана радикальная нефрэктомия с тромбэктомией из НПВ, поскольку это улучшает прогноз [13]. У пациентов с неметастатическим ПКР радикальная нефрэктомия с тромбэктомией НПВ обеспечивает 5-летнюю выживаемость от 50 % до 65 % [14,15]. При нефрэктомии без тромбэктомии прогноз неблагоприятный. Таким образом, радикальная нефрэктомия с тромбэктомией из НПВ должна быть рекомендована пациентам с ПКР, осложненным венозным опухолевым тромбозом, когда операция технически осуществима [16].

Открытый лапаротомный доступ считается стандартом при выполнении радикальной нефрэктомии с тромбэктомией из НПВ [17]. Однако высокий процент интра- и послеоперационных осложнений, тяжелый и продолжительный период заживления и реабилитации пациентов, перенесших открытую травматичную операцию, диктует необходимость более широкого внедрения в практику малоинвазивных видеолапароскопических методик [18,19]. Предполагается, что использование лапароскопического доступа позволит достичь максимального онкологического контроля при минимальных травмах для пациента, что несомненно является актуальной и востребованной задачей в хирургическом лечении ПКР с тромбом НПВ [20].

Цель

Проанализировать современные представления о преимуществах лапароскопического доступа в хирургическом лечении почечно-клеточного рака, осложненного опухолевым тромбозом нижней полой вены 1 и 2 уровня, в сравнении с открытым доступом.

Материал и методы

Систематический поиск литературы проводился в базах данных из базы данных PubMed/Medline, eLIBRARY.RU, включая Google Scholar, Web of Science с 1 марта 2021 г. по 1 марта 2023 года.

Ключевые слова, использованные и объединенные для стратегии поиска, были следующими: «Печечно-клеточный рак», «Нефрэктомия», «Лапароскопия», «Тромбоз нижней полой вены 1–2 уровня», «Опухолевый тромбоз», «Хирургическое лечение рака почки», «Рак почки», «Нижняя полая вена», «Осложнения рака почки», «Преимущества лапароскопии при лечении рака почки», «Хирургическая стратегия при раке почки».

Первоначальный поиск дал 250 исследований из двух баз данных. После удаления дубликатов исследований, все записи были проверены, а полные тексты соответствующих статей были найдены и получены. Соответствующие статьи были определены после проверки заголовков и рефератов. Поиск был ограничен полноформатными исследованиями, опубликованными на английском и русском языке в рецензируемых журналах до марта 2023 года. Всего в настоящий систематический обзор было включено 26 исследований.

С момента первого выполнения лапароскопической нефрэктомии и тромбэктомии НПВ показания к данной операции расширились. ПКР с тромбом НПВ еще недавно считался относительным противопоказанием к лапароскопической нефрэктомии и тромбэктомии.

Впервые, в научной литературе, о своем опыте использования лапароскопической нефрэктомии с тромбэктомией НПВ, сообщили Varkarakis et al. [11] в исследовании 2004 года. В этом исследовании оценивалась целесообразность и исход лапароскопической радикальной нефрэктомии и тромбэктомии опухоли НПВ у пациентов с ПКР и опухолевым тромбом НПВ I уровня. Четырем пациентам с ожирением была выполнена трансперитонеальная лапароскопическая нефрэктомия справа с тромбэктомией НПВ. Средний размер опухоли составлял 9 см (от 6 см до 13 см), при этом тромб во всех случаях распространялся в НПВ до 2 см. Среднее время операции составило 248 минут (225–274 минут). Средняя кровопотеря составила 517 мл (250–900 мл). Интраоперационных и послеоперационных осложнений не было. Средняя продолжительность пребывания в стационаре составила 6,2 дня (от 4 до 11).

В результате проведенного исследования авторы пришли к выводу, что лапароскопическая нефрэктомия и тромбэктомия НПВ — сложная, но выполнимая процедура, позволяющая уменьшить хирургическую травму.

После представленной первой успешной лапароскопической нефрэктомии с тромбэктомией [11] в последующие годы сообщалось о многих сериях клинических исследований, включающих лапароскопическую нефрэктомию с тромбэктомией уровня I, доказывающих, что эта процедура осуществима и безопасна [12,13,14].

В настоящее время большинство авторов согласны с тем, что наличие самого тромба не имеет специфического прогностического значения, если его можно успешно удалить [15,16].

Так как хирургическая тактика зависит главным образом от уровня расположения верхушки опухолевого тромба, точное стадирование имеет первостепенное значение для предоперационного планирования [17].

Подобно открытой хирургии, лапароскопическая нефрэктомия с тромбэктомией I–II уровня состоит из нескольких важных этапов [21, 22, 23]. Первый этап включает диссекцию и перевязку почечной артерии. Далее необходимо мобилизовать НПВ, контралатеральную почечную вену. Затем проводится пережатие НПВ под тромбом, контралатеральной почечной вены и НПВ над тромбом (для избежания массивного кровотечения); вскрытие полой вены и тромбэктомия; прошивание НПВ и снятие сосудистых зажимов. И завершающим этапом проводится нефрэктомия [24].

Полный контроль над НПВ является жизненно важным этапом. В процессе операции необходимо использовать интраоперационную ультразвукографию для определения протяженности тромба НПВ с целью определения правильного места для наложения сосудистых турникетов на НПВ. Другой важной функцией интраоперационного УЗИ является определение того, была ли стенка НПВ инвазирована опухолевым тромбом [25, 26].

В исследовании 2020 года Liu Z [12] был проведен ретроспективный анализ 87 пациентов с ПКР и опухолевым тромбом НПВ, пролеченных с января 2015 г. по апрель 2019 г. Лапароскопическая техника операции применялась в 41 случае, открытая операция выполнена в 46 случаях. Всем пациентам группы лапароскопического доступа успешно была выполнена операция, летальных исходов во время операции не было. Пациенты лапароскопической группы были старше, имели меньший диаметр опухоли, более короткую медиану времени операции, меньший средний объем интраоперационной кровопотери и меньший средний объем трансфузии эритроцитов по сравнению с открытыми операциями. Доля опухолевого тромба уровня I в лапароскопической группе была выше (63,4 %), а в группе открытой хирургии была ниже (30,4 %) ($P = 0,002$) [12]. Частота послеоперационных осложнений лапароскопической группы составила 19,5 %, что ниже, чем при открытой операции (47,8 %) ($p = 0,004$). Средняя канцер-специфическая выживаемость в группе лапароскопической хирургии составила $36,6 \pm 2,5$ месяца, а в группе открытой хирургии — $32,3 \pm 2,7$ месяца ($P = 0,277$).

Схожие результаты демонстрирует исследование Xiaojun Tian MD et al. [13]. В данном исследовании лапароскопическая нефрэктомия была проведена у 70 пациентов с I и II уровнем тромбоза НПВ. У данных пациентов также, как и в других исследованиях, время операции было меньше и объем кровопотери был ниже в группе лапароскопии. За период 14,5 месячного наблюдения ни один пациент не умер. Исследователи сделали вывод, что данная техника операции является сложной, но выполнимой процедурой для опытных хирургов у пациентов с ПКР и уровнем тромбоза от 0 до II [13].

Представленные наблюдения за 3 пациентами с ПКР и опухолевым тромбом в НПВ II–III уровней проведенные Д.В. Перлиным и др. [22] показывают относительную безопасность методики лапароскопической радикальной нефрэктомии с тромбэктомией из НПВ опухолевого тромба, исходящего из левой почки. Операция не приводит к серьезным периоперационным осложнениям и сопровождается довольно благоприятным течением раннего послеоперационного периода [22].

Результаты и обсуждения

В целом, анализ данных научной литературы позволяет сделать вывод, что лапароскопический доступ по сравнению с открытой хирургией имеет следующие преимущества:

1. Отличная визуализация благодаря большому увеличению оптики.
2. Меньшая травматичность и низкая кровопотеря.
3. Оптимальный операционный доступ к труднодоступным местам.
4. Более быстрый период послеоперационного восстановления.
5. Частота послеоперационных осложнений ниже, чем в группе с открытым доступом.

Стремление к лапароскопической технике выполнения оперативного вмешательства не должно осущест-

вляться за счет снижения онкологических показателей [18]. Оптимальный отбор пациентов, обширный опыт применения лапароскопии и мультидисциплинарная поддержка являются основными элементами для безопасного использования этого подхода. В случае сомнений открытая хирургия должна быть предпочтительным выбором для хирургического лечения [19].

Заключение

Успех хирургического подхода зависит от размера первичной опухоли, локализации и уровня тромба, локальной инвазии НПВ, соматического состояния пациента и сопутствующих заболеваний. На сегодняшний день лапароскопический метод выполнения нефрэктомии с тромбэктомией из НПВ у тщательно отобранных пациентов может быть рекомендован как альтернативный способ оперативного доступа, демонстрирующий очевидные преимущества в сравнении с открытой хирургией.

Показания к лапароскопическому вмешательству при ПКР с тромбом НПВ 1–2 уровня, остаются спорными, несмотря на демонстрируемые положительные результаты. Необходимы дальнейшие проспективные исследования для разработки оптимальных протоколов отбора пациентов и стандартизации алгоритма лечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. World Health Organization (WHO). Global Health Estimates 2020: Deaths by Cause, Age, Sex, by Country and by Region, 2010–2020. WHO; 2020. Accessed 04.03.2023/
2. Злокачественные новообразования в России в 2021 году (заболеваемость и смертность) — М.: МНИОИ им. П.А. Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, — 2022. — илл. — 252 с. ISBN 978-5-85502-280-3/.
3. Алексеева Г.Н., Гурина Л.И., Писарева Л.Ф., Волков М.В., Чердынцева Н.В. Персонализированный подход к лечению метастатического рака почки. Тихоокеанский медицинский журнал. 2020;(4):63–67. <https://doi.org/10.34215/1609-1175-2020-4-63-67>
4. Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Laversanne M, Soerjomataram I, Jemal A, Bray F. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA Cancer J Clin.* 2021 May;71(3):209–249. doi: 10.3322/caac.21660. Epub 2021 Feb 4. PMID: 33538338.
5. Liu, Z., Zhang, Q., Zhao, X. et al. Inferior vena cava interruption in renal cell carcinoma with tumor thrombus: surgical strategy and perioperative results. *BMC Surg* 21, 402 (2021). <https://doi.org/10.1186/s12893-021-01400-2>
6. Kakoti S, Jena R, Sureka SK, Srivastava A, Mandhani A, Singh UP. Experience with management of renal cell carcinoma with inferior vena cava/right atrial tumor thrombus. *Indian J Urol [serial online]* 2021 [cited 2023 Mar 13];37:234–40. Available from: <https://www.indianjurol.com/text.asp?2021/37/3/234/320401>
7. Ma, J., Sun, W., Qian, W. et al. Modified vein clamping technique for renal cell carcinoma complicated with level I–II IVC thrombi: a study at a single centre. *BMC Urol* 21, 179 (2021). <https://doi.org/10.1186/s12894-021-00947-9>
8. Shuch B, Riggs SB, LaRochelle JC, Kabbinnar FF, Avakian R, Pantuck AJ, et al. Neoadjuvant targeted therapy and advanced kidney cancer: Observations and implications for a new treatment paradigm. *BJU Int* 2008;102:692–6.
9. Fukuda H, Kondo T, Omae K, Kobayashi H, Iizuka J, Tanabe K. MP57-06 Limited benefit of targeted therapies on IVC thrombus in renal cell carcinoma. *J Urol* 2014;191:e643
10. Khawaja AR, Sofi K, Dar Y, Khateeb M, Magray J, Waheed A, Malik S, Bhat AH, Wani MS, Bhat A. Surgical Outcome of Renal Cell Carcinoma with Tumor Thrombus Extension into Inferior Vena Cava and Right Atrium (Beating Heart Removal of Level 4 Thrombus): A Challenging Scenario. *J Kidney Cancer VHL.* 2020 Jul 31;7(3):11–17. doi: 10.15586/jkcvhl.2020.149. PMID: 32953422; PMCID: PMC7479807.
11. Varkarakis IM, Bhayani SB, Allaf ME, Inagaki T, Gonzalgo ML, Jarrett TW. Laparoscopic-assisted nephrectomy with inferior vena cava tumor thrombectomy: preliminary results. *Urology.* 2004;64:925–9.
12. Eisenberg MS, Meng MV, Master VA, Stoller ML, Rini BI, Carroll PR, et al.: Laparoscopic versus open cytoreductive nephrectomy in advanced renal-cell carcinoma. *J Endourol.* 2006; 20: 504–8.

13. Liu Z, Zhang L, Hong P et al (2020) The influence of venous tumor thrombus combined with bland thrombus on the surgical treatment and prognosis of renal cell carcinoma patients. *Cancer Med* 9(16):5860–5868. <https://doi.org/10.1002/cam4.3264>
14. Xiaojun Tian MD, Peng Hong MD et al (2020) En bloc retroperitoneal laparoscopic radical nephrectomy with inferior vena cava thrombectomy for renal cell carcinoma with level 0 to II venous tumor thrombus: A single-center experience., <https://doi.org/10.1002/cncr.32747>
15. N. Crisan, I. Andras, D.L. Grad, et al. Dual combined laparoscopic approach for renal-cell carcinoma with renal vein and level I-II inferior vena cava thrombus: our technique and initial results., *J Endourol*, 32 (2018), pp. 837–842, 10.1089/end.2018.0228.
16. Zhang, Y., Bi, H., Yan, Y. et al. Comparative analysis of surgical and oncologic outcomes of robotic, laparoscopic and open radical nephrectomy with venous thrombectomy: a propensity-matched cohort study. *Int J Clin Oncol* 28, 145–154 (2023).
17. Kamimura T, Kida K, Takeda M, Sato S, Fujii M, Inoue M, Tsukino H, Mukai S, Nanashima A, Nakamura K, Kamoto T. Surgical intervention for renal cell carcinoma with inferior vena cava extension combined with laparoscopic procedure. *Res Rep Urol*. 2017;9:107–112 <https://doi.org/10.2147/RRU.S134817>
18. Лапароскопическая радикальная нефрэктомия с тромбэктомией из нижней полой вены при опухолевом тромбе из левой почки / Д.В. Перлин, И.В. Александров, И.Н. Дымков, А.О. Шманев // *Онкоурология*. — 2019. — Т. 15, № 1. — С. 32–39. — DOI 10.17650/1726-9776-2019-15-1-32-39. — EDN MLBFZT.
19. Роль химиоэмболизации почечной артерии при хирургическом лечении рака паренхимы почки, осложнённого опухолевым тромбозом нижней полой вены / Д.А. Гранов, М.И. Школьник, А.А. Поликарпов [и др.] // *Вестник хирургии им. И.И. Грекова*. — 2016. — Т. 175, № 2. — С. 108–111. — EDN VUTAVN.
20. Хвастунов, Р.А. Хирургическое лечение рака почки, осложненного опухолевым тромбозом нижней полой вены / Р.А. Хвастунов, А.А. Юсифова // *Волгоградский научно-медицинский журнал*. — 2017. — № 2(54). — С. 58–61. — EDN ZEGTKF.
21. Резекция нижней полой вены у больных раком почки с массивным опухолевым тромбозом / М.И. Давыдов, В.Б. Матвеев, М.И. Волкова [и др.] // *Онкоурология*. — 2018. — Т. 14, № 2. — С. 15–25. — DOI 10.17650/1726-9776-2018-14-2-15-25. — EDN XSFKYP.
22. Нефрэктомия с резекцией ретропеченочного отдела нижней полой вены у больной раком почки и опухолевым тромбозом нижней полой вены / А.И. Бабич, А.В. Осипов, А.И. Наркевич, А.Е. Демко // *Вестник хирургии им. И.И. Грекова*. — 2021. — Т. 180, № 2. — С. 83–86. — DOI 10.24884/0042-4625-2021-180-2-83-86. — EDN WCVWWK.
23. Безопасность перевязки левой почечной вены во время циркулярной резекции нижней полой вены у больных раком правой почки с опухолевым венозным тромбозом / М.И. Волкова, В.А. Черняев, А.К. Бегалиев [и др.] // *Онкоурология*. — 2018. — Т. 14, № 4. — С. 30–36. — DOI 10.17650/1726-9776-2018-14-4-30-36. — EDN VQVVLY.
24. Лапароскопическая радикальная нефрэктомия с тромбэктомией из нижней полой вены I — III уровня: опыт одного центра и обзор литературы / А.К. Носов, Э.М. Мамижев, Б.И. Асланов [и др.] // *Онкоурология*. — 2022. — Т. 18, № 1. — С. 26–37. — DOI 10.17650/1726-9776-2022-18-1-26-37. — EDN EMQESA.
25. Ускоренное выздоровление при простой лапароскопической нефрэктомии / В.А. Воробьев, В.А. Белобородов, Т.В. Ховалыг, А.М. Эхан // *Экспериментальная и клиническая урология*. — 2022. — Т. 15, № 2. — С. 46–53. — DOI 10.29188/2222-8543-2022-15-2-46-53. — EDN MYZPHG.
26. Кадыров, З.А. Сравнительный анализ интра- и послеоперационных осложнений ретроперитонеоскопической и лапароскопической нефрэктомии при опухолях больших размеров / З.А. Кадыров, А.Ю. Одилов, Д.М. Ягудаев // *Онкоурология*. — 2018. — Т. 14, № 4. — С. 22–28. — DOI 10.17650/1726-9776-2018-14-4-22-28. — EDN YTGJQT.

© Мирзабеков Мусабек Кямранович (musabek.mirzabekoff@yandex.ru), Школьник Михаил Иосифович (shkolnik_phd@mail.ru);
Богомоллов Олег Алексеевич (urologbogomolov@gmail.com); Кнеев Алексей Юрьевич (alexmedspb@gmail.com);
Артемьев Максим Владимирович (maksimartemov1986@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ МАКРОДОНТНЫХ ЗУБНЫХ ДУГ МЕЗОГНАТИЧЕСКОГО ТИПА

EVALUATION OF THE RESULTS OF THE STUDY OF MACRODATA OF MESOLITHIC DENTAL ARCHES

I. Orlova
S. Fischev
A. Sevastyanov
S. Pavlova
A. Shtorina
M. Puzdyreva
M. Rozhkova
V. Popov

Summary: Research methods are of particular importance for the diagnosis of various types of dental arch anomalies in people with a macrodont mesognathic variant of dental arches. 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.

Keywords: orthodontics, malocclusion, mesognathia, macrodata dental arches.

Орлова Ирина Викторовна

*К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет
Министерства здравоохранения РФ
orisha@mail.ru*

Фищев Сергей Борисович

*Д.м.н., профессор, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
super.kant@yandex.ru*

Севастьянов Аркадий Владимирович

*Д.м.н., профессор, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
ardy.dkr@mail.ru*

Павлова Светлана Георгиевна

*К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет
Министерства здравоохранения РФ
svetap_75@mail.ru*

Шторина Анастасия Александровна

*К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет
Министерства здравоохранения РФ
kondratyuk.andrey@icloud.com*

Пузырева Маргарита Николаевна

*К.м.н., доцент «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*

Попов Владимир Петрович

*К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет
Министерства здравоохранения РФ
vpopov5@mail.ru*

Аннотация. Методы исследования имеют особое значение для диагностики различных видов аномалий зубных дуг у людей с макродонтным мезогнатическим вариантом зубных дуг. Индивидуальные особенности строения челюстно-лицевой области и соотношения зубных дуг обеих челюстей влияют на стабильность результатов лечения в клинике ортодонтии и ортопедической стоматологии.

Ключевые слова: ортодонтия, аномалии прикуса, мезогнатия, макродонтные зубные дуги.

Определение соответствия размеров зубов параметрам зубных дуг основываются на измерении отдельных зубов и/или групп зубов и последующим соотношением с предложенными денральными и интерденральными индексами и коэффициентами [1, 2, 3, 4]. Для этого оценивают трансверсальные и сагитальные линейные размеры зубных дуг (методы Pont, Linder и Harth; Korkhaus). Наиболее распространенные индексные величины при оценке указанных методов (Pont и Linder-Harth) [5, 6, 7, 8].

Однако нередко возникают сложности при изучении результатов исследования. В литературе нет сведений, при каких вариантах формы зубных дуг эти методы можно использовать в ортодонтии [9, 10, 11, 12].

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 макродонтных мезогнатических зубных дуг при физиологическом прикусе с учетом индивидуальных особенностей челюстно-лицевой области.

Материалы и методы исследования

Мы проводили исследования 34 лиц, имеющих макродонтный мезогнатический тип зубных дуг при физиологическом прикусе.

У людей с макродонтным мезогнатическим вариантом зубных дуг денальный индекс на верхней челюсти в среднем составлял $0,939 \pm 0,03$, для нижней зубной дуги индекс был $0,956 \pm 0,02$.

Результаты исследования

Размеры групп зубов у людей исследуемой группы с нормодонтизмом и долихогнатическим типом зубных дуг показаны в таблице 1.

Размеры групп зубов у людей исследуемой группы с макродонтным мезогнатическим типом зубных дуг показаны в таблице 1.

У людей с макродонтным мезогнатическим вариантом зубных дуг денальный индекс на верхней челюсти в среднем составлял $0,939 \pm 0,03$, для нижней зубной дуги индекс был $0,956 \pm 0,02$.

В результате исследования установлено, что суммарная величина широтного одонтометрического показателя, определяемого как длина верхней зубной дуги,

составляла $120,91 \pm 2,92$ мм, а на нижней челюсти — $112,42 \pm 2,79$ мм. Полученные показатели были достоверно больше, чем у людей с нормодонтизмом и мезогнатическим типом зубных дуг.

Таблица 1.

Размеры групп зубов у людей с макродонтным мезогнатическим типом зубных дуг при физиологическом прикусе

Показатели измерения	Размеры зубов (в мм) на:	
	верхней челюсти	нижней челюсти
Ширина коронок 4 резцов	$33,31 \pm 1,27$	$24,59 \pm 1,06$
Ширина коронок 6 передних зубов	$49,61 \pm 1,47$	$38,66 \pm 1,25$
Ширина коронок 12 зубов	$99,08 \pm 1,79$	$91,07 \pm 1,68$
Ширина коронок 14 зубов	$120,91 \pm 2,92$	$112,42 \pm 2,79$

Полученные данные соответствовали параметрам макродонтных типов зубных дуг, что было подтверждено величиной среднего модуля моляров. Для верхних моляров средний модуль был $11,18 \pm 0,07$, для зубов нижней челюсти — $11,16 \pm 0,09$.

Отношение длины зубной дуги верхней челюсти к такому же размеру нижних зубов составило $1,075 \pm 0,006$ и достоверно не отличалось от аналогичного показателя, полученного у людей с нормодонтными мезогнатическими типами зубных дуг, 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 $1,35 \pm 0,012$ (индекс Тонн).

Отношение суммы ширины коронок 6 передних зубов нижней и верхней челюсти (переднее соотношение по Bolton) составило $77,78 \pm 0,29$.

Отношение суммы ширины коронок 12 передних зубов нижней и верхней челюсти (полное соотношение по Bolton) составило $91,19 \pm 0,78$.

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 $92,99 \pm 1,64$ %, что может быть использовано в качестве дополнительного критерия определения соответствия указанных величин.

Полученные индексы у людей с макродонтными мезогнатическими типами зубных дуг не отличались от ана-

логичных данных, которые были получены у лиц с мезогнатическими нормодонтными зубными системами.

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 макродонтными мезогнатическими формами зубных дуг трансверсальные размеры между первыми молярами практически не отличались от расчетных показателей, определяемых по общепринятым методам, в отличие от людей с мезогнатическими нормодонтными типами зубных дуг. Тем не менее, в области премоляров ширина дуг была меньше, чем при расчете по методу Pont, но соответствовала показателям Linder-Harth.

Так, ширина зубной дуги верхней челюсти в области верхних премоляров была меньше, чем рассчитанная по методу Pont на $2,7 \pm 0,21$ мм, а в области нижних премоляров на $3,5 \pm 0,59$ мм.

Сагиттальные размеры обеих челюстей были близки к расчетным величинам, и глубина переднего отдела составляла $19,3 \pm 0,36$ мм для верхней челюсти и $17,12 \pm 0,27$ мм для нижней зубной дуги.

Таким образом, при обследовании людей с макродонтными мезогнатическими формами зубных дуг из общепринятых методов исследования трансверсальных размеров, более приемлем метод Linder и Harth. Метод Pont может быть использован при измерении ширины зубной дуги между первыми молярами, но имеет существенные погрешности при измерении между премолярами, что может отражаться на выборе методов и определении эффективности ортодонтического лечения.

Длина бокового сегмента по Gerlach на верхней зубной дуге была $33,81 \pm 0,79$ мм. На нижней челюсти аналогичный показатель составлял $33,87 \pm 0,95$ 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 макродонтных мезогнатических зубных дуг при аномалиях их формы и размеров.

Согласно предложенному нами алгоритму обследования пациентов вначале определяли гнатический тип лица. У обследуемого контингента межжелезковое расстояние (t-t) составляло $149,04 \pm 2,92$ мм, а диагональ гнатической части лица (t-sn) была $133,01 \pm 1,79$ мм. Полученные данные были больше, чем аналогичные размеры людей с мезогнатическим нормодонтным типом лица, что свидетельствует о взаимосвязи размеров зубов с параметрами челюстно, лицевой области, в частности с его диагональными размерами.

Процентное отношение диагонали лица к его ширине (ГИЛ) составляло $89,3 \pm 1,99$, что было свойственно характеристикам мезогнатического типа лица и достоверно не отличалось от показателей людей с нормодонтным типом лица. Величина диагональных размеров соответствовала показателям макродонтного типа гнатической части лица. Таким образом, в рассматриваемой группе были пациенты с макродонтными мезогнатическими типами лица.

Соотношение ширины коронки верхнего медиального резца к размерам латерального резца в среднем по группе составляло $0,81 \pm 0,02$, что соответствовало показателям, полученных у людей с мезогнатическим нормодонтным типом лица и зубных дуг. Отношение мезиально-дистального размера верхнего клыка к аналогичному параметру верхнего медиального резца было $0,89 \pm 0,03$, а по отношению к латеральному резцу — $1,1 \pm 0,04$, что также свидетельствовало о гармонии размеров передних зубов.

Таблица 2.

Основные линейные размеры макродонтных мезогнатических 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	$41,62 \pm 1,29$	$38,89 \pm 1,77$	$41,62 \pm 1,29$	$38,11 \pm 1,56$
Ширина в области моляров по Pont	$52,03 \pm 1,74$	$51,62 \pm 2,03$	$52,03 \pm 1,74$	$52,16 \pm 2,18$
Ширина в области премоляров по L-H	$39,18 \pm 1,22$	$38,89 \pm 1,77$	$39,18 \pm 1,22$	$38,11 \pm 1,56$
Ширина в области моляров по L-H	$51,23 \pm 1,93$	$51,62 \pm 2,03$	$51,23 \pm 1,93$	$52,16 \pm 2,18$
Глубина переднего отдела по Korkhaus	$19,0 \pm 0,33$	$19,3 \pm 0,48$	$17,0 \pm 0,38$	$17,12 \pm 0,37$

Таблица 3.

Основные линейные размеры макродонтных мезогнатических зубных дуг при физиологическом прикусе

Параметры зубных дуг	Размеры зубной дуги (в мм) на челюсти:			
	верхней		нижней	
	расчетные	фактические	расчетные	фактические
Ширина между клыками	37,78±1,21	37,71±1,58	28,15±1,17	28,32±1,54
Ширина между вторыми молярами	64,78±1,84	64,93±2,32	58,89±1,92	58,95±2,15
Глубина до уровня клыков	10,21±0,29	10,34±0,76	8,48±0,31	8,56±0,85
Глубина до уровня моляров	46,95±1,54	47,03±1,97	44,14±1,22	44,28±1,77
Диагональ до уровня клыков	21,47±0,44	21,63±0,67	16,44±0,51	16,37±1,03
Диагональ до уровня моляров	57,03±0,63	57,22±1,25	53,04±1,02	53,13±1,53

Результаты исследования зубных дуг, с использованием предложенного нами алгоритма показаны в таблице 3.

Следует отметить, что расчетные размеры зубных дуг, так же как и у людей с мезогнатическими нормодонтными типами 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 $0,73 \pm 0,01$, а нижней зубной

дуги — $0,75 \pm 0,02$, что соответствовало мезогнатическому 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 макродонтными мезогнатическими типами лица и зубных дуг.

ЛИТЕРАТУРА

- Агашина М.А. Параметры зубных дуг верхней и нижней челюстей в трансверзальном 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.
- Пуздырева М.Н., Субботин Р.С., Фищев С.Б., Фомин И.В., Кондратюк А.А., Орлова И.В. Дифференциальная диагностика патологических и физиологических видов резцового перекрытия // *Педиатр*. — 2019. — Т. 10. — № 4. — С. 39–44.
- 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.
- Dmitrienko S.V., Lepilin A.V., Domenyuk D.A., A.A. Kondratyuk Clinical meaning of methods for identifying variability of mental prominence location // *Archiv euromedica*. — 2019. — vol. 9. Num. 1. — P. 45–46.
- Dmitrienko T.D., Domenyuk D.A., Porfyriadis M.P., Arutyunova A.G., Kondratyuk A.A., Subbotin R.S. Connection between clinical and radiological torque of medial incisors at physiological occlusion // *Archiv euromedica*. — 2019. — vol. 9. Num. 1. — P. 29–37.
- Fischev S.B., Puzdyryova 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.
- Fomin I.V., Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Kondratyuk A.A., Arutyunova A.S. Effect of jaw growth on dentofacial angle in analyzing lateral telerradiographic images // *Archiv EuroMedica*. 2019. vol. 9, num. 2. P. 136–137.
- Kondratyuk A., Subbotin R., Lepilin A., Puzdrev M., Fischev S., Sevastynov A., Doenyuk D, Rozhkova M. Dependence of facial morphometric parameters from masticatory muscles tone in people with horizontal type of increased dental abrasion // *Archiv euromedica*. — 2019. — vol. 9. Num. 3. — P. 91–96.
- Lepilin A.V., Fomin I.V., Domenyuk D.A., Dmitrienko S.V., Budaychiev G.M-A. diagnostic value of cephalometric parameters at graphic reproduction of tooth dental arches in primary teeth occlusion // *Archiv euromedica*. — 2018. — V. 8. — № 1. — P. 37–38.
- Puzdyryova 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.
- 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.
- 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.

© Орлова Ирина Викторовна (orisha@mail.ru); Фищев Сергей Борисович (super.kant@yandex.ru); Севастьянов Аркадий Владимирович (ardy.dkr@mail.ru); Павлова Светлана Георгиевна (svetar_75@mail.ru); Шторина Анастасия Александровна (kondratyuk.andrey@icloud.com); Пуздырева Маргарита Николаевна (seven-spb@yandex.ru); Рожкова Мария Геннадьевна (rozmaria2010@yandex.ru); Попов Владимир Петрович (vporov5@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИЗУЧЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОДОНТНЫХ ЗУБНЫХ ДУГ МЕЗОГНАТИЧЕСКОГО ТИПА

TO STUDY THE RESULTS OF THE STUDY OF MICRODONT DENTAL ARCHES OF MESOGNATHIC TYPE

S. Pavlova
I. Orlova
S. Fischev
A. Sevastyanov
A. Shtorina
M. Puzdyreva
M. Rozhkova
A. Kondratyuk

Summary: For the diagnosis of various types of anomalies of dental arches in people with microdont mesognathic variant of dental arches, research methods are of particular importance. The structure of the maxillofacial region has individual features of the structure and the ratio of the dental arches of both jaws, which affects the stability of treatment results in the clinic of orthodontics and orthopedic dentistry.

Keywords: orthodontics, orthopedics, malocclusion, mesognathia, microdont dental arches.

Павлова Светлана Георгиевна

К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет
Министерства здравоохранения РФ
svetap_75@mail.ru

Орлова Ирина Викторовна

К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет
Министерства здравоохранения РФ
orisha@mail.ru

Фищев Сергей Борисович

Д.м.н., профессор, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
super.kant@yandex.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

Пузырева Маргарита Николаевна

К.м.н., доцент, 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

Кондратюк Андрей Александрович

К.м.н., ассистент, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет» Министерства здравоохранения РФ
kondratyuk.andrey@icloud.com

Аннотация. Для диагностики различных видов аномалий зубных дуг у людей с микродонтным мезогнатическим вариантом зубных дуг методы исследования имеют особое значение. Строение челюстно-лицевой области имеет индивидуальные особенности строения и соотношения зубных дуг обеих челюстей, что влияет на стабильность результатов лечения в клинике ортодонтии и ортопедической стоматологии.

Ключевые слова: ортодонтия, ортопедия, аномалии прикуса, мезогнатия, микродонтные зубные дуги.

Для определения соответствия размеров зубов параметрам зубных дуг проводят измерения отдельных зубов и/или групп зубов и последующее соотношение с предложенными денальными и интерденальными индексами и коэффициентами [1, 2, 3, 4]. Для этого изучают трансверсальные и сагитальные линейные размеры зубных дуг (методы Pont, Linder и Harth; Korkhaus). Наиболее распространенные индексные величины при оценке указанных методов (Pont и Linder-Harth) [5, 6, 7, 8].

Часто возникают трудности при изучении результатов исследования. В литературе нет сведений, при каких вариантах формы зубных дуг эти методы можно использовать в ортодонтии [9, 10, 11, 12].

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 микродонтных мезогнатических зубных дуг при физиологическом прикусе с учетом индивидуальных особенностей челюстно-лицевой области.

Материалы и методы исследования

Мы проводили исследования 31 лица, имеющих микродонтный мезогнатический тип зубных дуг при физиологическом прикусе.

У людей с микродонтными зубными дугами, так же как и при нормодонтизме, встречались различные формы зубных дуг, в частности долихо-, брахи- и мезогнатические, в зависимости от величины денального индекса зубной дуги. У людей с микродонтным мезогнатическим вариантом формы зубных дуг денальный индекс верхней дуги в среднем составлял $0,93 \pm 0,03$, для нижней зубной дуги индекс был $0,98 \pm 0,02$, что не отличалось от аналогичного показателя других мезогнатических типов зубных дуг.

Результаты исследования

Размеры групп зубов у людей исследуемой группы с микродонтным мезогнатическим типом зубных дуг показаны в таблице 1.

В результате исследования установлено, что суммарная величина широтного одонтометрического показателя, определяемого как длина верхней зубной дуги, составляла $109,39 \pm 2,31$ мм, а на нижней челюсти — $104,71 \pm 2,08$ мм, что было достоверно меньше, чем

у людей с мезогнатическими нормодонтными зубными системами.

Таблица 1.

Размеры групп зубов у людей с микродонтным мезогнатическим типом зубных дуг при физиологическом прикусе

Показатели измерения	Размеры зубов (в мм) на:	
	верхней челюсти	нижней челюсти
Ширина коронок 4 резцов	$29,72 \pm 1,33$	$22,14 \pm 1,13$
Ширина коронок 6 передних зубов	$44,49 \pm 1,56$	$34,54 \pm 1,27$
Ширина коронок 12 зубов	$90,74 \pm 1,78$	$83,72 \pm 1,59$
Ширина коронок 14 зубов	$109,39 \pm 2,31$	$104,71 \pm 2,08$

Полученные данные соответствовали параметрам микродонтных типов зубных дуг, что было подтверждено величиной среднего модуля моляров. Для верхних моляров средний модуль был $10,21 \pm 0,13$, для зубов нижней челюсти — $10,48 \pm 0,09$.

Отношение длины зубной дуги верхней челюсти к такому же размеру нижних зубов составило $1,045 \pm 0,01$ и достоверно не отличалось от аналогичного показателя, полученного у людей с нормодонтными мезогнатическими типами зубных дуг, 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 $1,34 \pm 0,013$ (индекс Tonn).

Отношение суммы ширины коронок 6 передних зубов нижней и верхней челюсти (переднее соотношение по Bolton) составило $77,61 \pm 0,32$.

Отношение суммы ширины коронок 12 передних зубов нижней и верхней челюсти (полное соотношение по Bolton) составило $92,26 \pm 1,34$.

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 $95,68 \pm 1,64$ %, что может быть использовано в качестве дополнительного критерия определения соответствия указанных величин.

Полученные индексы у людей с микродонтными мезогнатическими типами зубных дуг практически не отличались от показателей, полученных у лиц с мезогнатическими нормодонтными зубными системами.

Таблица 2.

Основные линейные размеры микродонтных мезогнатических 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	37,15±1,18	33,31±1,73	37,15±1,18	33,79±1,64
Ширина в области моляров по Pont	46,44±1,66	44,69±1,96	46,44±1,66	46,61±2,22
Ширина в области премоляров по L-H	34,96±1,31	33,31±1,73	34,96±1,31	33,79±1,64
Ширина в области моляров по L-H	45,72±1,85	44,69±1,96	45,72±1,85	46,61±2,22
Глубина переднего отдела по Korkhaus	17,5±0,31	17,3±0,55	15,5±0,38	15,17±0,39

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 микродонтными мезогнатическими формами зубных дуг трансверсальные размеры между первыми молярами практически не отличались от расчетных показателей, определяемых по общепринятым методам, в отличие от людей с мезогнатическими нормодонтными типами зубных дуг. Тем не менее, межпремолярное расстояние было меньше, чем при расчете по методу Pont, но соответствовала показателям Linder-Harth.

Так, ширина зубной дуги верхней челюсти в области верхних премоляров была меньше, чем рассчитанная по методу Pont на $3,84 \pm 0,92$ мм, а в области нижних премоляров на $3,35 \pm 0,47$ мм.

Таким образом, при обследовании людей с микродонтными мезогнатическими формами зубных дуг из общепринятых методов исследования трансверсальных размеров, более приемлем метод Linder и Harth. Метод Pont может быть использован при измерении ширины зубной дуги между первыми молярами, но имеет существенные погрешности при измерении между премолярами, что может отражаться на выборе методов и определении эффективности ортодонтического лечения.

Сагиттальные размеры обеих челюстей были близки к расчетным величинам, и глубина переднего отдела для обеих зубных дуг составляла $17,3 \pm 0,55$ мм и $15,17 \pm 0,39$ мм соответственно.

Длина бокового сегмента по Gerlach для верхней зубной дуги составила $31,66 \pm 0,92$ мм, а для нижней —

$31,65 \pm 0,87$ мм, что было несколько больше, чем размеры переднего отдела зубной дуги, а именно суммы ширины коронок 4 резцов.

Согласно предложенному нами алгоритму обследования пациентов вначале определяли гнатический тип лица. У обследуемого контингента межжелезочное расстояние (t-t) составляло $134,78 \pm 2,59$ мм, а диагональ гнатической части лица (t-sn) была $120,32 \pm 1,21$ мм. Полученные данные были меньше, чем аналогичные размеров людей с мезогнатическим нормодонтным типом лица, что свидетельствует о взаимосвязи размеров зубов с параметрами челюстно-лицевой области, в частности с её диагональными размерами.

Процентное отношение диагонали лица к его ширине (ГИЛ) составляло $88,89 \pm 1,62$, что было свойственно характеристикам мезогнатического типа лица и достоверно не отличалось от показателей людей с нормодонтным типом лица. Величина диагональных размеров соответствовала показателям микродонтного типа гнатической части лица. Соотношение ширины коронки верхнего медиального резца к размерам латерального резца в среднем по группе составляло $0,81 \pm 0,01$, что соответствовало показателям, полученных у людей с мезогнатическим нормодонтным типом лица и зубных дуг. Отношение мезиально-дистального размера верхнего клыка к аналогичному параметру верхнего медиального резца было $0,9 \pm 0,02$, а по отношению к латеральному резцу — $1,1 \pm 0,02$, что также свидетельствовало о гармонии размеров передних зубов.

Результаты исследования зубных дуг, с использованием предложенного нами алгоритма показаны в таблице 3.

Следует отметить, что расчетные размеры зубных дуг, так же как и у людей с мезогнатическими нормодонтными типами зубных дуг практически соответствовали фактическим величинам, что свидетельствовало об эффективности предложенных методов исследования. До-

Таблица 3.

Основные линейные размеры микродонтных мезогнатических зубных дуг при физиологическом прикусе

Параметры зубных дуг	Размеры зубной дуги (в мм) на челюсти:			
	верхней		нижней	
	расчетные	фактические	расчетные	фактические
Ширина между клыками	34,18±1,26	34,12±1,49	26,16±1,19	25,95±1,82
Ширина между вторыми молярами	58,69±1,57	58,61±2,21	53,36±1,76	53,62±2,33
Глубина до уровня клыков	10,16±0,94	10,76±1,15	6,28±0,34	7,03±0,57
Глубина до уровня моляров	42,47±1,67	42,61±1,99	41,46±1,36	41,21±1,63
Диагональ до уровня клыков	19,88±0,59	19,74±0,55	14,72±0,69	14,49±1,34
Диагональ до уровня моляров	51,59±1,15	52,08±1,47	49,37±1,23	49,31±1,68

стоверных различий между расчетными и фактическими показателями не обнаружено.

Индекс верхней дуги (отношение глубины дуги к ее ширине) был в пределах $0,73 \pm 0,01$ а нижней зубной дуги — $0,77 \pm 0,02$, что соответствовало мезогнатическому 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 микродонтными мезогнатическими типами лица и зубных дуг.

ЛИТЕРАТУРА

- Агашина М.А. Параметры зубных дуг верхней и нижней челюстей в трансверзальном 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.
- Васильева Н.А. Оценка методов исследования нормодонтных зубных дуг мезогнатического типа / Н.А. Васильева, М.Н. Пузырева, М.Г. Рожкова, С.Б. Фищев и др. // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки*. — 2023. — № 2. — С. 170–174.
- Кондратюк А.А. Особенности размеров зубов у людей с нормодонтным брахиогнатическим типом зубных дуг. / А.А. Кондратюк, М.Н. Пузырева, М.Г. Рожкова, С.Б. Фищев и др. // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки*. — 2023. — № 2. — С. 228–232.
- Пузырева М.Н., Субботин Р.С., Фищев С.Б., Фомин И.В., Кондратюк А.А., Орлова И.В. Дифференциальная диагностика патологических и физиологических видов резцового перекрытия // *Педиатр*. — 2019. — Т. 10. — № 4. — С. 39–44.
- Dmitrienko T.D., Domenyuk D.A., Porfyriadis M.P., Arutyunova A.G., Kondratyuk A.A., Subbotin R.S. Connection between clinical and radiological torque of medial incisors at physiological occlusion // *Archiv euromedica*. — 2019. — vol. 9. Num. 1. — P. 29–37.
- 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.
- Fomin I.V., Dmitrienko S.V., Domenyuk D.A., Kondratyuk A.A., Arutyunova A.S. Effect of jaw growth on dentofacial angle in analyzing lateral telerradiographic images // *Archiv EuroMedica*. 2019. vol. 9, num. 2. P. 136–137.
- Kondratyuk A., Subbotin R., Lepilin A., Puzdrev M., Fischev S., Sevastynov A., Doenyuk D, Rozhkova M. Dependence of facial morphometric parameters from masticatory muscles tone in people with horizontal type of increased dental abrasion // *Archiv euromedica*. — 2019. — vol. 9. Num. 3. — P. 91–96.
- Lepilin A.V., Fomin I.V., Domenyuk D.A., Dmitrienko S.V., Budaychiev G.M-A. diagnostic value of cephalometric parameters at graphic reproduction of tooth dental arches in primary teeth occlusion // *Archiv euromedica*. — 2018. — V.8. — № 1. — P. 37–38.
- 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.
- 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.
- 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.

© Павлова Светлана Георгиевна (svetar_75@mail.ru); Орлова Ирина Викторовна (orisha@mail.ru); Фищев Сергей Борисович (super.kant@yandex.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); Кондратюк Андрей Александрович (kondratyuk.andrey@icloud.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЭНДЕМИИ ЗОБА У ЖИТЕЛЕЙ ПРИМОРСКИХ РАЙОНОВ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ

FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF ENDEMIC GOITER IN RESIDENTS OF THE COASTAL REGIONS OF THE MAGADAN REGION

**N. Pokhilyuk
A. Gorbachev
A. Kirichuk**

Summary. The work is devoted to the study of the mechanisms of the formation of endemic goiter in coastal areas. The inhabitants of endemic goiter coastal territories of the Magadan region were studied. The content of iodine and selenium in various ethno-demographic groups (natives, mestizos, alien population) was determined by the methods of ioduria and spectral analysis of hair.

It was shown that the territory of the coastal region (the city of Magadan) is free from iodine deficiency: the median of iodine in residents was 133.8 µg/l, with the lower limit of the norm being 100 µg/l. The level of iodine in the hair of residents was also within the reference values. However, the content of selenium, one of the key elements of thyroid synthesis in the inhabitants of the region, turned out to be lower than the recommended values, which may be a goiter factor. Severe iodine deficiency was found in ethnic aborigines living in the coastal area. Moreover, in the hair of the natives, the content of iodine and selenium was within the normal range. At the same time, no pronounced goiter was found in the natives. It has been suggested that reduced ioduria can be considered as an evolutionary mechanism for maintaining iodine in the body and maintaining thyroid function. This mechanism, through an adequate level of thyroid hormones, ensures the basic metabolism and heat production in aborigines in the conditions of the North.

Keywords: North, ethno-demographic groups iodine, iodine deficiency, selenium, thyroid gland.

Похилук Наталья Владимировна

врач-бактериолог,
ГБУЗ «Магаданская областная больница»
natalis2686@mail.ru

Горбачев Анатолий Леонидович

доктор биол.наук, профессор,
ФГАОУВО Северо-Восточный государственный
университет (Магадан, Россия)
gor000@mail.ru

Киричук Анатолий Александрович

доктор биол. наук,
ФГАОУВО Российский университет дружбы народов,
(Москва, Россия)
kirichuk-aa@rudn.ru

Аннотация. Работа посвящена изучению механизмов формирования эндемического зоба на приморских территориях. Исследованы жители зобноэндемичных приморских территорий Магаданской области. Методами йодурии и спектрального анализа волос определено содержание йода и селена в различных этнодемографических группах (аборигены, метисы, пришлое население).

Показано, что территория приморского региона (г. Магадан) свободна от йодного дефицита: медиана йодурии у жителей составила 133,8 мкг/л при нижней границе нормы 100 мкг/л. Уровень йода в волосах жителей также находился в пределах реферативных значений. Однако содержание селена — одного из ключевых элементов тиреоидного синтеза у жителей региона оказалось ниже рекомендуемых величин, что может являться строгим фактором.

У этнических аборигенов, проживающих на приморской территории, обнаружен тяжелый йодный дефицит. Причем в волосах аборигенов содержание йода и селена находилось в пределах нормы. При этом выраженного зоба у аборигенов не обнаружено.

Высказано предположение, что пониженную йодурию можно рассматривать как эволюционный механизм сохранения в организме йода и поддержания функции щитовидной железы. Указанный механизм через адекватный уровень тиреоидных гормонов обеспечивает основной обмен и теплопродукцию у аборигенов в условиях Севера.

Ключевые слова: Север, этнодемографические группы йод, йодный дефицит, селен, щитовидная железа.

Актуальность

Щитовидная железа (ЩЖ) является эндокринным органом во многом зависящем от состояния окружающей среды: морфология и функция щитовидной железы поддерживаются экзогенным йодом. В свою очередь йод, как структурный элемент необходим для синтеза тиреоидных гормонов, играющих витальную роль для организма человека. Суточная норма потребления йода для человека составляет не менее 150 мкг, и является условием оптимального синте-

за тиреоидных гормонов. Потребность в йоде зависит от возраста и физиологического состояния организма человека, в частности, она повышается в периоды физических (холодовых) нагрузок, полового развития, беременности. Суточное поступление в организм йода менее 80 мкг, оценивается как его дефицит [13].

Йоддефицитные заболевания

В настоящее время признано, что дефицит в биосфере йода является естественным и всеобщим природным

феноменом, а йодный дефицит (ЙД) — одна из масштабных медико-социальных проблем, связанных с питанием населения. Следует отметить, что кроме природного дефицита йода, индивидуально и на популяционном уровне может проявляться эндогенный дефицит йода, обусловленный действием антийодных (струмогенных) факторов. В частности, антийодный эффект могут оказывать избыточные количества в организме некоторых элементов: Ca, Co, Mn, Pb, Br, Cl, F. Усиление струмогенного эффекта наблюдается и при дефиците у человека Cu, Zn, Se [19].

Недостаток йода, инициирует структурно-функциональное напряжение ЩЖ, приводящее к развитию йододефицитных заболеваний. К перечню таких патологий ВОЗ, относит все болезненные состояния, которые развиваются в результате йодного дефицита и могут быть снижены или устранены при условии нормализации поступления йода [21].

По данным ВОЗ, около 2 млрд жителей Земли живут в условиях йодного дефицита, который приводит к развитию таких заболеваний ЩЖ как эндемический и токсический зоб, тиреоидит (АИТ), гипотиреоз. Исходом йодного дефицита является бесплодие, не вынашивание беременности, мертворождение, а также снижение иммунитета и увеличение риска рака ЩЖ [8, 26]. Наибольшую опасность представляет недостаточное поступление йода в период внутриутробного развития человека и в раннем детском возрасте. В эти периоды в условиях недостатка йода возникают аномалии развития нейронов, врожденный гипотиреоз, умственная и физическая отсталость кретинизм [2, 14, 1].

Ранее показано, что приморская территория Магаданской области, несмотря на обеспеченность биосферы йодом, является зобноэндемичным регионом [12].

С целью изучения факторов эндемии зоба на приморской территории Магаданской области исследован йодный и селеновый статус в различных этнодемографических группах.

Материал и методы исследований. По отношению к Охотскому морю Магаданская область условно делится на приморскую территорию (включая город Магадан) и континентальную территорию, где проживает в основном пришлое население. В работе изучены два приморских района:

1. г. Магадан и населенные пункты, расположены во круг города;
2. Территория Северо-Эвенского района, где компактно проживают коренные (аборигенные жители).

На указанных территориях исследованы этнодемографические группы — мужчины и женщины в возрасте

18–35 лет ($23,6 \pm 6,2$) лет: пришлое население (приезжее, укорененное население) ($n=155$), и аборигенное (коренное) население: эвены ($n=53$), коряки ($n=32$), чукчи ($n=70$), метисы ($n=135$).

Обеспеченность жителей йодом проведена методом йодурии (исследование йода в моче). Исследованы рандомизированные выборки детей препуртатного возраста. Определение йода проведено в утренних порциях мочи церий-арсенитовым методом в «Национальном медицинском исследовательском центре эндокринологии» МЗ РФ (г. Москва).

Кроме йодурии, у жителей г. Магадана и прилегающих населенных пунктов содержание йода и других химических элементов определено и в волосах. Исследование выполнено методами спектрального анализа (АЭС-ИСП) и (МС-ИСП) в Центре биотической медицины (г. Москва).

Статистическая обработка данных выполнена помощью программного пакета Microsoft Excel (Microsoft Office 2016 и Statistica 10.0 for Windows (Statsoft, Tulsa, USA)). Для расчетов использовали методы непараметрической статистики. Определены значения медиан (Me), межквартильных интервалов (P25–P75). Для оценки значимости различий в группах сравнения применяли непараметрический критерий Манна-Уитни. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Йодурия. Экспертами ВОЗ в рамках ликвидации дефицита йода, разработана система идентификации йододефицитных состояний [24]. В качестве показателя обеспеченности человека йодом рекомендовано ориентироваться на его уровень в моче — йодурию. Степень йодной недостаточности определяют по критериям Международного комитета по контролю йододефицитных состояний. Регион считается обеспеченным йодом, если медиана его содержания в моче находится в пределах 100–299 мкг/л [16].

У жителей Магаданской области проблема ЩЖ (эндемический зоб) выражена на уровне популяции и является краевой формой патологии. Причем зоб регистрируется не только на континентальной, но и на приморской территории; при этом эндемия более выражена у пришлое жителей относительно аборигенного (коренного) населения [12].

Результаты исследования йода в моче жителей континентальных районов указывали на йодный дефицит: показатели медианы йодурии у жителей находились в пределах 67,5–71,8 мкг/л при нижней границе нормы 100 мкг/л [5]. Полученные данные подтверждают факт йодного дефицита на удаленных от моря территориях.

Данные йодурии у жителей г. Магадана и прилегающих населенных пунктов, показали отсутствие йодного дефицита: медиана йодурии составила 133,8 мкг/л. Для понимания феномена эндемии зоба у жителей приморских территорий нужно учитывать комплексную биогеохимическую характеристику региона, и прежде всего, наличие в биосфере антийодных факторов — струмогенов, препятствующих поступлению в организм йода или нарушающих обмен йода и синтез тиреоидных гормонов. В качестве струмогенов могут выступать природно-экологические условия: наличие техногенных поллютантов, жесткость климата, минеральный фон местности и другие факторы.

В литературе имеются данные, указывающих на то, что географическая близость проживания человека к морю (наличие морских продуктов богатых йодом и насыщенность биосферы йодом) не является гарантией йодного благополучия. У населения некоторых островных и прибрежных государств отмечено нарушение функции ЩЖ и проявление йоддефицитных заболеваний [8].

Подтверждением сказанному явились результаты йодурии у аборигенных жителей (эвены, коряки), проживающих на приморской территории Северо-Эвенского района — места компактного проживания аборигенного населения.

У аборигенов, в основном у эвенов, не выявлено положительной связи между близостью моря и обеспеченностью йодом. У аборигенов определена тяжелая степень дефицита йода: медиана йодурии составила 18 мкг/л при нижней границе нормы 100 мкг/л [4]. Этот парадоксальный факт — заведомо низкий уровень йодурии не может быть объясним с позиций йодного фона окружающей среды, поскольку и аборигенное, и пришлое население проживали в единой биогеохимической зоне, и в качестве продуктов питания использовали морепродукты. Различия в йодном статусе вытекали, по-видимому, из особенностей обмена йода у аборигенных жителей. Причем крайне низкие показатели йодурии у эвенов не сопровождались компенсаторным увеличением ЩЖ (эндемический зоб), который по данным ультразвукового исследования, соответствовал легкому и среднему дефициту йода [4]. Таким образом, результаты исследования показали, что, если в качестве критерия обеспеченности населения йодом принимать только уровень йодурии, следует признать, что не только дефицит йода является триггером зобной трансформации.

Содержание йода в волосах. Учитывая то обстоятельство, что концентрация йода у отдельного индивидуума — величина динамичная, которая не отражает обеспеченность йодом конкретного человека, метод йодурии используют только для эпидемиологических

исследований. На индивидуальном уровне йодурия показывает количество йода, поступившее в организм накануне из внешней среды (пища, вода, воздух). Содержание же йода в депонирующих тканях, в частности в волосах, отражает его долговременную экспозицию, и на этом основании является индивидуальным показателем йодного статуса, отражающим йодный фон внешней среды [20,10]. В последние годы, благодаря прогрессу лабораторных исследований, для определения индивидуальной обеспеченности организма йодом, появилась возможность использовать волосы, и выработаны референтные величины йода для этого биосубстрата [7,19, 30, 29].

Исследование содержания йода в волосах аборигенных жителей, метисов и пришлых жителей приморских территорий (г. Магадан и прилегающие населенные пункты) выявило этнодемографические особенности содержания этого элемента. Максимальный уровень йода выявлен у пришлых жителей (M (медиана)=0,59 мкг/г), он достоверно превышал показатели йода у коряков, чукчей и метисов. При этом исключительную группу представляли эвены, у которых содержание йода в волосах ($M=0,49$ мкг/г) превышало показатели в других аборигенных группах (чукчи, коряки, метисы), и было сопоставимо с содержанием йода у пришлых жителей. Но высокие показатели йода в волосах эвенов противоречили крайне низким показателям йода в моче.

На этом основании предполагается, что организм аборигенов Севера (эвенов и, возможно, других аборигенных этносов), обладает эволюционно выработанным биохимическим механизмом повышенного извлечения йода из крови. В связи с этим пониженный уровень йодурии у эвенов отражает не пищевой дефицит йода, а свидетельствует о его более низкой экскреции с мочой, что может являться адаптацией, направленной на сбережение йода и поддержание функциональных параметров ЩЖ. Достаточно высокие показатели йода в волосах аборигенов, сравнимые с показателями у пришлых жителей, усиливают высказанное предположение. Особенности йодного статуса аборигенов подтверждаются и менее напряженной эндемией зоба на фоне выраженной эндемии у пришлое населения.

Селен (Se). Щитовидная железа — это единственный эндокринный орган, который для синтеза гормонов (Т₄, Т₃) использует йод. Однако кроме йода, для обеспечения ферментативных реакций тиреоидного синтеза требуются и другие элементы (Cu, Fe, Mg, Mn, Zn, Co, Mo и др.). Одним из них является селен (Se) — основной молекулярный синергист йода [2, 22, 25].

Селен содержится в ЩЖ в составе селенопротеинов, которые являются активными антиоксидантами, защищающими ЩЖ от агрессивных радикалов кислорода.

Входя в состав йодтирониндейодиназы, селен также играет важную роль в тиреоидном синтезе [18,23].

Функциональная связь между обеспеченностью организма селеном и синтезом гормонов ЩЖ хорошо известна. Изучение результатов профилактики йододефицита с помощью йодированной соли без добавок селена показали, что недостаток селена усиливает тяжесть йодного дефицита [27,2], провоцирует образование антитиреоидных антител и приводит к развитию аутоиммунных процессов (АИТ) [3, 2, 27]. Дефицит селена ассоциируется со снижением ферментов, контролирующих синтез тиреоидных гормонов (дейодирование, периферическая конверсия Т4 в Т3). При этом увеличение потребления йода не останавливает развитие АИТ.

Селен относят к группе элементов (Fe, Ca, Mg, I, Se, Zn, Cu), недостаток которых наиболее часто распространен среди жителей планеты [23]. Следует отметить, что дефицит селена, как и йода, характерен для большинства территорий, удаленных от мирового океана [31].

По нашим данным, у представителей этнодемографических групп, проживающих на приморской территории, не выявлено достоверных различий в содержании селена [4]. В волосах в общей группе аборигенов, метисов и пришлых жителей Магаданской области медианы содержания селена (0,34–0,42 мкг/г) соответствовали региональным значениям [11], но были ниже референтных значений [20]. Причем у пришлых жителей относительно аборигенов распространенность дефицитных концентраций селена более выражена: она достигает 46 % в то время, как у аборигенов этот показатель колеблется в пределах 3–8 % [30]. Этот факт может быть объяснением более выраженной эндемии у пришлых жителей относительно аборигенных групп.

Исследование, проведенное с дифференцированной группой аборигенных этносов (чукчи, эвены, коряки, метисов) и пришлых жителей показало, что интервал показателей селена в волосах указанных групп не изменился: он был ниже референтных значений [20], а медианы показателей находились в пределах 0,36–0,42 мкг/г, т.е. практически повторяли ранее полученные результаты.

Таким образом, показатели селена у всех этнических групп приморского региона находились ниже интервала нормы. Следовательно, жители региона могут испытывать дефицит селена, и с учетом его участия в синтезе

йодированных гормонов, дефицит селена может приводить к нарушению тиреоидного синтеза, вызывать структурно-функциональное напряжение ЩЖ и быть фактором, запускающим струмогенные процессы.

Заключение

Таким образом, на зобноэндемичной территории Магаданской области у пришлых и аборигенных жителей приморского региона выявлена разная реакция организма на природно-экологические, в том числе и геохимические условия среды. В частности, показаны этнические различия в йодном насыщении и различный уровень напряжения зобной эндемии, это касается степени гипертрофии щитовидной железы и распространения зоба.

Для понимания феномена эндемии зоба нужно учитывать комплексную биогеохимическую характеристику региона, и прежде всего, наличие в биосфере струмогенов — факторов, препятствующих поступлению в организм йода или оказывающих негативное воздействие на функцию ЩЖ. На разных территориях, независимо от близости моря, в каждой природно-климатической зоне могут действовать экологические и биогеохимические факторы, обуславливающие специфическое воздействие на живые организмы, включая человека. В частности, у всех жителей исследованной приморской территории струмогенным фактором, приводящим к зобной эндемии, может быть дефицит селена — одного из ключевых элементов тиреоидного синтеза.

Кроме этого, необходимо учитывать проявления генетически детерминированных адаптивных механизмов в системе «йод — тиреоидные гормоны», которые могут проявляться у аборигенов Севера. Выявленный у аборигенных этносов тяжелый йодный дефицит не приводит к нарушению функции щитовидной и выраженной эндемии зоба. Процесс пониженной экскреции йода — структурного элемента тиреоидных гормонов, обеспечивающих основной обмен и теплопродукцию, может быть физиологическим йодсберегающим механизмом адаптации аборигенов к условиям Севера. Таким образом, концентрацию йода в организме, как критерий эндемии зоба, необходимо оценивать не только в связи с эколого-климатическими и биогеохимическими особенностями региона, но и с учетом этнических характеристик проживающего населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алферова В.И., Мустафина С.В., Рымар О.Д. Йодная обеспеченность в России и мире: что мы имеем на 2019 год? // Клиническая и экспериментальная тиреология. 2019; 15 (2): 73–82. doi: <https://doi.org/10.14341/ket10353>
2. Бирюкова Е.В. Современный взгляд на роль селена в физиологии и патологии щитовидной железы // Эффективная фармакотерапия. Эндокринология. 2017; 1 (8):34–41.
3. Гончарова О.А. Селен и щитовидная железа (обзор литературы и данные собственных исследований) // Эндокринология. 2014; 19(2):149–155.
4. Горбачев А.Л., Луговая Е.А., Пермякова И.Ю., Агеенко К.И. Йодный дефицит и эндемический зоб у детей различных районов Магаданской области // Вестник СВГУ. 2012;18:36–40.
5. Горбачев А.Л. Некоторые итоги и задачи северной биоэлементологии // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2019; 3: 117–123.
6. Горбачев А.Л., Луговая Е.А. Элементный профиль организма аборигенных жителей Северо-Востока России // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2015;1:86 — 94.
7. Горбачев А.Л., Скальный А.В. Содержание йода в волосах как показатель йодного статуса на индивидуальном и популяционном уровнях // Микроэлементы в медицине. 2015; 16(4): 41–44.
8. Дедов И.И., Мельниченко Г.А., Трошина Е.А. и др. Дефицит йода — угроза здоровью и развитию детей России. Пути решения проблемы: Национальный доклад / Колл. авторов. М., 2006. 36 с.
9. Дедов, И.И. Эндокринология: национальное руководство / Под ред. И.И. Дедова, Г.А. Мельниченко — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2012. 1072 с.
10. Киричук А.А. Содержание токсичных металлов в волосах студентов из различных регионов мира // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2021; 29(3): 289–297. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2021-29-3-289-297>
11. Луговая Е.А., Степанова Е.М. Региональные показатели содержания макро— и микроэлементов в организме жителей г. Магадана: научно-практические рекомендации / НИЦ «Арктика» ДВО РАН. Магадан: Типография «Экспресс-полиграфия»: ИП Чингилян, 2019. 27 с.
12. Максимов А.Л., Горбачев А.Л. Физиолого-морфологические особенности формирования тиреоидного статуса у аборигенного и приезжего населения Магаданской области // Физиология человека. 2001; 27(4):130–136.
13. Мельниченко Г.А., Трошина Е.А., Платонова Н.М. и др. Йододефицитные заболевания щитовидной железы в Российской Федерации: современное состояние проблемы. Аналитический обзор публикаций и данных официальной государственной статистики (Росстат) // Consilium Medicum. 2019; 21 (4): 14–20. <https://doi.org/10.26442/20751753.2019.4.190337>
14. Платонова Н.М. Йодный дефицит: современное состояние проблемы // Клиническая и экспериментальная тиреология. 2015.11 (1): 12–21.
15. Похилук Н.В. Содержание некоторых химических элементов у жителей различных этно-демографических групп Магаданской области // Самарский научный вестник. — 2014; 4(9): 101–103.
16. Рекомендации по мониторингу программ йодирования соли и оценке статуса йодной обеспеченности населения // Клиническая и экспериментальная тиреология. 2018;14. 2: 100–112. doi: 10.14341/ket9734
17. Рожко В.А. Современное состояние проблемы аутоиммунного тиреоидита // Проблемы здоровья и экологии. 2019; 60(2): 4–13.
18. Сенькевич О.А., Голубкина Н.А., Ковальский Ю.Г. Диагностика обеспеченности человека селеном и оценка степени его дефицита // Дальневосточный медицинский журнал. 2011; 4: 78–80.
19. Скальная М.Г. Йод: биологическая роль и значение для медицинской практик // Микроэлементы в медицине. 2018; 19 (2): 3–11. DOI: 10.19112/2413-6174-2018-19-2-3-11
20. Скальный А.В. Комплексный подход к элементному анализу волос с использованием методов ИСП-АЭС и ИСП-МС // Микроэлементы в медицине. 2003. 4 (1). С. 41–46.
21. Трошина Е.А., Платонова Н.М., Панфилова Е.А. Аналитический обзор результатов мониторинга основных эпидемиологических характеристик йододефицитных заболеваний у населения Российской Федерации за период 2009–2018 гг. // Проблемы эндокринологии. 2021; 67(2):10–19. doi: <https://doi.org/10.14341/probl12433>
22. Трошина Е.А., Сеньюшкина Е.С., Терехова М.А. Роль селена в патогенезе заболеваний щитовидной железы // Клиническая и экспериментальная тиреология. 2018; 14(4): 192–205. doi: <https://doi.org/10.14341/ket10157>
23. Шабалина и др. Селен и щитовидная железа // Клиническая и экспериментальная тиреология. 2010; 7(2): 7–18.
24. Delange F., Benker G., Caron P. et al. Thyroid volume and urinary iodine in European schoolchildren: standardisation of values for assessment of iodine deficiency. Eur. J. Endocrinol. 1997; 36:180–187.
25. Drutel A., Archambeaud F., Caron P. Selenium and the thyroid gland: more good news for clinicians // Clin. Endocrinol. (Oxf.). 2013; 78(2):155–164.
26. Iodine deficiency — way to go yet // Lancet. 2008; 372(9633):88. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)61009-0](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)61009-0).
27. Lacka K., Szeliga A. Significance of selenium in thyroid physiology and pathology // Pol. Merkur. Lekarski. 2015; 38(228):348–353.
28. Mara Ventura, Miguel Melo, Francisco Carrilho. Selenium and Thyroid Disease: From Pathophysiology to Treatment // Int J Endocrinol. 2017(4):1–9.
29. Momčilović B. On decoding the syntax of the human hair bioelement // Микроэлементы в медицине. 2017.18(2): 54–55. DOI: 10.19112/2413-6174-2017-18-2-54-55
30. Momčilović B., Prejac J., Višnjević V., Skalnaya M.G., Mimica N., Drmić S., Skalny A.V. Hair iodine for human iodine status assessment // Thyroid. 2014; 24(6):1018–1026.
31. Prete A., Paragliola R.M., Corsello S.M. Iodine Supplementation: Usage «with a Grain of Salt» // Int. J. Endocrinol. 2015; 2015:312305.
32. Selenium: Its Molecular Biology and Role in Human Health / D.L. Hatfield, M.J. Berry, V.N. Gladyshev. Springer Science + Business Media, 2012. 598 p.

© Похилук Наталья Владимировна (natalis2686@mail.ru); Горбачев Анатолий Леонидович (gor000@mail.ru); Киричук Анатолий Александрович (kirichuk-aa@rudn.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МАКРОДОНТНЫХ ЗУБНЫХ ДУГ БРАХИГНАТИЧЕСКОГО ТИПА

THE RESULTS OF THE STUDY OF MACRODONT DENTAL ARCHES OF BRACHYGNATIC TYPE

M. Puzdyreva
S. Fischev
A. Sevastyanov
S. Pavlova
A. Shtorina
M. Rozhkova
A. Kondratyuk
S. Galstyan

Summary: Diagnosis of various types of dental arch anomalies in people with a macrodont brachygnatic variant of dental arches is of particular importance. The structural features of the maxillofacial region have individual features both in morphology and in the ratio of the dental arches of both jaws, which affects the stability of treatment results in the clinic of orthodontics and orthopedic dentistry.

Keywords: orthodontics, orthopedics, malocclusion, brachygnathia, macrodont dental arches.

Пузырева Маргарита Николаевна

К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет
Министерства здравоохранения РФ
seven-spb@yandex.ru

Фищев Сергей Борисович

Д.м.н., профессор, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
super.kant@yandex.ru

Севастьянов Аркадий Владимирович

Д.м.н., профессор, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
ardy.dkr@mail.ru

Павлова Светлана Георгиевна

К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет
Министерства здравоохранения РФ
svetap_75@mail.ru

Шторина Анастасия Александровна

К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет
Министерства здравоохранения РФ
kondratyuk.andrey@icloud.com

Рожкова Мария Геннадьевна

Ассистент, Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет
Министерства здравоохранения РФ
rozmaria2010@yandex.ru

Кондратюк Андрей Александрович

К.м.н., ассистент, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
kondratyuk.andrey@icloud.com

Галстян Самвел Галустович

К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет
Министерства здравоохранения РФ
samvel.galstyan.2012@mail.ru

Аннотация. Диагностика различных видов аномалий зубных дуг у людей с макродонтным брахигнатическим вариантом зубных дуг имеет особое значение. Особенности строения челюстно-лицевой области имеют индивидуальные особенности как в морфологии, так и соотношении зубных дуг обеих челюстей, что влияет на стабильность результатов лечения в клинике ортодонтии и ортопедической стоматологии.

Ключевые слова: ортодонтия, ортопедия, аномалии прикуса, брахигнатия, макродонтные зубные дуги.

Изучение размеров зубных дуг и определение соответствия размеров зубов параметрам зубных дуг основываются на измерении как отдельных зубов, так и/или групп зубов и последующим соотношением с предложенными дентальными и интердентальными индексами и коэффициентами [1, 2, 3, 4]. Подобные методы проводятся для оценки трансверсальных и сагиттальных линейных размеров зубных дуг (методы Pont, Linder и Harth; Korkhaus) [5, 6]. Нередко возникают различия индексных величин при оценке указанных методов (Pont и Linder-Harth), что приводит к сложности при интерпретации результатов исследования. В современной литературе не отмечено, при каких вариантах формы зубных дуг эти методы рекомендуется использовать в клинике ортодонтии [7, 8, 9, 10].

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 при макродонтных брахигнатических типах зубных дуг с учетом индивидуальных особенностей челюстно-лицевой области.

Материалы и методы исследования

Мы проводили исследования 29 лиц, имеющих макродонтные зубные дуги с брахигнатическим типом лица. У людей с макродонтным брахигнатическим вариантом зубных дуг дентальный индекс на верхней челюсти в среднем составлял $0,86 \pm 0,03$, для нижней зубной дуги индекс был $0,88 \pm 0,02$.

Результаты исследования

Размеры групп зубов у людей исследуемой группы с макродонтизмом и брахигнатическим типом зубных дуг показаны в таблице 1.

Таблица 1.

Размеры групп зубов у людей с макродонтизмом и брахигнатическим типом зубных дуг при физиологическом прикусе

Показатели измерения	Размеры зубов (в мм) на:	
	верхней челюсти	нижней челюсти
Ширина коронок 4 резцов	$34,25 \pm 1,92$	$25,28 \pm 1,86$
Ширина коронок 6 передних зубов	$51,24 \pm 2,04$	$39,66 \pm 1,92$
Ширина коронок 12 зубов	$101,88 \pm 2,54$	$92,94 \pm 2,38$
Ширина коронок 14 зубов	$122,81 \pm 2,98$	$114,69 \pm 2,89$

В результате исследования установлено, что суммарная величина широтного одонтометрического показателя, определяемого как длина верхней зубной дуги, составляла $122,81 \pm 2,98$ мм, а на нижней челюсти — $114,69 \pm 2,89$ мм. Достоверных отличий по одонтометрическим показателям у людей с мезогнатическим и брахигнатическим макродонтным типом зубных дуг нами не выявлено.

Полученные данные соответствовали параметрам макродонтных типов зубных дуг, что было подтверждено величиной среднего модуля моляров. Для верхних моляров средней модуль был $11,01 \pm 0,02$, для зубов нижней челюсти — $11,003 \pm 0,002$.

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 $1,35 \pm 0,01$ (индекс Tonn).

Отношение суммы ширины коронок 6 передних зубов нижней и верхней челюсти (переднее соотношение по Bolton) составило $77,4 \pm 0,29$. Достоверных отличий, по сравнению с авторскими величинами и результатов, полученных у людей с макродонтными брахигнатическими типами зубных дуг нами не выявлено. Отношение суммы ширины коронок 12 передних зубов нижней и верхней челюсти (полное соотношение по Bolton) составило $91,22 \pm 1,13$. Достоверных отличий, по сравнению с авторскими величинами и результатов, полученных у людей с макродонтными брахигнатическими типами зубных дуг нами так же не определено.

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 $93,4 \pm 1,65$ %, что может быть использовано в качестве дополнительного критерия определения соответствия указанных величин.

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.

Таблица 2.

Основные линейные размеры макродонтных брахигнатических 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	42,79±2,24	43,97±2,47	42,79±2,24	41,01±2,37
Ширина в области моляров по Pont	53,51±2,96	53,66±2,85	53,51±2,96	55,89±2,72
Ширина в области премоляров по L-H	40,28±2,17	43,97±2,61	40,28±2,17	41,01±2,13
Ширина в области моляров по L-H	52,68±2,89	53,66±2,97	52,68±2,89	55,89±2,79
Глубина переднего отдела по Korkhaus	19,5±0,38	19,06±0,67	17,5±0,24	16,98±0,32

Результаты исследования зубных дуг с использованием общепринятых методов представлены в таблице 2.

Результаты исследования показали, что при физиологическом прикусе у людей с макродонтизмом и брахигнатическими вариантами формы зубных дуг широтные параметры отличались от расчетных показателей, определяемых по общепринятым методам.

Так, ширина зубной дуги в области премоляров была больше, чем рассчитанная по методу Pont. На верхней зубной дуге разница составляла $1,17 \pm 0,23$ мм, а на нижней дуге была больше на $1,82 \pm 0,91$ мм.

В то же время в области верхних моляров различия в авторских показателях и полученных у людей группы сравнения нами не отмечено. На нижней челюсти межмолярное расстояние было больше, чем рассчитанное по методу Pont на $2,4 \pm 0,77$ мм.

Следует отметить, что ширина зубной дуги верхней и нижней челюсти в области премоляров не соответствовала расчетным показателям Linder и Harth.

В области премоляров и моляров обе зубные дуги были достоверно шире, чем значения, предложенные Linder и Harth.

Таким образом, при обследовании людей с макродонтными брахигнатическими формами зубных дуг индексы Pont и Linder и Harth для прогнозирования трансверсальных размеров зубных дуг мало информативны.

Следует отметить, что трансверсальные размеры у людей с макродонтными брахигнатическими типами зубных дуг были больше, чем у людей с нормодонтными брахигнатическими типами, что свидетельствовало о том, что на размеры зубных дуг оказывали существенное влияние одонтометрические показатели.

Сагитальные размеры обеих челюстей соответствовали расчетным величинам, что характерно для брахигнатических макродонтных типов зубных дуг.

Длина бокового сегмента по Gerlach для верхней дуги составила $34,38 \pm 1,29$ мм, а для нижней — $34,59 \pm 1,73$ 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 макродонтных брахигнатических зубных дуг при аномалиях их формы и размеров.

Согласно предложенному нами алгоритму обследования пациентов вначале определяли гнатический тип лица. У обследуемого контингента межкостное расстояние ($t-t$) составляло $164,03 \pm 4,99$ мм, а диагональ гнатической части лица ($t-sn$) была $135,07 \pm 2,46$ мм. Процентное отношение диагонали лица к его ширине (ГИЛ) составляло $82,31 \pm 2,17$, что было свойственно характеристикам брахигнатического типа лица. Величина диагональных размеров соответствовала показателям макродонтного типа гнатической части лица. Таким образом, в рассматриваемой группе были пациенты с макродонтными брахигнатическими типами лица.

Соотношение ширины коронки верхнего медиального резца к размерам латерального резца в среднем по группе составляло $0,80 \pm 0,03$, что соответствовало нормальным показателям. Отношение мезиально-дистального размера верхнего клыка к аналогичному параметру верхнего медиального резца было $0,89 \pm 0,02$, а по отношению к латеральному резцу — $1,11 \pm 0,01$, что также свидетельствовало о гармонии размеров передних зубов.

Измерения зубных дуг проводили в соответствии с предложенными методами исследования.

Результаты исследования зубных дуг у людей с макродонтными брахигнатическими типами зубных дуг показаны в таблице 3.

Трансверсальные размеры зубных дуг, особенно в области моляров, были значительно больше, чем у людей

Таблица 3.

Основные линейные размеры макродонтных брахигнатических зубных дуг при физиологическом прикусе

Параметры зубных дуг	Размеры зубной дуги (в мм) на челюсти:			
	верхней		нижней	
	расчетные	фактические	расчетные	фактические
Ширина между клыками	38,36±1,36	38,51±1,77	28,66±0,93	29,09±1,56
Ширина между вторыми молярами	71,31±2,03	71,29±2,01	64,82±2,24	65,01±2,31
Глубина до уровня клыков	11,02±0,37	11,19±0,64	8,89±0,59	9,12±0,64
Глубина до уровня моляров	45,63±1,88	46,08±1,95	43,31±1,42	43,72±1,99
Диагональ до уровня клыков	22,12±0,76	22,21±0,91	16,87±1,12	17,02±1,03
Диагональ до уровня моляров	57,91±2,18	58,09±2,03	54,08±2,09	54,42±2,15

с мезогнатическими макродонтными типами зубных дуг. Так же данные показатели преобладали над размерами зубных дуг, полученными у людей с брахигнатическими нормодонтными зубными системами. Тем не менее, диагональные размеры не имели достоверных различий по сравнению с макродонтными мезогнатическими типами дуг, что свидетельствует о том, что диагональные параметры определяются размерами зубов.

Отношение ширины дуги верхней челюсти между молярами к ширине дуги нижней челюсти составляло $1,071 \pm 0,016$, что может быть полезно при анализе аномалий окклюзии и прогнозировании планируемых параметров 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 $0,65 \pm 0,05$, а нижней зубной дуги — $0,67 \pm 0,03$, 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 макродонтными брахигнатическими типами лица и зубных дуг.

ЛИТЕРАТУРА

- Агашина М.А. Параметры зубных дуг верхней и нижней челюстей в трансверзальном 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.
- Васильева Н.А. Оценка методов исследования нормодонтных зубных дуг мезогнатического типа / Н.А. Васильева, М.Н. Пузырева, М.Г. Рожкова, С.Б. Фищев и др. // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки*. — 2023. — № 2. — С. 170–174.
- Кондратьюк А.А. Особенности размеров зубов у людей с нормодонтным брахигнатическим типом зубных дуг. / А.А. Кондратьюк, М.Н. Пузырева, М.Г. Рожкова, С.Б. Фищев и др. // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки*. — 2023. — № 2. — С. 228–232.
- Пузырева М.Н., Субботин Р.С., Фищев С.Б., Фомин И.В., Кондратьюк А.А., Орлова И.В. Дифференциальная диагностика патологических и физиологических видов резцового перекрытия // *Педиатр*. — 2019. — Т. 10. — № 4. — С. 39–44.
- Фищев С.Б. Оценка результатов исследования размеров зубов у людей с нормодонтными долихогнатическими зубными дугами / С.Б. Фищев, А.Г. Климов, А.В. Севастьянов и др. // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Естественные и технические науки*. — 2023. — № 2–2. — С. 226–230.
- 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.
- Kondratyuk A., Subbotin R., Lepilin A., Puzdreva M., Fischev S., Sevastynov A., Doenyuk D, Rozhkova M. Dependence of facial morphometric parameters from masticatory muscles tone in people with horizontal type of increased dental abrasion // *Archiv euromedica*. — 2019. — vol. 9. Num. 3. — P. 91–96.
- 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.
- 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.
- 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.

© Пузырева Маргарита Николаевна (seven-spb@yandex.ru); Фищев Сергей Борисович (super.kant@yandex.ru); Севастьянов Аркадий Владимирович (ardy.dkr@mail.ru); Павлова Светлана Георгиевна (svetap_75@mail.ru); Шторина Анастасия Александровна (kondratyuk.andrey@icloud.com); Рожкова Мария Геннадьевна (rozmaria2010@yandex.ru); Кондратьюк Андрей Александрович (kondratyuk.andrey@icloud.com); Галстян Самвел Галустович (samvel.galstyan.2012@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

3D ТЕХНОЛОГИИ В ХИРУРГИИ ГЕПАТОБИЛИАРНОЙ ЗОНЫ

3D TECHNOLOGIES IN HEPATOBILIARY ZONE SURGERY

E. Talikova
K. Shipilov

Summary: The diagnostic feasibility of including 3D modeling and 3D printing in the schemes of preoperative diagnostics in patients with pathology of the hepatobiliary zone was analyzed. Because the method is still not widely used in liver surgery, the main requirements for the equipment and directions for the application of the method are outlined. The features of the interpretation of the results depending on the stage of the surgical intervention (pre- and post-operative periods) were noted. surgical tactics in the direction of minimally invasive options for surgical intervention. It is noted that currently developing options for «5D-modeling», which is formed on the basis of the results of several methods of examining the patient and includes the indicators «time» and «physiological activity».

Thus, the use of 3D technology as an auxiliary diagnostic method in planning and performing surgical treatment of diseases of the hepatobiliary zone makes it possible to visualize individual anatomical features and make a 3D model to develop an optimal scheme for surgical intervention. The described method, due to less tissue trauma, can reduce the duration of the operation and reduce the risks of peri- and postoperative complications.

Keywords: 3D technologies, 3D modeling, 3D printing, hepatobiliary zone, surgical treatment, method.

Таликова Екатерина ВладимировнаДоцент, Частное образовательное учреждение
высшего образования «Санкт-Петербургский
медико-социальный институт» (ЧОУ ВО СПбМСИ),**Шипилов Константин Эдуардович**Врач-ординатор; Федеральное государственное
автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский национальный
исследовательский медицинский университет
имени Н.И. Пирогова»
eduard.shipilov.73@mail.ru

Аннотация. Проанализирована диагностическая целесообразность включения в схемы предоперационной диагностики у пациентов с патологией гепатобилиарной зоны 3D-моделирования и 3D-печати. В связи с тем, что метод ещё недостаточно распространен в хирургии печени, обозначены основные требования к аппаратуре и направления применения метода. Отмечены особенности трактовки результатов в зависимости от этапа оперативного вмешательства (пред- пери- и постоперационные периоды). Использование 3D-модели позволяет определить объем и пути оперативного вмешательства в зависимости от этиологии и топографии очага поражения. Отмечено, что по результатам построения трехмерной модели в ряде случаев изменялась хирургическая тактика в сторону малоинвазивных вариантов оперативного вмешательства. Отмечено, что в настоящее время разрабатываются варианты «5D-моделирования», формирующегося на основании результатов нескольких методов обследования пациента и включающие показатели «время» и «физиологическая активность».

Таким образом, использование 3D-технологии как вспомогательного метода диагностики при планировании и проведении хирургического лечения заболеваний гепатобилиарной зоны позволяет визуализировать индивидуальные анатомические особенности и изготовить 3D-модель для выработки оптимальной схемы оперативного вмешательства. Описанный метод вследствие меньшей травматизации тканей позволяет уменьшить длительность операции и снизить риски пери- и постоперационных осложнений.

Ключевые слова: 3D-технологии, 3D-моделирование, 3D-печать, гепатобилиарная зона, оперативное лечение, метод.

В настоящее время в хирургической гепатологии сохраняется ряд дискуссионных моментов, одним из которых является ограниченная информативность неинвазивных инструментальных диагностических методов при различных очаговых заболеваниях печени. Среди них — ультразвуковое исследование (УЗИ) с цветовым доплеровским картированием (ЦДК), мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) с болюсным контрастированием, магнитно-резонансная томография (МРТ), гепатосцинтиграфия с внутривенным введением радиоактивного изотопа технеция (^{99m}Tc , или ^{99m}Tc -ХИДА) в качестве контрастного вещества и позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ). Ставший стандартным метод МСКТ с болюсным контрастированием позволяет выявлять небольшие по размеру патологические очаги, дифференцировать доброкачественные

и злокачественные образования, определять васкуляризацию и расположение в паренхиме печени. Болюсное внутривенное введение контрастного вещества показывает его распределение с визуализацией артерий и вен на разных фазах. Исследование подходит для прижизненного изучения вариантной анатомии с визуализацией сосудов диаметром 1 мм и более. Однако оно далеко не всегда позволяет четко определить топографо-анатомические взаимоотношения образования с крупными сосудами и желчными протоками, особенности процессов в брюшной полости, что может вызвать затруднения при выполнении операций и повышает риск развития осложнений [1].

Во всех сферах медицины всё большее распространение получают цифровые технологий, в частности,

создание виртуальных 3D-симуляторов и 3D-моделей органов. Первая анатомическая модель (человеческий таз из полистирола), была создана в 1979 году. В конце 1980-х стали появляться более универсальные в использовании образцы 3D-принтеров что позволило рассматривать возможность их использования для решения медицинских проблем. В 1994 году первой из доступных стала стереолитография (Steriolithography Apparatus — SLA) — технология, в которой управляемый компьютером луч лазера применяется для отверждения жидкого полимера или смолы, послойно создавая требуемую структуру. Так как на первых 3D-принтерах возможно было создавать только твердые предметы, то первыми, кто смог использовать их в своей практике, были стоматологи, челюстно-лицевые и ортопеды хирурги. Уровень современного оборудования позволяет решать многие проблемы, неподвластные предыдущим вариантам аппаратуры: моделирование и печать полых моделей в том числе прозрачных и/или сверхпрочных материалов что существенно расширяет рамки применения 3D-технологии в медицине [2, 4].

Цель исследования: проанализировать диагностическую целесообразность использования 3D-технологии в хирургии гепатобилиарной зоны.

Результаты и обсуждение

В настоящее время применение 3D-технологии в гепатобилиарной хирургии остается весьма ограничено. Система планирования оперативного вмешательства должна объединять в себе медицинское оборудование, систему PACS (система архивации и передачи изображений) с рабочими станциями и возможностью использования на компьютерах и мобильных устройствах, в том числе в операционной (рис.1). Создание виртуальной трехмерной реконструкции с использованием специ-

ализированного программного обеспечения (например программ DoctorCT с модулем DICOM 3.0 (Ставрополь, Россия), КиберСклиф 1.0 (Ставрополь, Россия) и Builder3D в комплекте с Windows 10 (Microsoft, США и др.)) позволяет на первом этапе визуализировать анатомические и патологические образования, а затем изготовить их персонифицированную 3D-модель.

Основными требованиями к аппаратуре для проведения 3D моделирования и печати, используемой при планировании хирургических вмешательств в гепатобилиарной зоне, являются следующие [2,3]:

- возможность цветового картирования артерий, вен и образований так как необходимо проводить сегментацию патологического очага из окружающей ткани, отображая образования с питающими сосудами для планирования линии разреза, объемного представления резецируемой и сохраняемой части печени для оценки достаточности ее объема;
- при печати 3D-модели использование материалов, позволяющих дифференцировать структуры по цвету и прозрачности — для оценки локализации сосудов и протоков, их структурных особенностей.

С учётом приведенных выше данных можно выделить основные направления применения 3D-моделирования и 3D-печати в хирургии гепатобилиарной зоны:

А) *клиническое:* основное, трехмерные анатомические модели могут использоваться на всех этапах хирургического вмешательства:

- при подготовке к операции: для оценки особенностей строения гепатобилиарной зоны (сосудов, желчных протоков, наличие патологических образований и их локализация и др.) и объема на-



Рис. 1. Структура системы предоперационного планирования, анализа и хранения данных. Цит. по [3]

рушений, для симуляции хирургического вмешательства и выработки плана операции;

- в периоперационном периоде: выведение 3D-модели на экран в операционной позволяет сопоставить её с реальными данными и контролировать ход операции;
- в постоперационном периоде и при подготовке к следующему этапу. При хронической генетически опосредованной патологии гепатобилиарной зоны (болезнь и синдром Кароли и др.), из-за повторяемости операций 3D-моделирование позволяет оценить имеющиеся изменения в брюшной полости, наличие спаечного процесса, изменения расположения и деформации органов и сосудов.

Исследование наиболее информативно при: врожденных аномалиях развития печени и желчных протоков, острой патологии (желчекаменной болезни и др.); хронической генетически опосредованной патологии (болезнь и синдром Кароли и др.), опухолях различной этиологии (контроль зон радиочастотной абляции и возможных рецидивов опухоли), паразитарном поражении печени (эхинококкоз, аскаридоз, описторхоз печени и желчных путей) и трансплантации печени.

Использование 3D-модели позволяет определить объем и пути оперативного вмешательства, что сокращает травматизацию тканей, уменьшает кровопотерю и как следствие — сокращает время проведения операции и снижает риск развития осложнений. Так, сообщается, что разница в среднем времени операции между стандартной схемой и с применением системы 3D-моделирования составила 16,5 мин [1]. Кроме того, наличие трехмерной модели в ряде случаев позволило изменить хирургическую тактику — в частности использовать малоинвазивные технологии.

В дальнейшем возможно создания 3D-моделей на основании цифровых данных из разных источников. Так

были совмещены результаты компьютерной и позитронно-эмиссионной томографии для создания 3D-модели реакции опухоли на индукционную терапию. Метод был назван «5D-мерной печатью» в связи с добавлением параметров «время» и «физиологическая активность» [4].

Б) *Обучающее*: 3D-моделирование успешно используется при обучении студентов, ординаторов и молодых врачей. Модели различной патологии позволяют научиться дифференцировать заболевания и понять особенности хирургических подходов. Кроме того, в настоящее время начинают применяться варианты моделирования с использованием виртуальной реальности и виртуальных очков и перчаток для симуляции и отработке действий хирурга.

В) *Вспомогательное*: включает в себя использование 3D-технологий для изготовления персонализированных имплантатов и инструментов, необходимых для проведения хирургического лечения. Данное направление в хирургии гепатобилиарной зоны представлено пока незначительно [1,5].

Заключение

Таким образом, использование 3D-технологий как вспомогательного метода диагностики при планировании и проведении хирургического лечения заболеваний гепатобилиарной зоны позволяет при помощи виртуальной трехмерной реконструкции с использованием специального программного обеспечения вначале визуализировать индивидуальные анатомические особенности, а затем изготовить 3D-модель для выработки оптимальной схемы оперативного вмешательства. Описанный метод вследствие меньшей травматизации тканей позволяет уменьшить длительность операции и снизить риски пери- и постоперационных осложнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Минаев С.В., Герасименко И.Н., Григорова А.Н., Тимофеев С.В., Доронин Ф.В., Тимофеев С.И. 3D-технологии в гепатобилиарной хирургии. Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2020; №8: 103–106. <https://doi.org/10.17116/hirurgia2020081103>
2. Егоров К.Н., Егорова С.А., Петрякова В.Г. Аддитивные технологии в медицине: области и технологии применения, преимущества, недостатки и перспективы развития Перспективы развития науки в современном мире Сборник научных статей по материалам VI Международной научно-практической конференции. Уфа, ООО «НИЦ «Вестник науки» (Уфа) 2021; 21–41
3. Яриков А.В., Перльмуттер О., Фраерман А., Столяров И., Горбатов Р., Мухин А. Применение аддитивных технологий 3D печати в обучении нейрохирургов. Виртуальные технологии в медицине. 2022;(3):145–147. https://doi.org/10.46594/2687-0037_2022_3_1506
4. Erin A Gillaspie EA, Matsumoto JC, Morris NE, Downey RJ, Shen KR, Allen MS, Blackmon SH From 3-Dimensional Printing to 5-Dimensional Printing: Enhancing Thoracic Surgical Planning and Resection of Complex Tumors Ann Thorac Surg 2016 May;101(5):1958–62. doi: 10.1016/j.athoracsur.2015.12.075.
5. Tack P, Victor J, Gemmel P, Annemans L 3D-printing techniques in a medical setting: a systematic literature review Biomed Eng Online 2016 Oct 21;15(1):115. doi: 10.1186/s12938-016-0236-4.

ПАЛЛИАТИВНАЯ ПОМОЩЬ В ОНКОЛОГИИ: АКТУАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА

PALLIATIVE CARE IN ONCOLOGY: THE ACTUAL PROBLEM

**E. Talikova
K. Shipilov**

Summary. The article discusses the current problems of palliative care for cancer patients based on its components, since it has a complex, interdisciplinary nature. All therapeutic approaches (surgery, chemotherapy and radiation therapy, hormonal drugs and targeted treatment) are aimed at improving the patient's quality of life, increasing the effectiveness of treatment as much as possible (in particular, pain relief and stabilization of the pathological process) and prolonging the patient's life.

Social, psychological and legal support is necessary for both the patient and his relatives — throughout the provision of palliative care. In addition, palliative care includes support for the patient's relatives and friends after his death. Thus, only the coordinated interaction of physicians, psychologists, social workers and lawyers can ensure the full implementation of palliative care.

However, at present, due to a number of reasons, the provision of palliative care in full is practically not happening. This is due to both the imperfection of legislative support and insufficient awareness of the issue on the part of medical workers and the patients themselves. The solution to the problem can be both the expansion of public awareness in matters of palliative care, and the improvement of the material and legal base in this direction.

Keywords: palliative care, patient, social and psychological care, quality of life, survival.

Таликова Екатерина Владимировна

Доцент, Частное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский медико-социальный институт» (ЧОУ ВО СПбМСИ)

Шипилов Константин Эдуардович

Врач-ординатор; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова»
eduard.shipilov.73@mail.ru

Аннотация. В статье обсуждаются актуальные проблемы паллиативной помощи онкологическим больным исходя из её составляющих так как она имеет комплексный, междисциплинарный характер. Все терапевтические подходы (оперативное вмешательство, химио- и лучевая терапия, гормональные препараты и таргетное лечение) направлены на улучшение качества жизни пациента, повышение насколько возможно эффективность лечения (в частности — купирование болевого синдрома и стабилизация патологического процесса) и продление жизнь больного.

Социальная, психологическая и юридическая поддержка необходима как больному, так и его близким — на всё протяжении оказания паллиативной помощи. Кроме того, в паллиативную помощь входят вопросы поддержки родных и близких пациента и после его смерти. Таким образом только согласованное взаимодействие медиков, психологов, работников социальной сферы и юристов может обеспечить полноценное проведение паллиативной помощи.

Однако в настоящее время в силу ряда причин оказание паллиативной помощи в полном объеме практически не происходит. Это объясняется как несовершенством законодательного сопровождения, так и недостаточной информированностью в вопросе со стороны медицинских работников и самих пациентов. Решением проблемы может стать как расширение информированности населения в вопросах паллиативной помощи, так и совершенствование материальной и правовой базы в этом направлении.

Ключевые слова: паллиативная помощь, пациент, социальная и психологическая помощь, качество жизни, выживаемость.

По определению всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), паллиативная помощь включает в себя мероприятия, направленные на обеспечение облегчение боли и других симптомов, причиняющих страдания пациенту, утверждает жизнь и относится к умиранию как к естественному процессу и не стремится ни ускорить, ни отдалить наступление смерти. Она включает психологические и духовные аспекты помощи пациентам и систему поддержки, помогающую пациентам жить по возможности активно до наступления смерти. Кроме того, предлагает систему поддержки близким пациента во время его болезни, а также в период утраты родного человека. Паллиативная помощь имеет бригадный подход для удовлетворения потребностей пациента,

улучшает качество его жизни и может также оказывать положительное влияние на течение болезни. Она применима на ранних стадиях болезни в сочетании с другими видами терапии, предназначенными для продления жизни, такими как химиотерапия или радиотерапия, и включает проведение исследований, необходимых для лучшего понимания и ведения причиняющих страдания клинических осложнений. По оценкам ВОЗ, в мире ежегодно около 20 млн человек нуждаются в паллиативной медицинской помощи (ПМП) в течение последнего года жизни. Около 67 % из них — люди пожилого возраста (старше 60 лет), около 6 % — дети (до 14 лет) и 27 % — взрослые от 15 до 59 лет [9]. В 2020 году официально более 1,2 млн россиян нуждались в паллиативной помощи [2].

Формальное признание этот раздел медицины получил в последние десятилетия XX века, однако само явление достаточно давнее: термин «паллиативная» имеет латинское происхождение («pallium» — покрывало, покров, покрытие), то есть обозначает защиту и опеку больного, когда излечение уже невозможно.

Целью настоящего исследования явилось на основании данных проанализировать основные проблемы, возникающие при оказании паллиативной помощи онкологическим пациентам.

Результаты и обсуждение

Паллиативная помощь складывается из нескольких компонентов и носит комплексный, междисциплинарный характер: взаимодействие врачей и психологов, сотрудников социальной сферы и юристов составляет основу паллиативного ухода за неизлечимо больными [1].

Паллиативная помощь была законодательно признана в 2011 году Федеральным законом №323 «Об охране здоровья граждан в Российской Федерации» от 21.11.2011. В статье №36 она отнесена к видам медицинской помощи и характеризуется как «комплекс медицинских вмешательств, направленных на избавление от боли и облегчение других тяжелых проявлений заболевания, в целях улучшения качества жизни неизлечимо больных граждан» различными заболеваниями [3]. Порядок оказания паллиативной помощи взрослому населению, утвержденный Приказом МЗ РФ от 14.04.2015 № 193н относит к получателям помощи больных неизлечимыми прогрессирующими заболеваниями и состояниями, которые, как правило, приводят к преждевременной смерти, а также заболеваниям в стадии, когда исчерпаны возможности радикального лечения.

В настоящее время в стране продолжается налаживание системы паллиативной помощи, разрабатывается пакет нормативных документов, определяющих порядок её оказания, правила выписки, отпуска и применения наркотических обезболивающих препаратов и др. [3].

ПМП делится на два направления: облегчение страданий пациента на весь период болезни (не исключая радикального лечения) и адаптацию больного, членов его семьи и близких к изменяющимся физическим, психосоциальным и духовным потребностям по мере прогрессирования патологического процесса и перехода в терминальную стадию вплоть последних месяцев, дней и часов его жизни. Помощь оказывается на двух уровнях: специализированная паллиативная помощь и паллиативный подход (применение принципов и методик ПМП в учреждениях, не специализирующихся на её оказании врачами всех специальностей) [2,4,6].

В паллиативную медицинскую помощь (ПМП) в настоящее время включены:

- оперативное лечение (проведение как циторедуктивных, так и симптоматических (установка стенов, колостом, дренажей и др.) операций);
- паллиативная химиотерапия (монотерапия противоопухолевым химиопрепаратом без ограничений по длительности курса и с применением минимальных доз);
- паллиативная лучевая терапия (ЛТ) (применяется при возможности снятия болевого синдрома — меньшими дозами и экспозицией облучения, без ограничения по длительности курса);
- паллиативная гормональная терапия (применяется при гормонозависимых опухолях — для стабилизации процесса и купирования болевого синдрома);
- таргетная паллиативная терапия (иммунотерапия — интерлейкины и др. препараты иммуномодулирующего характера, для стабилизации процесса и уменьшения болевого синдрома).

Все перечисленные варианты лечения направлены на улучшение качества жизни пациента, повышение насколько возможно эффективность лечения (в частности — купирование болевого синдрома и стабилизация патологического процесса) и продление жизнь больного [7,8].

Одним из наиболее распространенных и тяжелых симптомов, с которыми сталкиваются пациент, нуждающийся в паллиативной помощи, является боль. Страдания, которые она причиняет, имеют существенное воздействие на человека и способны лишить его адекватного восприятия ситуации и окружающего мира. Лечение болевого синдрома базируется на принципах, предложенных экспертами ВОЗ: неинвазивно (по возможности избегать всех вариантов инъекционного пути); систематически (по временной схеме независимо от интенсивности боли); по восходящей (от высоких доз слабого лекарственного препарата (НПВС) к низким дозам сильного анальгетика (опиоидные вещества)); индивидуально (отслеживание переносимости и развития нежелательных явлений на введение лекарства). Оказание помощи должно включать не только купирование болевого синдрома, но и устранение других причиняющих дискомфорт симптомов — например острой дыхательной недостаточности. Так, применение опиоидных анальгетиков на поздней стадии заболевания помогает эффективно снимать ощущение одышки [5].

Помимо боли пациент, нуждающийся в паллиативной помощи, страдает от невозможности самообслуживания, ощущения беспомощности и чувства обузы для близких и, в связи с этим — чувства вины. Кроме того, пациент борется со страхами, связанными с ожиданием

смерти и горечью из-за незавершенных запланированных дел и невыполненных обязательств. Процесс умирания онкобольного требует всеобъемлющего подхода к пациенту и его семье (страдания в последние часы жизни, доступность медицинской, социальной и психологической поддержки, реанимационные мероприятия и отказ от них и др.), практические проблемы, связанные с уходом за таким пациентами. Решение проблемы носит мультидисциплинарный характер и находится в зоне ответственности медиков, психологов и работников социальной сферы.

Несмотря на проводимые мероприятия, регламентированные в том числе на государственном уровне, вопрос о доступности ПМП по-прежнему остается сложным: отмечается, что ни в одном федеральном округе РФ потребность в этом виде помощи полностью не удовлетворена, в медицинских организациях не хватает паллиативных коек. Имеющиеся административные проблемы дополняются недостаточным объемом знаний о проблеме и путях её решения у медиков, пациентов и членов их семей, отсутствием необходимых форм и дозировок наркотических обезболивающих (в том числе для детей), финансовыми и организационно-структурными ограничениями.

В связи со всем перечисленным, к мероприятиям способствующим развитию ПМП можно отнести: разработку и осуществление мер, направленных на её включение в процесс непрерывного оказания медицинских услуг пациентам паллиативного профиля на всех уровнях системы здравоохранения с особым акцентом на службах первичной медико-санитарной помощи и на организации оказания паллиативной помощи на уровне местных сообществ и на дому. Информационная работа по вопросам оказания ПМП среди врачей и пациентов. Формирование и включение в учебную программу учреждений среднего и высшего медицинского образования вопросов оказания ПМП (включая ее этические аспекты). Обеспечение доступности обезболивающих препаратов, требующих контроля (опиоидных анальгетиков) и мер по противодействию их незаконному распространению и злоупотреблению. Разработка нормативных право-

вых актов, посвященных этическим аспектам оказания ПМП, таким как обеспечение доступа к данному виду помощи, предоставление услуг с должным уважением к пациенту и его семье, право выбора места смерти, отказа от реанимационных мероприятий; Всестороннее взаимодействие с другими ведомствами для изучения возможностей ПМП, включая разработку экономически рентабельных комплексных моделей предоставления данного вида медицинской помощи [1,2].

Заключение

Таким образом, паллиативная помощь онкологическим больным имеет комплексный, междисциплинарный характер. Все терапевтические подходы (оперативное вмешательство, химио— и лучевая терапия, гормональные препараты и таргетное лечение) направлены на улучшение качества жизни пациента, повышение насколько возможно эффективность лечения (в частности — купирование болевого синдрома и стабилизация патологического процесса) и продление жизнь больного.

Социальная, психологическая и юридическая поддержка необходима как больному, так и его близким — на всё протяжении оказания паллиативной помощи. Кроме того, в паллиативную помощь входят вопросы поддержки родных и близких пациента и после его смерти. Таким образом только согласованное взаимодействие медиков, психологов, работников социальной сферы и юристов может обеспечить полноценное проведение паллиативной помощи.

Однако в настоящее время в силу ряда причин оказание паллиативной помощи в полном объеме практически не происходит. Это объясняется как несовершенством законодательного сопровождения, так и недостаточной информированностью в вопросе со стороны медицинских работников и самих пациентов. Решением проблемы может стать как расширение информированности населения в вопросах паллиативной помощи, так и совершенствование материальной и правовой базы в этом направлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа Российской Федерации «Развитие здравоохранения». <https://minzdrav.gov.ru/ministry/programms/health/info>
2. «План мероприятий («дорожная карта»). «Повышение качества и доступности паллиативной медицинской помощи до 2024 года». (утв. Правительством РФ 28.07.2020 № 6551п-П12). <http://static.government.ru/media/files/E6NYAsjmdVYjU7ZKQnAbleEVE8jdEjMr.pdf>
3. Федеральный закон от 21.11.2011 N 323-ФЗ (ред. от 11.06.2022, с изм. от 13.07.2022) «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2022).
4. Cotogni P, Stragliotto S, Ossola M, Collo A, Riso S. The Role of Nutritional Support for Cancer Patients in Palliative Care Nutrients. 2021 Jan 22;13(2):306. doi: 10.3390/nu13020306.
5. Hassankhani H, Rahmani A, Taleghani F, Sanaat Z, Dehghannezhad J Palliative Care Models for Cancer Patients: Learning for Planning in Nursing (Review) J Cancer Educ. 2020 Feb;35(1):3–13. doi: 10.1007/s13187-019-01532-3.
6. Hui D, Hoge G, Bruera E Models of supportive care in oncology Curr Opin Oncol. 2021 Jul 1;33(4):259–266. doi: 10.1097/CCO.0000000000000733.
7. Hussaini Q, Smith TJ Incorporating palliative care into oncology practice: why and how Clin Adv Hematol Oncol. 2021 Jun;19(6):390–395.
8. Schenker Y, Althouse AD, Rosenzweig M, White DB, Chu E, Smith KJ, Resick JM, Belin S, Park SY, Smith TJ, Bakitas MA, Arnold RM Effect of an Oncology Nurse-Led Primary Palliative Care Intervention on Patients With Advanced Cancer: The CONNECT Cluster Randomized Clinical Trial JAMA Intern Med. 2021 Nov 1;181(11):1451–1460. doi: 10.1001/jamainternmed.2021.5185.
9. WHO Global Atlas of Palliative Care at the End of Life, World Health Organization, 2014.

© Таликова Екатерина Владимировна; Шипилов Константин Эдуардович (eduard.shipilov.73@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА АНЕМИЙ У ПАЦИЕНТОВ С ГЕПАТИТАМИ И ЦИРРОЗАМИ ПЕЧЕНИ: ОТ ЛАБОРАТОРНЫХ КРИТЕРИЕВ К ВОЗМОЖНОСТЯМ БЕСКОНТРАСТНОЙ ASL-ПЕРФУЗИИ

DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF ANEMIA IN PATIENTS WITH HEPATITIS AND CIRRHOSIS OF THE LIVER: FROM LABORATORY CRITERIA TO THE POSSIBILITIES OF CONTRAST-FREE ASL PERFUSION

A. Telesh
T. Morozova

Summary. Potentials of assessment of ASL-perfusion for the type of anemia (iron deficiency anemia and anemia of chronic diseases) prediction in patients with diffuse liver diseases (DLD) and microcytic hypochromic anemia were evaluated through the analysis of laboratory data, results of liver ASL-perfusion. It was established that inclusion of liver contrast-free ASL-perfusion in the examination algorithm may be useful for the differential diagnosis of anemia in this category of patients. In patients with DLD and microcytic hypochromic anemia, iron deficiency anemia should be suspected at HbF 102 — 109 ml/100g/min, anemia of chronic diseases in these patients should be suspected at HbF from 82 to 101 ml/100g/min. The ASL-perfusion technique demonstrated sensitivity — 0.9, specificity — 0.75 in the differential diagnosis of anemia in this category of patients.

Keywords: diffuse liver diseases, iron deficiency anemia, anemia of chronic diseases, magnetic resonance imaging, non-contrast ASL-perfusion of the liver.

Телеш Арина Александровна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России
arina.doc@yandex.ru

Морозова Татьяна Геннадьевна

Д.м.н. ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России
t.g.morozova@yandex.ru

Аннотация. Путем анализа лабораторных данных и результатов ASL-перфузии печени оценены возможности ASL-перфузии в прогнозировании типа анемии (железодефицитная анемия и анемия хронических заболеваний) у пациентов с диффузными заболеваниями печени (ДЗП) и микроцитарной гипохромной анемией. Исследование показало, что включение в алгоритм обследования бесконтрастной ASL-перфузии печени может быть полезным для дифференциальной диагностики анемий у данной категории пациентов. У пациентов с ДЗП и микроцитарной гипохромной анемией следует подозревать железодефицитную анемию при значениях HbF 102 — 109 мл/100г/мин, анемию хронических заболеваний у этих пациентов следует подозревать при HbF от 82 до 101 мл/100г/мин. Методика ASL-перфузии продемонстрировала чувствительность — 0,9, специфичность — 0,75 в дифференциальной диагностике анемий у данной категории пациентов.

Ключевые слова: диффузные заболевания печени, железодефицитная анемия, анемия хронических заболеваний, магнитно-резонансная томография, бесконтрастная ASL-перфузия печени.

Введение

Анемия является наиболее распространенным заболеванием со стороны системы крови и поражает в разной степени около трети населения планеты [10]. Наиболее часто встречающимся типом данного заболевания является железодефицитная анемия (ЖДА), которая обуславливает практически половину всех случаев анемии в мире [8]. Содержание железа в организме зависит от трех основных факторов: поступления его с пищей, всасывания в кишечнике (преимущественно в двенадцатиперстной кишке и проксимальном отделе тощей кишки), а также рециркуляции железа в организме [5, 8]. Нарушения на одном или нескольких этих этапах могут привести к недостатку насыщения железом плазмы крови и истощению депо железа (которое представлено запасами железа в виде ферритина в печени, селезенке, мышечной ткани, костном мозге).

Особый тип анемии — анемия хронических заболеваний (АХЗ), развивается у пациентов с различными видами хронических патологических состояний, таких как инфекционные, онкологические, аутоиммунные заболевания, хроническая болезнь почек, печени и т.д. Известно, что наличие у пациента с хроническим заболеванием АХЗ оказывает негативное влияние на прогноз выживаемости [4]. АХЗ возникает в результате активации иммунной системы под воздействием аутоантигенов, микробных агентов или опухолевых клеток. В результате инициируется высвобождение цитокинов, которые вызывают повышение уровня гепсидина — пептида, продуцируемого в печени и ответственного за регуляцию концентрации железа в плазме крови и тканях. Это приводит к понижению уровня ферритина, что сочетается с подавлением эритропоэза, снижением уровня эритропоэтина и сокращением времени распада эритроцитов [4].

У 75 % пациентов с хроническими заболеваниями печени (гепатиты, циррозы) развивается анемия [6]. Трудность определения лечебно-диагностической тактики заключается в том, что этиология анемии у этих пациентов может значительно различаться. При диффузных заболеваниях печени (ДЗП) есть риск развития как железодефицитной анемии, анемии хронических заболеваний, так и апластической и других видов анемий [6]. Кроме того, у таких пациентов может иметь место гиперспленизм, приводящий к повышенному разрушению в селезенке форменных элементов крови, также при развитии портальной гипертензии могут возникать гастроинтестинальные кровотечения. У пациентов с алкогольной зависимостью среди широкого спектра поражений различных органов и систем, может параллельно развиваться поражение печени (алкогольный гепатит, цирроз) и процесс подавления кроветворения [7].

Проводимая по поводу гепатита медикаментозная терапия, в частности включающая противовирусные препараты и интерферон, также может осложняться развитием анемии [6].

Таким образом при лечении пациентов с ДЗП врач сталкивается с трудностью дифференциальной диагностики различных видов анемий. Отдельные виды анемий имеют доступные методы диагностики (например, кал на скрытую кровь или эндоскопическое обнаружение источника кровотечения при постгеморрагической анемии). Другие виды анемий (например, апластическая) сопровождаются характерными изменениями в клиническом анализе крови.

Однако в повседневной клинической практике зачастую встречаются случаи, когда дифференциальная диагностика этиологии анемии затруднительна и/или требует учета многих лабораторных параметров, что не всегда реализуемо на базе лабораторий небольших лечебных учреждений. Особенно актуально этот вопрос стоит при диагностике двух типов анемий, которые, наряду с постгеморрагической, встречаются у пациентов с ДЗП наиболее часто — железодефицитной и АХЗ. Обе эти анемии являются микроцитарными.

При морфологическом изучении эритроцитов при АХЗ выявляется нормохромия или умеренная гипохромия. Однако, стоит отметить, что показатели гемограммы при АХЗ могут существенно различаться в зависимости от степени тяжести основного заболевания печени, выраженности анемии и наличия сопутствующих патологических состояний.

ЖДА является классическим представителем гипохромных микроцитарных анемий. Таким образом, показатели анализа крови, отражающие размер эритроцитов и цветовой показатель, не всегда способны помочь

в дифференциальной диагностике двух этих типов анемий, тогда как это имеет принципиальное значение для назначения адекватной терапии.

В настоящее время активно изучаются перфузионные методики визуализации органов, в частности печени. Известно, что кровоток печени существенно изменяется при развитии диффузных патологических состояний, причем эти изменения могут иметь различную направленность и степень выраженности у пациентов с разными формами ДЗП и на разных их стадиях. Так, известно, что у пациентов с неалкогольной жировой болезнью печени уже на ранних стадиях фиброза происходит изменение кровотока, регистрируемое с помощью КТ-перфузии [9]. Известно также, что бесконтрастная ASL-перфузия печени при магнитно-резонансной томографии способна оказать помощь в диагностике вирусных гепатитов и прогнозировании возможных их осложнений [2].

Цель

Целью данного исследования являлось изучение возможностей бесконтрастной ASL-перфузии в диагностике нарушений кровотока печени у пациентов с ДЗП и анемией, а также сопоставление результатов перфузии с данными лабораторных методов исследования.

Материал и методы исследования

На клинической базе кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии с курсом ДПО СГМУ, ОГБУЗ КБ №1 г. Смоленска в период с декабря 2021 по январь 2023 года обследовано 89 пациентов с ДЗП, из них 58 % (n=52) с диагнозом хронический гепатит, 42 % (n=37) — цирроз печени. Этиологический спектр ДЗП включал вирусный генез (n=48), алкогольный (n=21), лекарственный (n=2) и смешанный (n=18). Проводилось лабораторное исследование, включавшее общий анализ крови с оценкой содержания эритроцитов и гемоглобина, среднего содержания гемоглобина в эритроците (MCH), среднего объема эритроцита (MCV), уровень реитикулоцитов (RTC), показателя гематокрита и цветового показателя, а также биохимический анализ крови с оценкой уровня сывороточного железа, ферритина, коэффициента насыщения трансферрина железом, С-реактивного белка (СРБ), гепсидина. Проводилась МРТ органов брюшной полости на томографе Vantage Titan 1,5 Тл (Toshiba) по стандартному протоколу, включающему последовательности T2, T2 с жироподавлением (fat-saturated), T1 in-phase and out-of-phase, ASL-перфузию печени. Параметры импульсной последовательности 3D ASL: толщина среза = 5 мм, межсрезовой интервал = 3 мм, количество срезов = 26–30, FOV = 24–43 см, TR = 6,2 м/с, TE = 2,4 м/с, матрица = 64 x 64. Постпроцессинговая обработка изображений проводилась в программе M-Power 4.0 с использованием функций Calculation и Fusion.

Завершающим этапом исследования являлось проведение статистического анализа результатов, полученных при лабораторном обследовании пациентов, и данных МРТ с использованием программного обеспечения Jamovi 2.3.21. Полученные результаты являлись статистически значимыми при значениях $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждения

На первом этапе исследования при анализе результатов лабораторного исследования была выявлена группа пациентов с признаками анемии. Для диагностики анемии использовались критерии Всемирной Организации Здравоохранения [11]:

- у мужчин уровень гемоглобина < 130 г/л, эритроцитов $< 4,0$ млн/мкл, гематокрит < 39 %;
- у женщин уровень гемоглобина < 120 г/л, эритроцитов $< 3,8$ млн/мкл, гематокрит < 36 %.

При первичном обследовании признаки анемии были выявлены у 68% пациентов ($n=61$). Всем этим пациентам была проведена МРТ органов брюшной полости с включением режима бесконтрастной ASL-перфузии печени.

По результатам первичных лабораторных исследований пациенты с анемиями были распределены на группы, представленные в Табл. 1.

При анализе результатов лабораторных исследований была выявлена группа пациентов ($n=9$) с наличием микроцитарной гипохромной анемии с повышенным либо нормальным уровнем ферритина сыворотки крови и повышением уровня СРБ. У таких пациентов было затруднительно достоверно дифференцировать ЖДА и АХЗ, так как повышение уровня ферритина могло быть как истинным, так и быть связано с воспалительным процессом в организме, о наличии которого свидетельствовало повышение уровня С-реактивного белка.

Этой категории пациентов был дополнительно назначен биохимический анализ крови с целью определение уровня гепсидина, сывороточного железа, коэффициента насыщения трансферрина железом, общей железосвязывающей способности сыворотки (ОЖЖС). Результаты позволили дифференцировать ЖДА, которая подтвердилась у 2 пациентов из этой группы, от АХЗ (была установлена у 3 пациентов) и анемии смешанного генеза (АХЗ+ЖДА), которая была выставлена 4 пациентам.

Результаты лабораторных методов у всей группы пациентов с подтвержденной анемией ($n=61$) были сопоставлены с результатами количественной оценки бесконтрастной ASL-перфузии печени (показатель объемного печеночного кровотока (hepatic blood flow, HBF) (Табл. 2).

Таблица 2.

Распределение пациентов в зависимости от типа анемии и показателя HBF

Количество пациентов с анемией, чел.	HBF у пациентов с анемией, мл/100г/мин					
	70–80	81–100	101–110	111–130	131–150	>150
ЖДА ($n=25$)		2	19 (76%)	3	1	
АХЗ ($n=21$)		18 (85%)	2		1	
ЖДА+АХЗ ($n=4$)	3	1				
Постгеморрагическая ($n=8$)		1	1	3	2	1
В-12 дефицитная ($n=3$)					2	1

Было вычислено, что показатели HBF у пациентов с ЖДА и АХЗ статистически значимо различаются

Таблица 1.

Спектр анемий у пациентов исследуемой группы ($n=61$)

Параметры ОАК и б/х*	Тип анемии по данным ОАК*						
	Fer* ↓	Микроцитарные гипохромные		Нормоцитарные нормохромные		Макроцитарные гиперхромные	
		Fer ↑/N		RTC* ↓/N	RTC ↑	RTC ↓/N	RTC ↑
		СРБ N	СРБ ↑			Мегалобластная	
Вид анемии	ЖДА	АХЗ	АХЗ/ЖДА	АХЗ	Острая постгеморрагическая	В12-дефицитная	Геморрагическая
Количество пациентов	23	12	9	6	1	3	7

*ОАК — общий анализ крови, б/х — биохимический анализ крови. Fer — уровень ферритина в сыворотке крови, RTC — ретикулоциты крови.

($p < 0,05$). Показатель объемного печеночного кровотока при ЖДА в среднем на 14% превышал соответствующий показатель при АХЗ. Это позволило вычислить уровни HBF, при которых у пациентов с микроцитарной гипохромной анемией следует подозревать железодефицитную анемию: 102–109 мл/100 г/мин. Анемию хронических заболеваний у этих пациентов следует подозревать при HBF от 82 до 101 мл/100 г/мин.

Пример использования методики бесконтрастной ASL-перфузии печени у пациента с анемией хронических заболеваний приведен на рисунке 1.

Были рассчитаны также средние значения HBF для других типов анемий. Так, для сочетания ЖДА и АХЗ средний показатель объемного печеночного кровотока составил 78 мл/100г/мин (на 17 % меньше, чем соответствующее значение при АХЗ).

Для пациентов с ДЗП и микроцитарной гипохромной анемией были рассчитаны показатели диагностической значимости метода бесконтрастной ASL-перфузии печени в дифференциальной диагностике ЖДА и АХЗ, в качестве «золотого стандарта» использовались результаты комплексного лабораторного исследования

(общий и биохимический анализ крови). В прогнозировании типа анемии (ЖДА или АХЗ) у пациентов с ДЗП и микроцитарной гипохромной анемией методика ASL-перфузии продемонстрировала чувствительность — 0,9, специфичность — 0,75 (AUROC = 0,795; PPV = 77%, NPV = 90 %) (рис. 2).

В связи с недостаточным объемом выборки сделать достоверные выводы о возможностях количественной оценки ASL-перфузии в определении других типов анемий, а также смешанной (ЖДА + АХЗ) анемии по результатам данного исследования не представлялось возможным, однако считаем интересным продолжить работу в этом направлении.

При анализе доступных источников литературы, посвященных дифференциальной диагностике анемий, нами было отмечено, что большинство из них, безусловно, опираются на анализ показателей гемограммы и других лабораторных методов исследования. Так, Клочкова-Абельянц С.А. и соавторы еще в 2015 году предложили способ дифференциальной диагностики железодефицитной анемии и анемии хронических заболеваний на основе проведения иммуноферментного анализа для определения уровня гепсидина-25

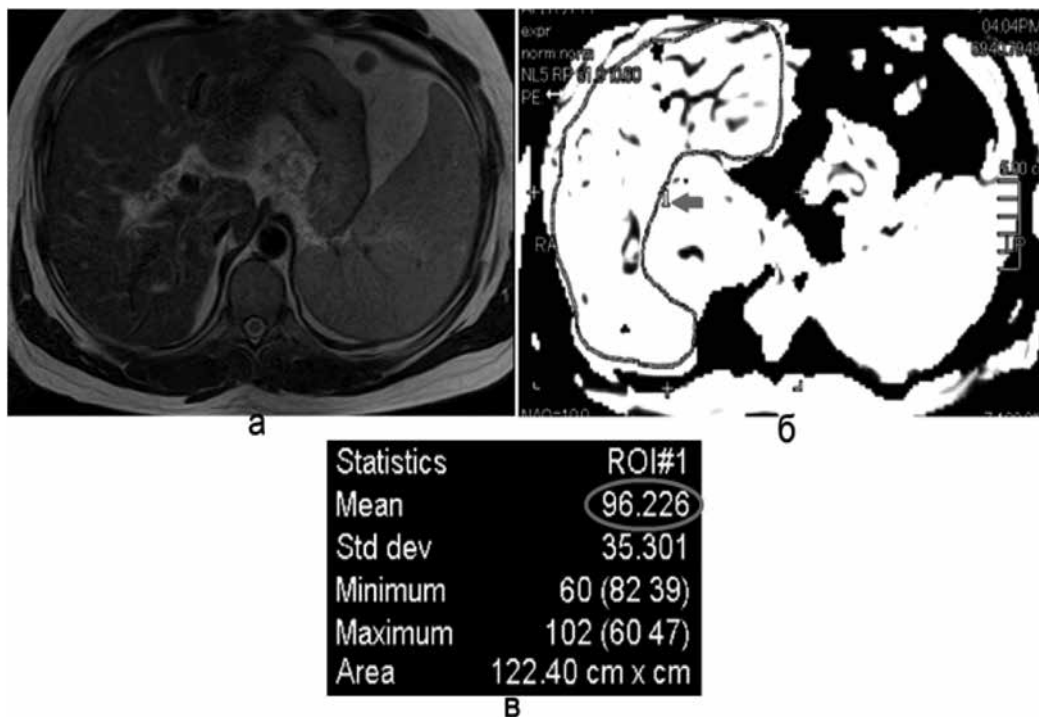
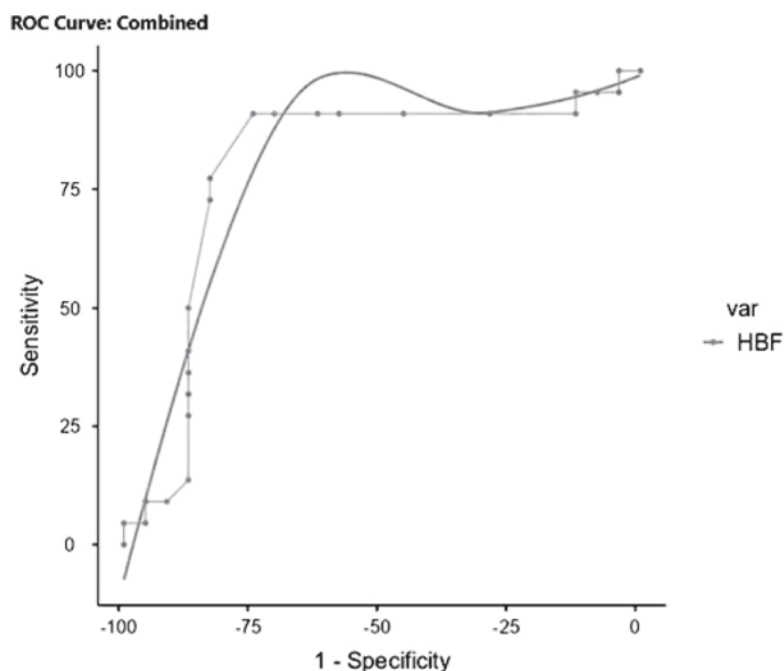


Рис. 1. МР-скан органов брюшной полости в режиме T2 пациента с хроническим вирусным гепатитом С (а); серошкальная перфузионная карта пациента (б) с выбранной зоной интереса (стрелка) — паренхима печени без захвата соседних органов и окружающей жировой ткани; статистическая карта результатов измерения показателя HBF (в), где строка Mean отражает значение показателя HBF = 96.226 мл/100г/мин, что позволяет предположить у пациента анемию хронических заболеваний (диагноз подтвержден лабораторно), остальные строки отражают вариацию количественного показателя перфузии и пространственные характеристики зоны интереса



Results Table

Scale: HBF							
Cutpoint	Sensitivity (%)	Specificity (%)	PPV (%)	NPV (%)	Youden's index	AUC	Metric Score
102	90.91%	75%	76.92%	90%	0.659	0.795	1.66

Рис. 2. ROC-кривая и таблица результатов оценки информативности метода бесконтрастной ASL-перфузии печени в дифференциальной диагностике ЖДА и АХЗ у пациентов с ДЗП и микроцитарной гипохромной анемией. Таблица результатов демонстрирует показатель чувствительности 90,91 %, показатель специфичности 75 %, AUROC 0,795

в сыворотке крови [1]. Стоит отметить, что не смотря на быстроту и удобство данного способа, определение гепсидина-25 является обычно прерогативой специализированных гематологических центров, общая лечебная сеть не всегда может быть оснащена маркерами и оборудованием для проведения представленного способа. К ограничениям можно отнести также то, что данный маркер не позволяет провести дифференциальную диагностику в случае сочетанного анемического синдрома.

На основе классических показателей анализа крови построен способ диагностики железодефицитной анемии и анемии хронических заболеваний только по лабораторным критериям [3]. Данный способ предусматривает определение основных дифференциально-диагностических критериев: для анемии хронических болезней характерен её гипо- или нормохромный характер, для железодефицитной анемии — гипохромный характер, представленные анемии характеризуются снижением цветового показателя, дефицитом железа. Для чёткого проведения дифференциального диагноза требуется комплексный подход оценки показателей, их

сопоставление, что не исключает попадания в так называемые «серые зоны», требующие оценки дополнительных критериев. Авторы отмечают, что основные сложности в дифференциальной диагностике вышеописанных анемий возникают при уровне ферритина сыворотки от 20 до 100 мкг/л, а гипохромный характер обеих анемий обуславливают их внешнее сходство. При назначаемой терапии ответ на препараты железа отмечаются у пациентов с железодефицитной анемией и анемией смешанного генеза, что также не позволяет провести четкую дифференциальную диагностику. В доступных литературных источниках отсутствуют сведения об использовании бесконтрастной ASL-перфузии печени при для дифференциальной диагностики анемий при хронических гепатитах и циррозах печени, тогда как эта методика отражает состояние кровотока печени, который в различной степени изменяется при тех или иных патологических состояниях в организме, в том числе, при развитии анемии.

Таким образом изучение перфузионных показателей при различных типах анемий у пациентов с ДЗП вызывает как теоретический, так и практический интерес. Акту-

альность данного исследования связана с трудностями, возникающими у гепатологов, гастроэнтерологов, гематологов, врачей лучевой диагностики при определении тактики построения диагностических и лечебных алгоритмов, их своевременной коррекции у пациентов с осложненным течением ДЗП. Трудности обусловлены оснащенностью лечебных учреждений необходимыми технологиями, лабораторными реактивами, невозможностью правильно разработать инструментальный алгоритм ведения пациентов. Изучение изменений кровотока печени при развитии анемий и других осложнений ДЗП представляет также научный интерес, так как позволяет глубже понять патогенез происходящих в организме нарушений.

Заключение

Исследование показало, что включение в алгоритм обследования пациентов методики бесконтрастной ASL-перфузии печени может быть полезным для дифференциальной диагностики анемий у пациентов с ДЗП.

Выявлено, что у пациентов с ДЗП и микроцитарной гипохромной анемией следует подозревать железодефицитную анемию при значениях HbF 102–109 мл/100г/мин, анемию хронических заболеваний у этих пациентов следует подозревать при HbF от 82–101 мл/100г/мин.

В прогнозировании типа анемии (ЖДА или АХЗ) у пациентов с микроцитарной гипохромной анемией методика ASL-перфузии продемонстрировала чувствительность — 0,9, специфичность — 0,75 (AUROC = 0,795).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ключкова-Абельянц С.А., Суржикова Г.С., Коваленко В.М. Способ дифференциальной диагностики железодефицитной анемии и анемии хронических заболеваний: пат. RU2566282C1; заявл. 25.11.14; опубл. 20.10.15.
2. Симакина Е.Н., Морозова Т.Г. Дифференциально-диагностическое значение бесконтрастной ASL-перфузии печени при МРТ для пациентов с вирусными гепатитами // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. — 2021. — № 2 (20). — С. 106–114.
3. Стуклов Н.И., Козинец Г.И., Тюрина Н.Г. Учебник по гематологии. — Москва: Практическая медицина, 2018. — 336 с.
4. de Las Cuevas Allende R., Díaz de Entresotos L., Conde Díez S. Anaemia of chronic diseases: Pathophysiology, diagnosis and treatment. Anemia de las enfermedades crónicas: fisiopatología, diagnóstico y tratamiento // Medicina Clinica. — 2021. — Vol.156, № 5. — P. 235–242.
5. Kumar A., Sharma E., Marley A. et al. Iron deficiency anaemia: pathophysiology, assessment, practical management // BMJ Open Gastroenterology. — 2022. — Vol.9, № 1.
6. Lahari J., Usmani M.H., Kapur K.S. et al. Clinical and haematological abnormalities in decompensated chronic liver disease patients // J Assoc Physicians India. — 2022. — Vol.70, № 4. — P.11–12.
7. Narnoli S. Haematological changes in alcohol and substance use disorders — an overview // Int Arch Subst Abuse Rehabil. — 2020. — Vol.2. — P. 1–6.
8. Pasricha S., Tye-Din J., Muckenthaler M. et al. Iron deficiency // The Lancet. — 2021. — Vol.397. — P. 233–248.
9. Shigefuku R., Takahashi H., Nakano H. et al. Correlations of hepatic hemodynamics, liver function, and fibrosis markers in nonalcoholic fatty liver disease: comparison with chronic hepatitis related to hepatitis C virus // International Journal of Molecular Sciences. — 2016. — Vol.17, № 9. — P.1–15.
10. Snook J., Bhala N., Beales I.L.P. et al. British Society of Gastroenterology guidelines for the management of iron deficiency anaemia in adults // Gut. — 2021. — Vol.70. — P. 2030–2051.
11. WHO. Haemoglobin concentrations for the diagnosis of anaemia and assessment of severity. Vitamin and Mineral Nutrition Information System // Geneva: World Health Organization. 2011. URL: <http://www.who.int/vmnis/indicators/haemoglobin> (дата обращения: 28.03.2023).

© Телеш Арина Александровна (arina.doc@yandex.ru); Морозова Татьяна Геннадьевна (t.g.morozova@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РОЛЬ НЕОАДЪЮВАНТНОЙ ХИМИОТЕРАПИИ У БОЛЬНЫХ РАКОМ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПРИ ОРГАНОСОХРАНЯЮЩЕМ ЛЕЧЕНИИ

THE ROLE OF NEOADJUVANT CHEMOTHERAPY IN BREAST CANCER PATIENTS FOR ORGAN-PRESERVING TREATMENT

**P. Homidov
S. Sidorov
D. Emomov**

Summary. Breast cancer is a major health problem that affects millions of women worldwide. Despite advances in the diagnosis of breast cancer, a large number of patients are diagnosed with the disease in the advanced phase of development. Often, at stage I of surgical treatment, it is impossible to perform an organ-preserving radical surgery due to the size of the tumor. Neoadjuvant polychemotherapy (naPCT) has become an effective method for reducing tumor size and performing organ-preserving surgeries. In this study, we evaluated the effectiveness of naPCT for performing organ-preserving surgical operations in 30 patients diagnosed with stage II–III breast cancer.

Keywords: breast cancer, neoadjuvant chemotherapy, organ-preserving surgery, morpho-biological tumor subtype.

Хомидов Парвиз Айюбджонович

Врач-ординатор, ФГАОУ ВО
«Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет»
parviz_98@mail.ru

Сидоров Сергей Васильевич

д.м.н., профессор, ФГАОУ ВО
«Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет»;
Заведующий отделением опухолей молочной железы
ГБУЗ НСО ГКБ №1
s.sidorov@g.nsu.ru

Эмомов Диловар Шоназарович

Врач-ординатор, ФГАОУ ВО
«Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет»
d.emomov@g.nsu.ru

Аннотация. Рак молочной железы является серьезной проблемой здравоохранения, которая затрагивает миллионы женщин во всем мире. Несмотря на успехи в диагностике рака молочной железы (РМЖ), у большого количества пациенток выявляют заболевание в распространенной фазе развития. Часто на I этапе хирургического лечения невозможно выполнить органосохраняющую радикальную операцию из-за величины опухоли. Неoadъювантная полихимиотерапия (наПХТ) является методом для уменьшения размера опухоли и проведения органосохраняющих операций. В данном исследовании мы оценили эффективность наПХТ для выполнения органосохраняющих операций у 30 пациенток с диагностированным раком молочной железы II–III стадии.

Ключевые слова: рак молочной железы, неoadъювантная химиотерапия, органосохраняющая операция, морфо-биологический подтип опухоли.

Введение

Достигнуты определенные успехи в ранней диагностике рака молочной железы (РМЖ), однако у большого количества пациенток выявляют заболевание в распространенной фазе развития. Часто на I этапе хирургического лечения невозможно выполнить органосохраняющую радикальную операцию из-за величины опухоли. Учитывая желание пациенток сохранить МЖ, необходимо уменьшить размеры опухоли, что достигается проведением предоперационной, или неoadъювантной полихимиотерапии (наПХТ). По данным ВОЗ в 2020г РМЖ был диагностирован у 2,3 миллиона женщин, 10,7 % случаев составил возраст до 40 лет [1].

Хотя ранние рандомизированные исследования не показали преимущества неoadъювантной химиотера-

пии в отношении выживаемости по сравнению с адъювантной химиотерапией, были выявлены другие ее преимущества, которые включают: уменьшение размера опухоли в молочной железе и лимфоузлах подмышечной впадины, прогностические показатели ответа опухоли на проводимую наПХТ, а также возможность проведения органосохраняющих операций молочной железы [2]. Ответ первичной опухоли оказывает значительное влияние на принятие хирургических решений: проведение органосохраняющих операций молочной железы, биопсию сторожевых лимфоузлов или целенаправленную подмышечную лимфоаденэктомию. Тщательно подобранная комбинация специальных методов лечения дает пациентам возможность получить максимальную пользу, сводя к минимуму или устраняя возможность рецидивов, токсических эффектов, а также обеспечивая хорошее качество жизни пациентов [3, 4]. Основной целью

изучения эффективности неоадьювантной химиотерапии при РМЖ является увеличение количества выполнения органосохраняющих операций, снижение частоты рецидивов и улучшение качества жизни пациенток.

Цель исследования — изучить эффективность неоадьювантной полихимиотерапии (наПХТ) для выполнения органосохраняющей операции

Материалы и методы

В исследование включено 30 пациенток с морфологически доказанным РМЖ II-III (T2-3N0-1M0) стадии и проведённым иммуногистохимическим исследованием (ИГХИ), с желанием сохранить молочную железу. Лечение проведено в отделении опухолей молочной железы ГБУЗ НСО «ГКБ №1» (г. Новосибирск). Возраст пациенток: от 36 до 78 лет, средний возраст — $50,9 \pm 3,7$ лет.

По результатам ИГХИ люминальный Her2+ диагностирован у 10 (33,33 %) пациенток, люминальный Her2— у 6 (20 %), нелюминальный Her2— у 8 (26,67 %), трижды негативный — у 6 (20 %). Всем пациенткам была проведена наПХТ в режиме АС (доксорубин 60 мг/м² в/в в 1-й день + циклофосфамид 600 мг/м² в/в в 1-й день, 4 курса) +Т (12 введений паклитаксел 80 мг/м² в/в еженедельно; или 4 курса доцетаксел 75 мг/м² в/в в 1-й день 1 раз в 3 нед) +ТТ с герцептином (у пациенток с положительным Her2neu статусом), вторым этапом было проведено хирургическое лечение — органосохраняющая операция (ОСО) или радикальная мастэктомия (РМЭ).

ОСО выполняли в 2 вариантах: радикальная секторальная резекция (при локализации в верхненаружном квадранте) + ПЛАЭ I–III уровней, или широкая секторальная резекция (при локализации в верхневнутреннем, границе верхних, нижненаружном, нижневнутреннем

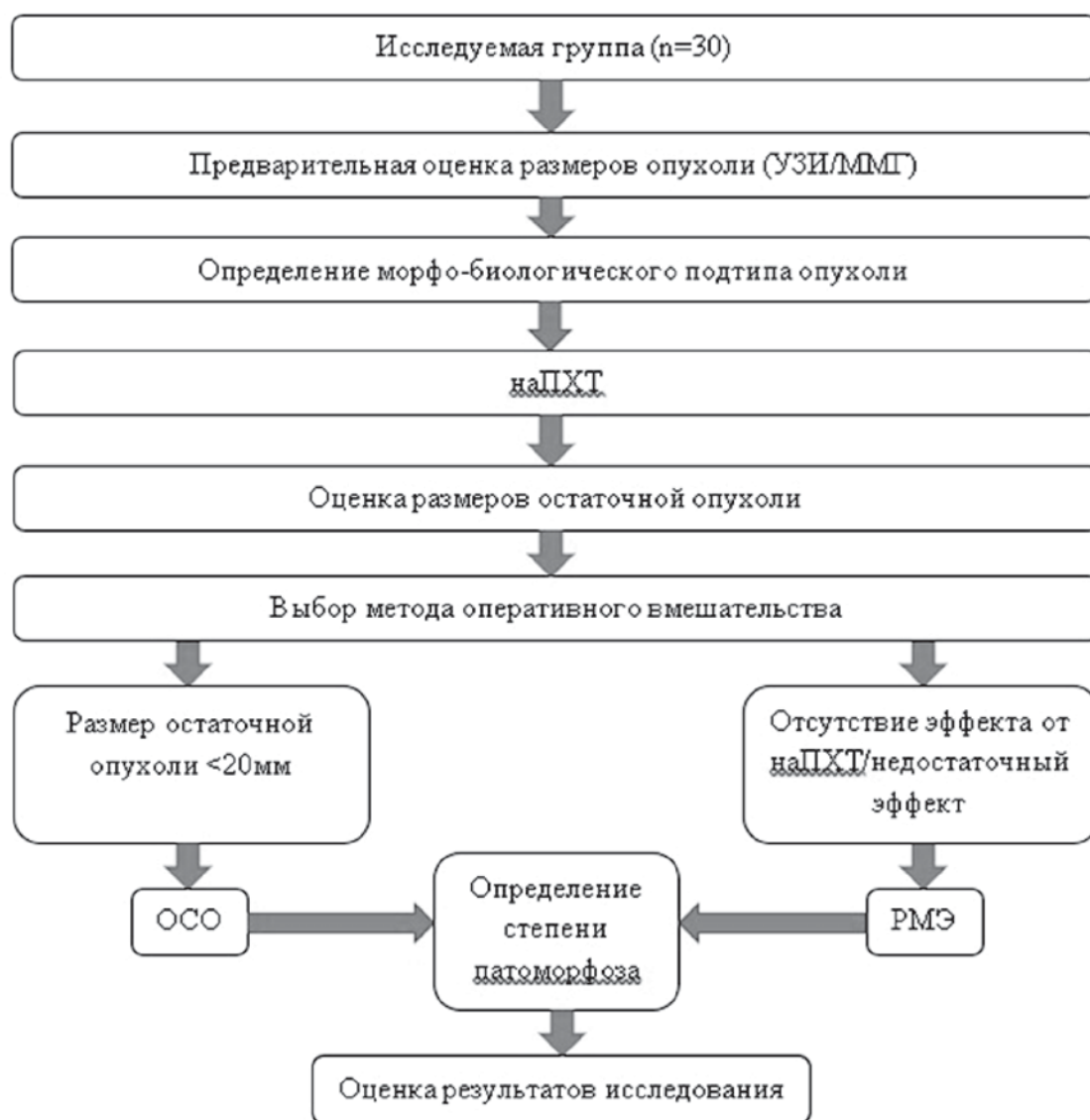


Рис. 1. Дизайн исследования

квадрантах) + ПЛАЭ (из аксиллярного доступа). С краев послеоперационной раны выполняли соскобы Cito — цитологическим исследованием. РМЭ выполняли в модификации Маддена.

Результаты и обсуждение

После наПХТ ОСО выполнена у 14 (46,7 %) из 30 пациенток. Отмечена зависимость эффекта наХТ от морфо-биологического подтипа опухоли: при люминальном Her2+ подтипе ОСО выполнена у 7 (70 %) из 10, люминальном Her2-отр — у 1 (16,7 %) из 6, нелюминальном Her2+ — у 3 (37,5 %) из 8 и трипл-негативный — у 3 (50 %) из 6 больных.

Таблица 1.

Результаты исследования

Морфо-биологический подтип	Количество пациенток	Количество выполненных ОСО	Процент выполненных ОСО
Люминальный Her2+	10	7	70%
Люминальный Her2-	6	1	16,7%
Нелюминальный Her2+	8	3	37,5%
Трипл(-)	6	3	50%

До начала неoadъювантной терапии следует провести диагностическую визуализацию обеих молочных желез. Тот же метод визуализации должен быть выполнен после завершения терапии для оценки эффекта: маммография и/или УЗИ для предоперационного планирования [5].

Проведение ОСО зависит от желания пациентки сохранить молочную железу. Онкологическая безопасность операции основана на возможности резекции пораженной молочной железы, чистоты краев раны (отсутствие клеток рака) и проведении облучения, что приводит к одинаковым результатам безрецидивной и общей выживаемости, по сравнению с мастэктомией. Объем резекции зависит от размеров остаточной опухоли после проведенной наПХТ [6]. Нами ОСО после наПХТ выполнены у 14 пациенток (46,7 %), с удовлетворительным косметическим эффектом. РМЭ произведена 16 больным (52,3 %), у которых не достигнут желаемый эффект от наПХТ — не значительное уменьшение размеров опухоли.

Таким образом, нами отмечена наибольшая эффективность наПХТ у пациенток с люминальным Her2+ РМЖ. Однако, объективно судить о влиянии морфо-биологического подтипа опухоли на эффективность наПХТ по нашим данным не представляется возможным из-за небольшой выборки пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Laversanne M, Soerjomataram I, Jemal A, Bray F. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin.* 2021; 71: 209–249. <https://doi.org/10.3322/caac.21660>
2. Korde LA, Somerfield MR, Carey LA, Crews JR, Denduluri N, Hwang ES, Khan SA, Loibl S, Morris EA, Perez A, Regan MM, Spears PA, Sudheendra PK, Symmans WF, Yung RL, Harvey BE, Hershman DL. Neoadjuvant Chemotherapy, Endocrine Therapy, and Targeted Therapy for Breast Cancer: ASCO Guideline. *J Clin Oncol.* 2021 May 1;39(13):1485–1505. doi: 10.1200/JCO.20.03399. Epub 2021 Jan 28. PMID: 33507815; PMCID: PMC8274745.
3. Teshome M, & Kuerer H.M. (2017). Breast conserving surgery and locoregional control after neoadjuvant chemotherapy. *European Journal of Surgical Oncology (EJSO)*, 43(5), 865–874. doi:10.1016/j.ejso.2017.02.002
4. Fisusi FA, Akala EO. Drug Combinations in Breast Cancer Therapy. *Pharm Nanotechnol.* 2019;7(1):3-23. doi: 10.2174/2211738507666190122111224. PMID: 30666921; PMCID: PMC6691849.
5. Fowler A.M., Mankoff D.A., & Joe B.N. (2017). Imaging Neoadjuvant Therapy Response in Breast Cancer. *Radiology*, 285(2), 358–375. doi:10.1148/radiol.2017170180
6. Teshome M, & Kuerer H.M. (2017). Breast conserving surgery and locoregional control after neoadjuvant chemotherapy. *European Journal of Surgical Oncology (EJSO)*, 43(5), 865–874. doi:10.1016/j.ejso.2017.02.002

© Хомидов Парвиз Айюбджонович (parviz_98@mail.ru); Сидоров Сергей Васильевич (s.sidorov@g.nsu.ru);

Эмомов Диловар Шоназарович (d.emomov@g.nsu.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НУТРИТИВНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ХИМИОТЕРАПИИ У ПАЦИЕНТОВ С ОНКОЛОГИЧЕСКИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ

Чуйкова Валерия Сергеевна

Аспирант, ФГАУ ВО «Первый Московский
государственный медицинский университет
им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет)»
lersul@mail.ru

STUDY OF THE RATIONALE OF THE USE OF NUTRITIONAL SUPPORT IN THE USE OF CHEMOTHERAPY IN PATIENTS WITH ONCOLOGICAL DISEASES

V. Chuikova

Summary: More than 50 % of cancer patients receiving chemotherapy have nutritional disorders of varying severity. Such malnutrition is of great clinical importance in relation to the development and course of the disease. In this situation, it is necessary to use the means of accompanying therapy. In the course of the study, it was found that the use of nutritional support during drug treatment in cancer patients can increase the proportion of patients with a clinically significant improvement in the quality of life already at the end of the third month of observation, and with a constant regimen of use, the proportion of patients with recovery and weight gain by at the end of the sixth month of observation. The data obtained emphasize the need for continuous correction of nutritional deficiencies at all stages of the treatment of cancer patients.

Keywords: nutritional support, chemotherapy, concomitant therapy.

Аннотация. Более 50 % онкологических больных, получающих химиотерапию, имеют нутритивные нарушения той или иной степени тяжести. Подобные нарушения питания имеют важное клиническое значение в отношении развития и течения заболевания. В данной ситуации необходимо применение средств сопроводительной терапии. В ходе проведенного исследования было установлено, что применение нутритивной поддержки при проведении лекарственного лечения у онкологических пациентов позволяет увеличить долю пациентов с клинически значимым улучшением качества жизни уже на исходе третьего месяца наблюдения, а при постоянном режиме применения — долю пациентов с восстановлением и прибавлением массы тела на исходе шестого месяца наблюдения. Полученные данные акцентируют внимание на необходимости непрерывной коррекции нутритивной недостаточности на всех этапах лечения онкологических пациентов.

Ключевые слова: нутритивная поддержка, химиотерапия, сопутствующая терапия.

Введение

Лечение онкологических заболеваний довольно часто требует применения лекарственных методов лечения, и, в частности, химиотерапии (ХТ). Химиотерапия может использоваться и как основной метод лечения пациентов, и как дополнительный — совместно с другими методами, такими, например, как лучевая терапия, — а также до или после проведения хирургического лечения.

Применение химиотерапии зачастую сопровождается значительными побочными эффектами, даже несмотря на применение рекомендованных доз [1, 2, 3]. К примеру, результаты исследований свидетельствуют, что более 50% больных, получающих ХТ, имеют нутритивные нарушения той или иной степени тяжести [4]. Подобные нарушения питания имеют важное клиническое значение в отношении развития и течения заболевания — они связаны с плохим прогнозом, являются доказанным независимым фактором риска возможной летальности, а также повышают риск появления небла-

гоприятных сердечно-сосудистых, почечных, печеночных событий и ухудшают качество жизни в целом [5].

Появление побочных эффектов вынуждает врачей снижать дозу препаратов или, в некоторых случаях, полностью отменить их прием. Для сохранения необходимой интенсивности химиотерапевтического режима необходимо применение средств сопроводительной терапии.

В ряде проведенных ранее исследований было показано, что некоторые аминокислоты, микроэлементы и витамины могут снижать выраженность побочных эффектов ХТ, повышать аппетит и положительно влиять на течение заболевания в целом [6, 7].

Однако, правильное назначение препаратов парентерального или энтерального питания осложняется отсутствием общепринятых рекомендаций по этому вопросу, а также ограниченностью средств самой нутритивной терапии. Помимо этого, назначение нутритивной поддержки во время химиотерапии само по себе являет-

ся отдельной проблемой из-за наличия специфических побочных эффектов химиотерапевтических препаратов (например, эметогенности).

Поэтому, целью данного исследования является оценка рациональности различных тактик применения нутритивной поддержки при использовании лекарственных методов лечения, в частности, ХТ.

Материалы и методы

На базе Центра амбулаторной онкологической помощи ГБУЗ «Московский многопрофильный клинический центр «Коммунарка» Департамента здравоохранения Москвы было обследовано 75 онкологических пациентов, из них 53 мужчины и 22 женщины. Критериями включения в исследование являлось: подписанное информированное согласие; возраст пациентов старше 18 лет; второй и далее курс лекарственного лечения; состояние пациента по шкале ECOG ≤ 2 .

Критериями исключения были: отказ от участия в исследовании; индивидуальная непереносимость компонентов препаратов нутритивной поддержки.

Средний возраст пациентов составил 62 года (56–70 лет).

Структура онкологических заболеваний в зависимости от локализации был распределена следующим образом: С61 (рак предстательной железы) — 34,6 %, С64 (почечноклеточный рак) — 20%, С67 (рак мочевого пузыря) — 6,7 %, С20 (колоректальный рак) — 8 %, С50 (рак молочной железы) — 10,7 %, С16 (рак желудка) — 14,7 %, С18 (рак ободочной кишки) — 5,3 %. Стадирование осуществлялось в соответствии с классификацией TNM 8 пересмотра.

Основные характеристики пациентов представлены в таблице 1.

Все пациенты перед началом внедрения нутритивной поддержки прошли лабораторно-инструментальные методы обследования в рамках клинических рекомендаций по лечению онкологических заболеваний.

Всем пациентам был определен статус по шкале ECOG, а также оценка качества жизни по опроснику EQ-5D. Опросник оценивает статус здоровья на основании 5 компонентов, связанных со следующими аспектами жизни: подвижность, самообслуживание, активность в повседневной жизни, боль или дискомфорт, беспокойство или депрессия. Основными преимуществами использования EQ-5D в отличие от других общих опросников качества жизни является то, что итоговые данные представляют собой единую балльную оценку здоровья респондента [8].

Таблица 1.

Исходная характеристика пациентов, включенных в исследование

Показатель	I группа	II группа
N	40	35
Женщины	15	7
Мужчины	25	28
Рак предстательной железы	13	13
Почечноклеточный рак	10	5
Рак мочевого пузыря	3	2
Колоректальный рак	3	3
Рак молочной железы	4	4
Рак желудка	5	6
Рак ободочной кишки	2	2
Возраст, лет	65 ± 5.1	60 ± 3.4
Рост, см	172 ± 5.7	175 ± 6
Масса тела, кг	62 ± 3.4	67 ± 5.0
Индекс массы тела (мин-макс)	22.7 (15.9-32.4)	23.2 (17.9-31.7)
Общий белок, г/л	60 ± 2.5	68 ± 4.2
Гемоглобин, г/л	112 ± 6.7	109 ± 6.9

Каждому обследуемому была проведена комплексная оценка антропометрических показателей, включающая в себя оценку роста, веса и измерение индекса массы тела по формуле $ИМТ = \frac{вес (кг)}{рост (м)^2}$. Кроме того, производилось измерение лабораторных показателей венозной крови, а именно уровень гемоглобина (г/л) и общего белка (г/л). Пациенты с индексом массы тела менее 20 и/или уровнем общего белка менее 50 г/л расценивались как однозначно требующие нутритивной поддержки.

Последующие оценки уровня качества жизни, лабораторных и инструментальных показателей производились спустя три и шесть месяцев после начала применения нутритивной поддержки.

В ходе исследования пациенты были рандомизированно распределены по двум группам. В первой группе пациенты, получающие специализированное лекарственное лечение, в дополнение к терапии также получали готовые к употреблению высокобелковые смеси (готовые жидкие смеси, ГЖС) из расчета 36 г белка в день (около 600 ккал). Употребление смесей было постоянным, без каких-либо перерывов в нутритивной поддержке. Во второй группе пациенты получали сухую смесь, требующую самостоятельного разведения (сухая смесь для разведения, ССР), из расчета 500 ккал дополнительной нутритивной поддержки в день. Употребление смеси в этом случае осуществлялось в дни получа-

емой химиотерапии и на протяжении недели после ее получения (за исключением режима XELOX), после чего проводился перерыв до следующего курса химиотерапии.

Состояние пациентов оценивалось на основании данных, полученных во время трех визитов к лечащему врачу. Визит 1 проводился накануне начала одного из курсов ХТ (за исключением первого курса). Визит 2 проводился через 3 месяцев после начала назначенной программы нутритивной поддержки, а визит 3 — через 6 месяцев. Таким образом, между визитом 1 и визитом 3 проходило в среднем 180 дней.

Статистическая обработка материала проводилась при помощи пакета программ IBM SPSS Statistics. При нормальном законе распределения признака в выборке количественные значения отображались в виде медианы. Качественные признаки описывались абсолютными и относительными частотами, для их сравнения использовался критерий хи-квадрат Пирсона или двухсторонний точный критерий Фишера.

Результаты

На момент начала лечения по программам нутритивной поддержки достоверных различий между двумя сравниваемыми группами установлено не было.

Основными схемами лекарственного лечения в группах пациентов были: для рака предстательной железы — доцетаксел в монорежиме, для почечноклеточного рака — иммунотаргетная терапия пембролизумаб + акситиниб, для рака мочевого пузыря — режим GemCis, для колоректального рака и рака ободочной кишки — режим FOLFOX, для рака желудка — режим XELOX, для рака молочной железы — режим AC. Более подробные данные о получаемых режимах лекарственного лечения представлены в таблице 2.

Первый из изучавшихся показателей — оценка качества жизни по опроснику EQ-5D — достоверно повысился в каждой группе ко второму визиту. Статистически значимых различий на этом этапе между группами выявлено не было. Однако следует отметить, что уже в тот момент пациенты, получающие готовые смеси, отмечали улучшение таких показателей, как подвижность и способность к повседневной деятельности.

К третьему визиту наметилась тенденция к большему улучшению качества жизни у пациентов, получающих ГЖС в постоянном режиме, нежели у пациентов, получающих смеси для разведения с перерывами между курсами химиотерапии (см. Таблицу 3).

Таблица 2.

Режимы лекарственного лечения, получаемые пациентами, включенными в исследование

Локализация	Получаемое лечение	I группа	II группа
Рак предстательной железы	Монохимиотерапия доцетакселом	13	13
Почечноклеточный рак	Пембролизумаб + акситиниб	7	3
	Сунтиниб	2	1
	Пазопаниб	1	1
Рак мочевого пузыря	GemCis	2	1
	GemCarbo	1	1
Колоректальный рак	FOLFOX	2	1
	XELOX	1	2
Рак молочной железы	AC	3	4
	Монохимиотерапия капецитабином	1	0
Рак желудка	XELOX	5	6
Рак ободочной кишки	FOLFOX	2	2

Таблица 3.

Динамика данных опросника EQ-5D в ходе исследования

Визит	Данные опросника, средняя оценка	Группа I	Группа II
1	Подвижность	2.1	2.4
	Уход за собой	2.5	2.3
	Повседневная деятельность	1.9	2.0
	Боль\дискомфорт	1.8	1.9
	Тревога\депрессия	2.0	2.4
Шкала	55.6 [50–65]	62.1 [58–64]	
2	Подвижность	2.3	2.5
	Уход за собой	2.7	2.4
	Повседневная деятельность	2.7	2.3
	Боль\дискомфорт	2.4	2.1
	Тревога\депрессия	2.3	2.4
Шкала	65.5 [63–68]	64.8 [55–67]	
3	Подвижность	2.5	2.5
	Уход за собой	2.9	2.7
	Повседневная деятельность	2.8	2.6
	Боль\дискомфорт	2.5	2.3
	Тревога\депрессия	2.6	2.4
Шкала	68.3 [60–73]	65.9 [54–69]	

Динамика массы тела и уровня общего белка ко второму визиту была положительной в обеих группах, однако различий между группами достоверно установлено не было. К третьему визиту в группе пациентов, получавших ГЖС, уровень общего белка был выше, чем в группе, получавшей ССР (38.2 г/л против 35.3 г/л соответственно). Кроме того, к третьему визиту также наметилась положительная тенденция в области восстановления уровня гемоглобина в обеих группах (в среднем более 110 г/л в обеих группах против средних стартовых 100 и 110 г/л соответственно).

При сравнении изменений массы тела группа, получающая ГЖС, также продемонстрировала преимущество по сравнению с группой ССР — падение массы тела ко второму визиту было менее выраженным в обеих группах, однако именно в первой массу тела к третьему визиту удалось восстановить (см. Рисунок 1).

Интересно, что применение нутритивной поддержки в обеих группах также снизило токсичность применяемых режимов лекарственной терапии — так, например, уже ко второму визиту в обеих группах было отмечено снижение трансаминаз (АЛТ и АСТ), причем во второй группе, получающей ССР, на третьем визите отмечено большее снижение.

Обсуждение

Недостаточность питания относится к одному из наиболее распространенных осложнений, развивающихся

у онкологических пациентов [9, 10, 11]. Механизмы ее развития являются достаточно разнообразными.

Так, тенденция к уменьшению массы тела свидетельствует о развитии синдрома гиперметаболизма (белково-энергетической недостаточности). Потеря скелетной мышечной ткани является ключевой особенностью развития кахексии, связанной с онкологическим процессом, и одновременно ее наиболее изученным аспектом [12]. Мышцы являются источником аминокислот, которые могут быть высвобождены для производства энергии во время катаболических процессов. Для своего развития опухолевым клеткам требуются аминокислоты, в частности глутамин, что приводит к низкому уровню циркуляции глутамина в организме и распаду белка скелетных мышц для высвобождения аминокислот из мышечных клеток [13].

Таким образом, гиперметаболизм в сочетании с возможной симптоматикой, присущей некоторым локализациям онкологических заболеваний (как, например, боль, тошнота и рвота, гастростаз) является одной из основных причин развития недостаточности питания.

Качество жизни онкологических больных является одним из ключевых факторов, влияющих на продолжительность жизни пациентов и эффективность проводимой лекарственной терапии. Качество жизни — субъективное, личное ощущение, отражающее самочувствие человека, без учета каких-либо объективных показате-

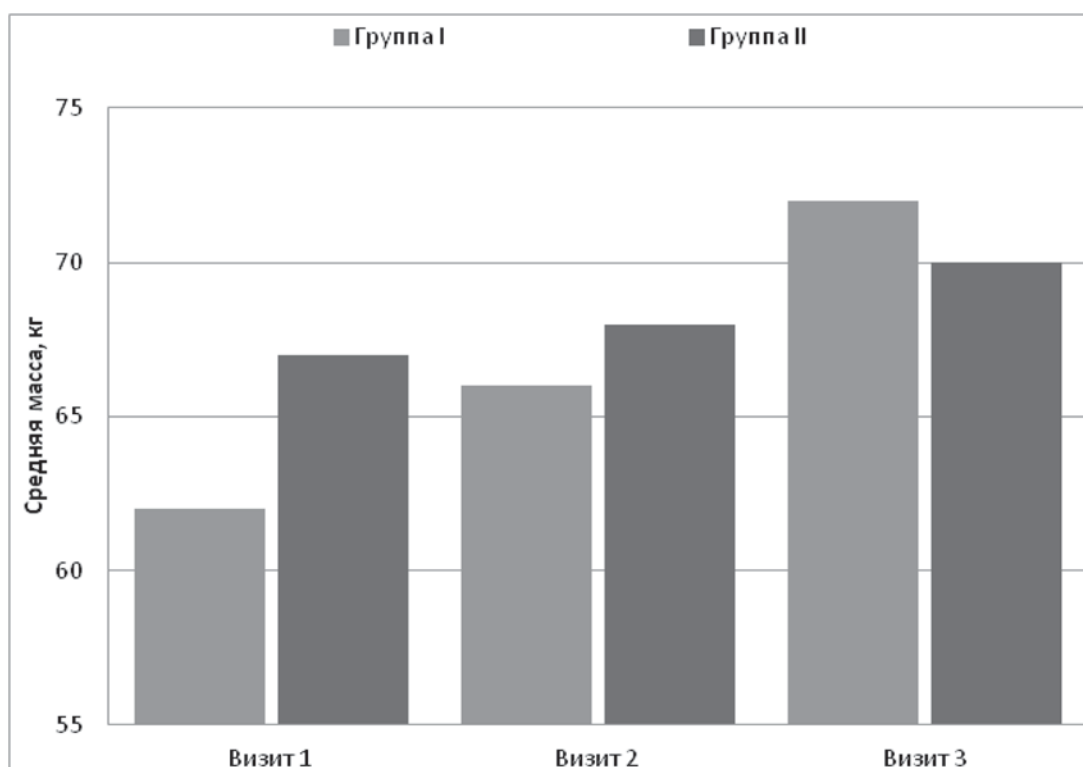


Рис. 1. Динамика изменений средней массы тела (в кг) пациентов в группах сравнения

телей. Именно поэтому оценка качества жизни крайне важна для определения дальнейшего прогноза заболевания — она показывает, как больные относятся к своему состоянию и как меняется это отношение на фоне проводимой терапии.

В данном исследовании показано, что проведение нутритивной поддержки, особенно в постоянном, непрерывном режиме, улучшает качество жизни пациентов, наряду с объективными, антропометрическими, лабораторными и инструментальными показателями. Также важным аспектом применения нутритивной поддержки, показанным в данном исследовании, оказалась способность снижать токсичность проводимого лекарственного лечения — однако в данной работе производилась оценка только печеночных показателей, поэтому требуются дальнейшие исследования на эту тему.

Заключение

В ходе проведенного исследования было установлено, что применение нутритивной поддержки при проведении лекарственного лечения у онкологических пациентов позволяет увеличить долю пациентов с клинически значимым улучшением качества жизни уже на исходе третьего месяца наблюдения, а при постоянном режиме применения — долю пациентов с восстановлением и прибавлением массы тела на исходе шестого месяца наблюдения. Кроме того, использование препаратов нутритивной поддержки позволило увеличить число пациентов с отсутствием печеночной токсичности по показателям АЛТ и АСТ.

Полученные данные акцентируют внимание на необходимости непрерывной коррекции нутритивной недостаточности на всех этапах лечения онкологических пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Oun, R., Moussa, Y.E., & Wheate, N.J., (2018). The side effects of platinum-based chemotherapy drugs: a review for chemists. Dalton transactions (Cambridge, England: 2003), 47(19), 6645–6653.
2. Saadet, E.D., & Tek, I. (2022). Evaluation of chemotherapy-induced cutaneous side effects in cancer patients. International journal of dermatology, 61(12), 1519–1526.
3. De Francia, S., Mancardi, D., Berchiolla, P., Armando, T., Storto, S., Allegra, S., Soave, G., Racca, S., Chiara, F., Carnovale, J., Ciuffreda, L., & Mussa, M.V. (2022). Gender-specific side effects of chemotherapy in pancreatic cancer patients. Canadian journal of physiology and pharmacology, 100(4), 371–377.
4. Kim, S.H., Lee, S.M., Jeung, H.C., Lee, I.J., Park, J.S., Song, M., Lee, D. K., & Lee, S.M. (2019). The Effect of Nutrition Intervention with Oral Nutritional Supplements on Pancreatic and Bile Duct Cancer Patients Undergoing Chemotherapy. Nutrients, 11(5), 1145.
5. Melo-Alvim C, Miguel-Semedo P, Paiva RS, Lobo-Martins S, Luna-Pais H, Costa AL, Santos AR, Florindo A, Vasconcelos AL, Abrunhosa-Branquinho AN, Palmela P, Fernandes L, Presa DL, Costa L, Ribeiro L. Pretreatment hemoglobin level as a prognostic factor in patients with locally advanced head and neck squamous cell carcinoma. Rep Pract Oncol Radiother. 2020 Sep-Oct; 25(5):768-774. doi: 10.1016/j.rpor.2020.07.002. Epub 2020 Jul 28. PMID: 32802001; PMCID: PMC7413985.
6. De Cicco, P., Catani, M. V., Gasperi, V., Sibilano, M., Quaglietta, M., & Savini, I. (2019). Nutrition and Breast Cancer: A Literature Review on Prevention, Treatment and Recurrence. Nutrients, 11(7), 1514.
7. Sadeghi, M., Keshavarz-Fathi, M., Baracos, V., Arends, J., Mahmoudi, M., & Rezaei, N. (2018). Cancer cachexia: Diagnosis, assessment, and treatment. Critical reviews in oncology/hematology, 127, 91–104.
8. Roudijk, B., Ludwig, K., & Devlin, N. (2022). EQ-5D-5L Value Set Summaries. In N. Devlin (Eds.) et. al., Value Sets for EQ-5D-5L: A Compendium, Comparative Review & User Guide. (pp. 55–212).
9. Hamdan, M.H., Badrasawi, M.M., & Abu Alwafa, R.W. (2021). Nutrition and functional status among Palestinian cancer patients receiving chemotherapy. Journal of Taibah University Medical Sciences, 17(2), 264–270.
10. Laviano, A., Di Lazzaro, L., & Koverech, A. (2018). Nutrition support and clinical outcome in advanced cancer patients. The Proceedings of the Nutrition Society, 77(4), 388–393.
11. Qin, N., Jiang, G., Zhang, X., Sun, D., & Liu, M. (2021). The Effect of Nutrition Intervention With Oral Nutritional Supplements on Ovarian Cancer Patients Undergoing Chemotherapy. Frontiers in nutrition, 8, 685967.
12. Schmidt SF, Rohm M, Herzig S, Berriel DM. Cancer Cachexia: More Than Skeletal Muscle Wasting. Trends Cancer. 2018;4:849–860.
13. Michalak KP, Mackowska-Kedziora A, Sobolewski B, Wozniak P. Key roles of glutamine pathways in reprogramming the cancer metabolism. Oxid Med Cell Longev. 2015;2015:964321.

© Чуйкова Валерия Сергеевна (Iersul@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КИШЕЧНЫЕ ШВЫ В ХИРУРГИИ. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

INTESTINAL SUTURES IN SURGERY. LITERATURE REVIEW

**V. Shalin
G. Shaefer
V. Egorov
A. Terichev
D. Saranov
G. Serikov**

Summary. the application of intestinal sutures and the formation of anastomoses of the gastrointestinal tract are the most difficult and important task in modern abdominal surgery. But despite modern successes, the problem remains as relevant as it was 100 years ago. This is due to the increasing frequency of abdominal intestinal pathology, a different contingent of patients, mainly elderly, as well as the presence of severe concomitant diseases. Quite often, an intestinal suture is the only way to save a person's life.

Keywords: intestinal suture, surgery, pathology, operation, anastomosis.

Шалин Владислав Витальевич

Клинический ординатор, ПИУВ — филиал ФГБОУ ДПО
РМАНПО Минздрава России
Vladshalin190@gmail.com

Шефер Герман Алексеевич

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Мордовский государственный
университет им. Н.П. Огарева»
shefer-german@rambler.ru

Егоров Василий Геннадьевич

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Мордовский государственный
университет им. Н.П. Огарева»
ArtStrel220@gmail.com

Теричев Александр Ефимович

К.м.н, доцент, ФГБОУ ВО «Национальный
исследовательский Мордовский государственный
университет им. Н.П. Огарева»
terichevae@rambler.ru

Саранов Денис Витальевич

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Мордовский государственный
университет им. Н.П. Огарева»
saranovdv@gmail.com

Сериков Григорий Игоревич

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
grigory.serikov@icloud.com

Аннотация: наложение кишечных швов и формирование анастомозов желудочно-кишечного тракта являются наиболее сложной и важной задачей в современной абдоминальной хирургии. Но не смотря на современные успехи, проблема остается такой же актуальной, как и 100 лет назад. Это связано с возрастающей частотой встречаемости абдоминальной кишечной патологии, различным контингентом больных, преимущественно пожилого возраста, а также наличие тяжелых сопутствующих заболеваний. Довольно часто кишечный шов является единственным способом спасти жизнь человека.

Ключевые слова: кишечный шов, хирургия, патология, операция, анастомоз.

Введение

В основе большинства операций на желудочно-кишечном тракте лежит кишечный шов. Под термином «кишечный шов» подразумевают все виды швов, накладываемых на стенку полого органа и органы, покрытые брюшиной [1,2,3].

Цель работы — изучение методов и способов наложения кишечных швов в абдоминальной хирургии

Задачи

1. Обобщение имеющихся научных и клинических данных о кишечных швах

2. Сравнение и выбор способа наложения шва на кишечную стенку по данным научной литературы

Материалы и методы

Были проанализированы научные статьи в следующих базах данных: PubMed, Cochrane Library, Google Scholar, eLibrary за период 1980–2021. Поиск осуществлялся по следующим ключевым словам: «кишечный шов», «швы», «кишечник», «абдоминальная хирургия», «intestinal suture», «sutures», «intestines», «abdominal surgery».

Требования к кишечному шву

Учитывая наличие множества способов наложения кишечных швов, для них присуща одна единственная цель — нормальное заживление раны и восстановление функционального состояния желудочно-кишечного тракта. Каждый автор выдвигает свои требования к кишечному шву, однако при анализе данных можно вывести общие требования [4,5,6]:

1. Полная адаптация анатомических структур
2. Физическая и биологическая герметичность
3. Отсутствие натяжения
4. Минимальная травматизация
5. Доступный и технически простой способ формирования
6. Механическая прочность
7. Сохранение кровоснабжения

Рассматривая процесс заживления с точки зрения физиологии, его можно разделить на три этапа: первый — период циркулярных расстройств, второй — период некроза, третий — период рубцевания [7,8,9].

Идеальное сопоставление и адаптация подразумевает за собой однородное соединение кишечных слоев. К этому должен стремиться каждый хирург, однако, это не всегда получается достигнуть во время операции, так как или иначе вызывают смещение и деформацию кишечной стенки. Поэтому с практической точки зрения необходимо стремиться к максимально близкому сопоставлению краев раны [10,11,12].

По принципу наложения кишечные швы подразделяются на инвертированные и эвертированные. Инвертированные швы накладываются через все слои кишечной стенки, реже — до подслизистого слоя с погружением в просвет кишки. Основное сопоставление происходит в серозной оболочке. При эвертированном шве соприкосновение происходит по слизистому или подслизистому слою [13,14,15].

В обоих случаях морфологически стенку кишки можно разделить на два слоя: соединительнотканый и железистый. Если одна из оболочек неправильно сопоставлена при наложении шва, то она действует как интерпонент, что препятствует адекватному заживлению [16,17,18].

Физическая и биологическая герметичность являются важной проблемой при наложении анастомозов. Под герметичностью понимают полную непроницаемость кишечной стенки в месте расположения шва. Физическая герметично подразумевает под собой непроницаемость для кишечного содержимого, в том числе газов. Биологическая герметичность необходима для отсутствия проникновения инфекционных агентов [19,20].

В настоящее время наиболее важным критерием оценки прочности кишечного шва стал уровень давления швов и начало деструктивных изменений. Общепринято, что чем выше давление в просвете кишки, тем прочнее шов. Разрабатывая новые виды, авторы заботятся только об механической составляющей, однако стоит учитывать и другие критерии [21,22].

Виды кишечных швов

Кишечные швы подразделяются на чистые (без прошивания слизистой оболочки) и грязные (с прошиванием слизистой оболочки), узловые и непрерывные, одно- и многорядные. Шов Ламбера — узловой однорядный серо-серозный. Ушивание производится на серозной поверхности каждой из сторон, причем игла проводится между серозной и мышечной оболочками. На практике шов выполняется с прошиванием серозного и мышечно-го слоев, т.е. является серозно-мышечным [23,24].

Шов Н.И. Пирогова — однорядный серозно-мышечно-подслизистый. Вкол иглы производится со стороны серозной поверхности, а выкол — в разрез раны на границе подслизистого и слизистого слоев. На другом краю раны игла продвигается в обратном направлении: вкол иглы производится в подслизистый слой на границе со слизистой, а выкол — со стороны серозного покрова [25,26].

Шов В.П. Матешука — однорядный серозно-мышечно-подслизистый. Отличается от шва Пирогова тем, что первый вкол производят не со стороны серозной оболочки, а на границе слизистой оболочки и подслизистого слоя, а выкол — на серозной. На другом краю, наоборот, вкол производят со стороны серозной поверхности, а выкол — в разрез раны на границе подслизистого и слизистого слоев. Благодаря этому узел завязывается в просвете кишки, со стороны слизистой оболочки, а не со стороны серозного покрова как при шве Пирогова. Так как последние швы наложить и завязать внутри просвета кишки невозможно, то заканчивают его наложением швов Пирогова. В связи с этим, обычно, такой кишечный шов называют швом Пирогова-Матешука [27,28].

Шов Альберта — двухрядный: внутренний ряд накладывается непрерывным обвивным швом через все слои, а наружный — узловыми серозносерозными швами [29,30].

Шов Шмидена является сквозным непрерывным вворачивающим швом, при котором вкол иглы выполняется всегда со стороны слизистой изнутри — снаружы с выколом со стороны серозного слоя. Как однорядный шов обычно не накладывается, а дополняется для обеспечения асептичности швом Ламбера. В хирургии толстого кишечника при выполняется трехрядный кишеч-

ный шов, а дополнениями к шву Шмидена в этом случае являются наложенные друг на друга два кишечных шва Ламбера [31,32].

Непрерывный обвивной сквозной кишечный шов — шов, в результате выполнения которого получается спираль из большого числа стежков, наложенных перпендикулярно линии соединения, а нити между стежками проходят под острым углом к линии соединения [33].

Непрерывный простой серозно-мышечный кисетный шов применяют для погружения культи тонкой и 12-перстной кишки, червеобразного отростка и т.д. Шов накладывают круглой изогнутой иглой вокруг культи, захватывая серозную и мышечную оболочки, затем пинцетом культи погружают в центр, затягивают нить до соприкосновения серозных оболочек и завязывают узел. При необходимости погружения культи большого диаметра одной нитью накладывают серозно-мышечные полукисетные швы: первой нитью на одну полуокружность кишки, а другой нитью — на другую полуокружность [34].

Шов Русанова отличается от кисетного шва тем, что после наложения двух стежков на одну полуокружность кишки нить перекидывается через культи, а затем накладывается два стежка в противоположном направлении [35].

Петельный шов Ревердена-Мультановского — непрерывный сквозной обвивной шов «захлестку». Нить проводят через обе стенки кишки. Каждый последующий стежок проходит через петлю предыдущего. В результате — при натяжении нити образуется «захлестка», сдавливающая ткани. Длина стежка не должна превышать 0,6–0,8 см [36].

Шов Ревердена-Мультановского. В современной клинической практике применяется аппаратный (механический шов), выполняемый металлическими скобами специальными аппаратами. Преимуществом таких швов является:

- Асептичность.
- Минимальная травматизация.
- Хорошая адаптация и тесное соприкосновение сшиваемых органов
- Отсутствие сужения просвета сшиваемых органов.
- Быстрота и простота выполнения.

Отдельно следует рассмотреть эвертированный шов Власова А.П. Он является однорядным эвертированным, с широкой адаптацией подслизистой основы. Перед наложением соустья по периметру анастомозируемых отделов скальпелем на глубину 4–5 мм удаляется слизистая оболочка с сохранением подслизистого слоя [37].

Заключение

С учетом выявленных и изученных ранее закономерностей сформулирована основная теоретическая концепция кишечного шва. Она включает следующие положения:

1. Заживление ушитой кишечной раны идет в условиях обильной бактериальной загрязненности, что вызывает инфицирование тканей и развитие в них воспалительно-некротических изменений. В связи с этим первичное заживление такой раны невозможно.
2. Развивающийся в зоне кишечного шва воспалительно-некротический процесс является причиной повышения концентрации энтеробактерий в просвете кишки и проникновения кишечной микрофлоры в брюшную полость, причиной ее инфицирования и развития несостоятельности шва, перитонита, спаек, нагноения раны брюшной стенки, пневмонии и др.
3. Кишечный шов проницаем для микрофлоры кишечника при безупречной механической прочности и физической герметичности, т.е. он биологически негерметичен.
4. Проникновение микрофлоры из просвета кишки начинается через 6–9 часов после наложения шва, достигает максимума на 2-е и 3-е сутки и прекращается на 5–7-е сутки.
5. Воспалительно-некротические изменения в зоне кишечного шва в значительной степени снижают механическую прочность наложенного шва вплоть до его несостоятельности на 3–7-е сутки.
6. В ответ на проникновение микрофлоры на брюшину развивается ее воспаление с отложением фибрина, вызывающего приклеивание рядом лежащих органов и тканей. Это ограничивает распространение процесса по брюшине и является основой формирования спаек в послеоперационном периоде. Этот процесс является биологической защитной реакцией на развивающееся инфицирование брюшины через наложенный шов и, вместе с тем, причиной спаечной непроходимости в отдаленном периоде.
7. Качество кишечного шва зависит от щадящей хирургической техники и следующих моментов:
 - лучшие результаты дает применение в качестве шовного материала тантала и нихромовой нити, как наиболее инертных в биологическом плане, худшие — шелка; промежуточное положение занимает викрил и другие рассасывающиеся материалы;
 - адекватная адаптация слизистой оболочки в зоне кишечного шва снижает инфицирование через сшитые ткани и уменьшает выраженность воспалительно-некротических изменений на краях ушитой кишки;

- лучшие результаты наблюдаются при швах, лигатуры которых не захватывают слизистую оболочку, не проникают в просвет соустья и раневую щель;
- наложение швов, которые не сдавливают сосудов стенки кишки, обеспечивает минимальное нарушение кровообращения в зоне шва, что создает оптимальные условия для регенерации и снижает степень инфицирования брюшины через сшитые ткани;
- сопоставление одноименных слоев кишки при наложении кишечного шва обеспечивает оптимальные условия заживления кишечной раны, снижает инфицирование брюшины через сшитые ткани и предупреждает развитие грубых морфологических изменений в зоне шва, что положительно сказывается на результатах операций.

8. Использование рационального кишечного шва — один из основных факторов профилактики послеоперационных осложнений, благоприятного исхода операций на желудке и кишечнике и хорошего отдаленного результата.
9. Профилактика осложнений при наложении кишечного шва должна включать рациональную хирургическую технику, основанную на использовании теоретических основ кишечного шва, подавление активности микрофлоры в просвете ушитой кишки антибактериальными препаратами в течение 3–5 дней, своевременное выявление и лечение развивающихся осложнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоконов В.И. Определение показаний к наложению анастомозов и выведению кишечных стом у больных с перитонитом и острой кишечной непроходимостью / В.И. Белоконов, А.И. Федорин // Вестник Авиценны. — 2012. — № 3 (52). — С. 30–33.
2. Стяжкина С.Н., Овечкина И.А., Шакирова Л.Ч., Хабибуллина Г.Ф. Перитонит в современной абдоминальной хирургии // Международный научный обзор. 2017. С. 98–102.
3. Горский В.А. Проблема состоятельности кишечного шва/ В.А. Горский, М.А. Агапов, А.Е. Климов (и др.)// Практическая медицина. — Хирургия, 2015. — № 5 (81). — С. 35–40.
4. Белоконов В.И., Ковалева З.В., Пушкин С.Ю. Передняя протезирующая герниопластика комбинированным способом при больших и гигантских вентральных грыжах // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. — 2018. — № 5. — С. 45–50.
5. Давыдкин В.И., Карлушкина П.И., Пигачев А.В. Обтурационная тонкокишечная непроходимость как редкое осложнение желчнокаменной болезни. Вестник хирургии имени И.И. Грекова. 2019;178(6):59–62.
6. Hoekstra E., van den Berg M.W., Veenendaal R.A., Stuyt R. The natural progression of a fistulizing gallstone resulting in massive gastrointestinal hemorrhage and Bouveret syndrome, a rare case. Clin J Gastroen-terol. 2020;13(3):393–6.
7. Podoluzhnyi V.I. Complications of gallstone disease. Fundamental and Clinical Medicine. 2017;2(1):102–14 (In Russ.).
8. Подолужный В.И. Осложнения желчнокаменной болезни. Фундаментальная и клиническая медицина. 2017;2(1):102–14.
9. Кузнецов А.Г., Колодей В.Н., Страпко В.П. Желчнокаменная кишечная непроходимость: закономерности и особенности клиники и лечения. Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2017;15(5):589–96.
10. Алиджанов Ф.Б., Тилемисов С.О., Курбонов А.Б., Тилемисов Р.О. Хирургическое лечение больных с синдромом Бувере. Вестник экстренной медицины. 2018;11(3):60–3.
11. Tzivanakis A, Moran B. Perforated colorectal cancer. Clinics in Colon and Rectal Surgery. 2020; 33(5): 247–252. doi: 10.1055/s-0040-1713741.
12. Абдулаев М.А., Топузов Э.Э., Топузов Р.Э. и др. Хирургическая тактика при раке ободочной кишки, осложненной диастатическим разрывом кишки // Вестник СПбГУ. — 2014.
13. Калинин Е.В. Хирургическое лечение больных с осложненным колоректальным раком // Онкология. Журнал им. П.А. Герцена. — 2016. — Т. 5. — №4. — С.30–34.
14. Duarah R, Singh YP, Gupta P, Mandal BB, Karak N. Smart self-tightening surgical suture from a tough bio-based hyperbranched polyurethane/reduced carbon dot nanopocomposite. Biomed. Mater. 2018;13:045004.
15. Dennis C, et al. Suture materials—current and emerging trends. J. Biomed. Mater. Res. A. 2016;104:1544–1559.
16. Abhari RE, Martins JA, Morris HL, Mouthuy PA, Carr A. Synthetic sutures: clinical evaluation and future developments. J. Biomater. Appl. 2017;32:410–421.
17. Wang ZX, Jiang CP, Cao Y, Ding YT. Systematic review and meta-analysis of triclosan-coated sutures for the prevention of surgical-site infection. Br. J. Surg. 2013;100:465–473. doi: 10.1002/bjs.9062.
18. Conway NE, Swanstrom LL. Endoluminal flexible endoscopic suturing for minimally invasive therapies. Gastrointest. Endosc. 2015;81:262–269.
19. Ge PS, Thompson CC. The use of the Overstitch to close perforations and fistulas. Gastrointest. Endosc. Clin. N. Am. 2020;30:147–161.
20. Gys B, et al. Endoscopic gastric plication for morbid obesity: a systematic review and meta-analysis of published data over time. Obes. Surg. 2019;29:3021–3029.
21. Feagins LA, et al. Efficacy of prophylactic hemoclips in prevention of delayed post-polypectomy bleeding in patients with large colonic polyps. Gastroenterology. 2019;157:967–976
22. Greenberg JA, Goldman RH. Barbed suture: a review of the technology and clinical uses in obstetrics and gynecology. Rev. Obstet. Gynecol. 2013;6:107–115.
23. Chen XH, et al. Facile scalable one-step wet-spinning of surgical sutures with shape memory function and antibacterial activity for wound healing. Chin. Chem. Lett. 2020;31:1499–1503

24. Protopapas A, et al. Laparoscopic cervical cerclage: do not catch the wrong needle, or what to do next if it happens! *J. Minim. Invasive Gynecol.* 2021;28:943–944.
25. Miriyev A, Stack K, Lipson H. Soft material for soft actuators. *Nat. Commun.* 2017;8:596
26. Gao Y, et al. Hydrogel-mesh composite for wound closure. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2021;118
27. Yasui Y, Shironomae T, Kuwahara T. Target and Whirl Signs: Volvulus of Intussuscepted Colon in an Infant. *Clin Gastroenterol Hepatol.* 2020 May;18(5):A34.
28. Atamanalp SS, Atamanalp RS. The role of sigmoidoscopy in the diagnosis and treatment of sigmoid volvulus. *Pak J Med Sci.* 2016 Jan-Feb;32(1):244-8
29. Albéniz E., Álvarez M.A., Espinós J.C., et al. Clip closure after resection of large colorectal lesions with substantial risk of bleeding. *Gastroenterology.* 2019;157:1213–1221.e4
30. Hernandez A., Marya N.B., Sawas T., et al. Gastrointestinal defect closure using a novel through-the-scope helix tack and suture device compared to endoscopic clips in a survival porcine model *Endosc Int Open.*
31. Hernandez-Lara A., García García de Paredes A., Rajan E., et al. Step-by-step instruction: using an endoscopic tack and suture device for gastrointestinal defect closure. *VideoGIE.* 2021;6:243–245
32. Liu Z., He L., Jiao Y., Xu Z., Suo J. An extremely rare case of lesser omental hernia in an elderly female patient following total colectomy. *BMC Surg.* 2020 Jan 16;20(1):14.
33. Rathnakar S.K., Muniyappa S., Vishnu V.H., Kagali N. Congenital defect in lesser omentum leading to internal hernia in adult: a rare case report. *J. Clin. Diagn. Res.* 2016 Aug;10(8):PD08–PD09.
34. Agha R.A., Franchi T., Sohrabi C., Mathew G., Kerwan A., SCARE Group The SCARE 2020 guideline: updating consensus Surgical CAse REport (SCARE) guidelines. *Int. J. Surg.* 2020 Dec;84:226–230.
35. Duinhouwer L.E., Deerenberg E., Rociu E., Kortekaas R.T. Herniation of the colon through the foramen of Winslow — a case report. *Int. J. Surg. Case Rep.* 2016;24:14–17.
36. Panda S.K., Panda A. Strangulated internal hernia through lesser sac — an unusual case of small bowel obstruction. *Austin J. Surg.* 2015;2(6):1072.
37. Lanzetta M.M., Masserelli A., Addeo G., Cozzi D., Maggialelli N., Danti G., Bartolini L., Pradella S., Giovagnoni A., Miele V. Internal hernias: a difficult diagnostic challenge. Review of CT signs and clinical findings. *Acta Biomed.* 2019 Apr 24;90(5-S):20–37.

© Шалин Владислав Витальевич (Vladshalin190@gmail.com); Шефер Герман Алексеевич (shefer-german@rambler.ru);

Егоров Василий Геннадьевич (ArtStrel220@gmail.com); Теричев Александр Ефимович (terichevae@rambler.ru);

Саранов Денис Витальевич (saranovdv@gmail.com); Сериков Григорий Игоревич (grigory.serikov@icloud.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ ЯЗВЕННО-НЕКРОТИЧЕСКОГО СТОМАТИТА, ОСЛОЖНЕННОГО ФЛЕГМОНОЙ ДНА ПОЛОСТИ РТА

CLINICAL CASE OF THE ULCERATIVE- NECROTIZING STOMATITIS COMPLICATED WITH MOUTH FLOOR PHLEGMON

A. Shchenin
A. Gromov
M. Lunev
K. Yazikova

Summary: Ulcerative-necrotic stomatitis is a disease that most often found in secondary immunodeficiency conditions, such as persons with a human immunodeficiency virus and reduced nutrition. The clinical case of ulcerative necrotic stomatitis complicated by adenophlegmon of the mouth floor described below demonstrates one of the stomatogenic infection complications not previously described in the periodic medical literature. A diffuse inflammatory process developed in the patient P. 78 years old with the background hypertension, chronic heart failure and iron deficiency anemia required inpatient treatment and the extra-oral surgical approach to eliminate the maxillofacial region infectious focus. Thus, elderly patients with ulcerative-necrotic stomatitis and concomitant diseases should be well-observed by general dentists due to possibility of the maxillofacial region infection spreading that requires urgent hospitalization and surgical treatment.

Keywords: phlegmon, maxillofacial region, ulcerative-necrotizing stomatitis, surgical infection, iron deficiency anemia.

Щенин Андрей Валентинович

Ассистент, Курский государственный
медицинский университет
schenin-92@mail.ru

Громов Александр Леонидович

д.м.н., Курский государственный
медицинский университет
gromov.alexandr2011@yandex.ru

Лунев Михаил Анатольевич

к.м.н., доцент, Курский государственный
медицинский университет
misha-dok@yandex.ru

Язикова Кристина Сергеевна

Ассистент, Курский государственный
медицинский университет
gromov.alexandr2011@yandex.ru

Аннотация. Язвенно-некротический стоматит является заболеванием, которое наиболее часто встречается при вторичных иммунодефицитных состояниях, таких как носительство вируса иммунодефицита человека и сниженное питание. Рассматриваемый ниже клинический случай язвенно-некротического стоматита, осложненного аденофлегмоной дна полости рта, демонстрирует одно из осложнений стоматогенной инфекции не описанное ранее в периодической медицинской литературе. Разлитой воспалительный процесс развился у больной П. 78 лет на фоне гипертонической болезни, хронической сердечной недостаточности и железодефицитной анемии, что потребовало стационарного лечения и создания внеротового доступа для элиминации инфекционного очага челюстно-лицевой области. Таким образом, больным преклонного возраста с язвенно-некротическим стоматитом и сопутствующими заболеваниями должно уделяться повышенное внимание со стороны стоматологов общей практики из-за возможности развития флегмон челюстно-лицевой области, требующих безотлагательной госпитализации и хирургического пособия.

Ключевые слова: флегмона, челюстно-лицевая область, язвенно-некротический стоматит, хирургическая инфекция, железодефицитная анемия.

При флегмонах челюстно-лицевой области (ФЧЛО) наиболее часто выявляются одонтогенные источники инфекции, доля которых достигает 60–80 % [1, 2]. Реже ФЧЛО развиваются как осложнение тозиллогенной инфекции, травматического остеомиелита костей лицевого скелета, бактериального сиалоаденита, неспецифического лимфаденита, фурункулов и карбункулов [3]. Очаг инфекции, локализованный в пределах слизистой оболочки полости рта, способен в дальнейшем приводить к развитию аденофлегмон ЧЛО [4]. Согласно актуальным литературным данным, язвенно-некротический стоматит встречается наиболее часто у индивидуумов с ослабленной иммунной системой,

в первую очередь у больных со скрытым носительством вируса иммунодефицита человека (ВИЧ) и ВИЧ в стадии синдрома приобретенного иммунодефицита, а также у больных со сниженным питанием. Диагноз заболевания ставится клинически, на основании результатов опроса пациента и объективного исследования. Среди наиболее частых осложнений язвенно-некротического стоматита выделяют распространенный некроз мягких тканей челюстно-лицевой области и секвестрацию зубных альвеол [5, 6].

Описания случаев флегмон дна полости рта, осложнявших течение язвенно-некротического стоматита,

в периодической отечественной и иностранной литературе нами найдено не было. Таким образом, анализ представленной ниже истории болезни представляет интерес, как для ученых, так и для практикующих челюстно-лицевых хирургов и стоматологов общей практики с точки зрения осведомленности о возможности развития данного типа осложнений при наличии у больного стоматогенного очага инфекции.

Ниже представлен клинический случай, при котором течение язвенно-некротического стоматита осложнилось аденофлегмоной дна полости рта. Пациентка П., 78 лет, пенсионер, была доставлена в приемное отделение Курской областной многопрофильной клинической больницы (КОМКБ) бригадой скорой медицинской помощи с жалобами на боли при глотании и отек под нижней челюстью и предварительным диагнозом: Аденофлегмона дна полости рта.

Со слов пациентки, на момент госпитализации считает себя больной около недели, когда без видимой причины появились эрозии на слизистой полости рта под языком. Четыре дня назад появился отек под нижней челюстью слева, боли при глотании, нараставшие в дальнейшем, что и побудило больную обратиться за медицинской помощью. С момента появления симптомов заболевания пациентка самостоятельно лекарственных средств не принимала, за медицинской помощью по месту жительства не обращалась.

В приемном покое КОМКБ больная была обследована мультидисциплинарной бригадой специалистов, состоявшей из челюстно-лицевого хирурга, риноотоларинголога. В анамнезе жизни у пациентки артериальная гипертензия и дисциркуляторная энцефалопатия (ДЭП). Аллергоанамнез не отягощен. Общее состояние больной было оценено как средней степени тяжести. Кожные покровы бледно-розовые. Артериальное давление 120/70 мм. рт. ст., пульс на лучевых артериях — 82 удара в 1 минуту, удовлетворительного наполнения. Одышки и удушья нет. Сознание ясное, физиологические отправления не нарушены. Индекс массы тела был равен 23,4, что указывало на нормальную массу тела и отсутствие истощения.

Местный осмотр челюстно-лицевой области выявил изменение конфигурации обеих поднижнечелюстных и подподбородочной области за счет значительной припухлости мягких тканей. Кожные покровы над отеком были умеренно гиперемированы, при пальпации отек был резко болезненный, напряженный. Флюктуация не определялась. Открывание рта затруднено не было, выдыхаемый воздух имел гнилостный запах. В полости рта определялись участки некроза, покрытые фибринозными налетами, значительный отек слизистой оболочки

в обеих подъязычных областях. При попытке снятия некротических налетов из нижележащих тканей выделялся жидкий зловонный гной зеленовато-желтого цвета в умеренном количестве. Уровень гигиены полости рта был неудовлетворительным, осмотр зубных рядов выявил наличие частичной вторичной адентии, данных за наличие очага острой одонтогенной инфекции при этом обнаружено не было.

Лабораторные исследования выявили лейкоцитоз до $30,7 \cdot 10^9/\text{л}$, снижение уровня эритроцитов до $3,59 \cdot 10^{12}/\text{л}$ и гемоглобина до 91 г/л, в связи с чем была назначена консультация гематолога. В остальном лабораторные исследования были без изменений. Иммуноферментный анализ не выявил наличие у больной ВИЧ, вирусного гепатита В или С и сифилиса.

Таким образом, был установлен клинический диагноз: Язвенно-некротический стоматит, осложненный аденофлегмоной дна полости рта. Фоновые заболевания: Гипертоническая болезнь II степени, 2 стадии, риск 4. Гипертрофия миокарда левого желудочка. Хроническая сердечная недостаточность I, функциональный класс II. ДЭП. Хроническая железодефицитная анемия легкой степени тяжести. Данных за наличие сепсиса по результатам клинико-лабораторного исследования получено не было.

Далее, в условиях операционной, под местной анестезией раствором Новокаина 0,5% с Адреналином в разведении 1:200000 — 70,0 мл было произведено вскрытие и дренирование флегмоны дна полости рта внеротовым разрезом (Рисунок 1). В послеоперационном периоде больная находилась на лечении в отделении челюстно-лицевой хирургии КОМКБ. Производились ежедневные запрограммированные перевязки, некрэктомия нежизнеспособных тканей, накладывались повязки с протеолитическими ферментами (Хемотрипсин). Проводилась симптоматическая, гипотензивная и парентеральная антибактериальная терапия (Цефотаксим, Метрогил).

Общее состояние пациентки во время лечения в профильном отделении улучшилось, снизился лейкоцитарный индекс интоксикации, послеоперационная рана очистилась от некрозов и раневого отделяемого к 8 суткам, что позволило наложить вторичные швы и выписать пациентку на амбулаторное лечение к хирургу-стоматологу на десятые сутки пребывания в стационаре. Динамика изменения лейкоцитарного индекса интоксикации (ЛИИ) по Каль-Калифу в процессе лечения, представленная на Рисунке 2, свидетельствует о нормализации уровня системного ответа организма на воспалительный процесс к моменту выписки больной из КОМКБ.



Рис. 1. Вид послеоперационной раны после вскрытия и дренирования аденофлегмоны дна полости рта у больной П

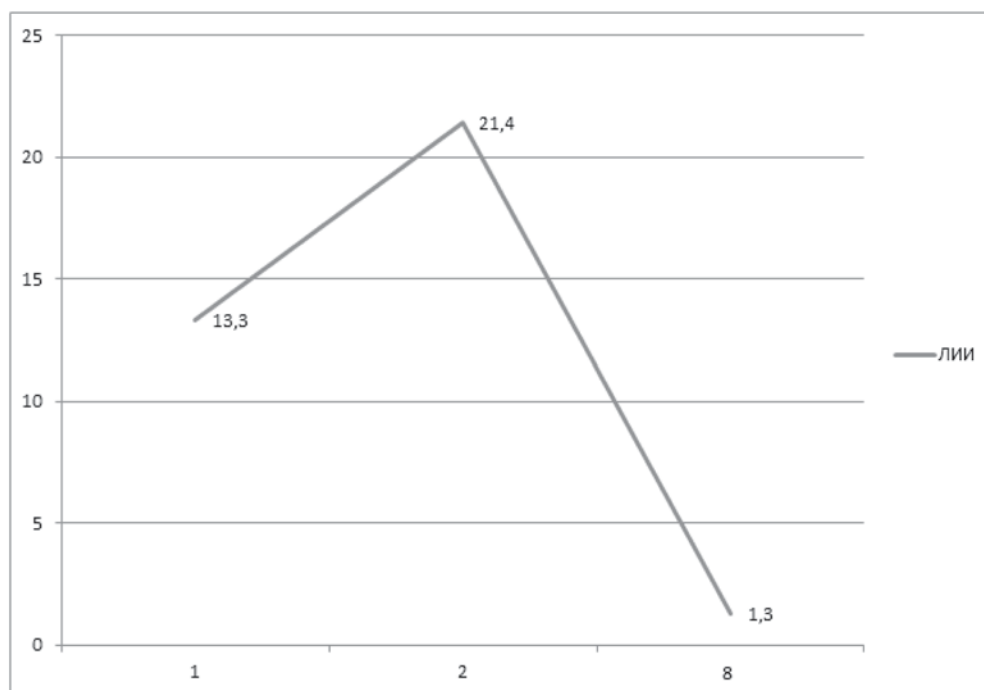


Рис. 2. График изменения ЛИИ в процессе лечения больной П. На линии абсцисс отмечены сутки лечения, на линии ординат — величина индекса ЛИИ (абсолютные величины).

$$\text{ЛИИ} = \frac{(4 \cdot \text{Ми} + 3 \cdot \text{Ю} + 2 \cdot \text{П} + \text{С}) \cdot (\text{Пл} + 1)}{((\text{Мон} + \text{Л}) \cdot (\text{Э} + 1))},$$

где. — Ми — миелоциты, Ю — юные нейтрофилы, П — палочкоядерные нейтрофилы, С — сегментоядерные нейтрофилы, Мон — моноциты, Л — лимфоциты, Э — эозинофилы, Пл — плазматические клетки. Перечисленные переменные должны быть представлены в виде %, как в лейкоцитарной формуле

Выводы

Язвенно-некротический стоматит является заболеванием, развивающимся, как правило, у пациентов с иммунодефицитными состояниями и недостаточным питанием. Описанный выше клинический случай демонстрирует развитие данного заболевания на фоне гипертонической болезни, хронической сердечной недостаточности и железодефицитной анемии у больной преклонного возраста, которое при этом осложнилось распространением инфекции с развитием флегмоны дна полости рта. ФЧЛО являются потенциально опас-

ным для жизни заболеванием в связи с риском распространения воспалительного процесса на глубокие клетчаточные пространства шеи и развития медиастинита в дальнейшем. Поэтому больным преклонного возраста с язвенно-некротическим стоматитом и сопутствующими заболеваниями, такими как железодефицитная анемия, должно уделяться повышенное внимание со стороны стоматологов общей практики из-за возможности развития разлитого гнойно-воспалительного процесса челюстно-лицевой области, требующего раннего и агрессивного лечения челюстно-лицевым хирургом в стационаре.

ЛИТЕРАТУРА

1. Одонтогенные гнойно-воспалительные заболевания челюстно-лицевой области: современный взгляд на лечение и реабилитацию / А.М. Сипкин, И.А. Давыдов, Д.В. Ахтямов, О.Е. Блажих // Клиническая стоматология. — 2018. — № 2(86). — С. 66–69. — DOI 10.37988/1811-153X_2018_2_66.
2. Ретроспективный анализ распространенности одонтогенных флегмон среди населения г. Нижнего Новгорода / Ю.В. Высельцева, Н.Е. Хомутинникова, Е.А. Дурново [и др.] // Смоленский медицинский альманах. — 2020. — № 3. — С. 54–57.
3. Кабанова, А.А. Возбудители одонтогенных и неодонтогенных воспалительных заболеваний челюстно-лицевой области / А.А. Кабанова, А.И. Гончарова, В.К. Окулич // . — 2020. — № 4(39). — С. 30–34. — DOI 10.32993/dentist.2020.4(39).6.
4. Антимикробная химиотерапия больных лимфаденитом и аденофлегмоной челюстно-лицевой области / Р.В. Ушаков, В.Н. Царев, А.Р. Ушаков, А.А. Лабазанов // Эндодонтия Today. — 2021. — Т. 19, № 3. — С. 200–206. — DOI 10.36377/1683-2981-2021-19-3-200-206.
5. Gasner, N.S. Necrotizing Periodontal Diseases / N.S. Gasner, R.S. Schure // StatPearls: [сайт]. — 2022. — URL: <https://ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557417> (дата обращения: 08.03.2023).
6. Prevalence of oral lesions and its associated risk factors among PLHIV availing anti-retroviral therapy from a selected tertiary care hospital, Puducherry — a cross sectional analytical study / P.K. Jana, S.K. Sahu, K. Sivaranjini [et al.] // Indian Journal of Community Medicine. — 2022. — Vol. 47, Iss. 2. — P. 235–239. — DOI: 10.4103/ijcm.ijcm_850_21.

© Щенин Андрей Валентинович (schenin-92@mail.ru); Громов Александр Леонидович (gromov.alexandr2011@yandex.ru);
Лунев Михаил Анатольевич (misha-dok@yandex.ru); Язикова Кристина Сергеевна (gromov.alexandr2011@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

Наши авторы

Abdulbekova T. — FSBEI HE «Dagestan State Medical University» Ministry of Health of the Russian Federation

Ageev K. — I.M. Sechenov First Moscow State Medical University

Akaeva Kh. — FSBEI HE DSMU of the Ministry of Health of Russia

Aksenova M. — Postgraduate student, FGBOU VO «GAU Northern Zauralye»; specialist of the Tyumen branch of the FGBNU «VNIRO» («Gosrybtsentr»)

Aleynikov D. — Candidate of Technical Sciences, assistant professor, East Siberian Institute

Alibekova S. — FSBEI HE «Dagestan State Medical University» Ministry of Health of the Russian Federation

Ardatovsky M. — PhD student, ITMO University

Artemov M. — PhD (Medicine), Deputy Chief Physician for Radiation Diagnostics, Senior Lecturer, A.M. Granov Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies of the Ministry of Health of the Russia (Saint-Petersburg)

Askerova Ya. — Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Astahov M. — Leading Programmer, Central Research Institute of RTK, St. Petersburg,

Babaeva M. — Kursk State Medical University

Baranov N. — PhD student, ITMO University

Batyrkhanova A. — FSBEI HE DSMU of the Ministry of Health of Russia

Baychorov E. — MD, Professor, Honored Doctor of the Russian Federation, Stavropol State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Bebyakova N. — Doctor of Biological Sciences, Professor, Northern State Medical University (Arkhangelsk)

Berger E. — PhD in Economics, Associate Professor, RTU MIREA Russian Technological University (Moscow)

Bogomolov O. — PhD (Medicine), senior fellow; assistant professor. A.M. Granov Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies of the Ministry of Health of the Russia (Saint-Petersburg)

Our authors

Chuikova V. — Postgraduate Student, FSAEI of HE I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University)

Dalgatova A. — Ph.D., Professor of RAE, assistant, FSBEI HE «Dagestan State Medical University» Ministry of Health of the Russian Federation

Dalgatova M. — FSBEI HE DSMU of the Ministry of Health of Russia

Davydova A. — FSBEI HE DSMU of the Ministry of Health of Russia

Dolzhenkov S. — Assistant, RTU MIREA

Egorov V. — National Research, N.P. Ogarev Mordovian State University

Emomov D. — Resident Doctor, Novosibirsk National Research State University

Evstigneev N. — Engineer, Limited Liability Company «Genome of Geometry of Systems»

Filatov V. — docent, MIREA — Russian Technological University

Fischev S. — MD, Professor, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Galstyan S. — PhD, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Ganieva A. — FSBEI HE «Dagestan State Medical University» Ministry of Health of the Russian Federation

Gantts I. — PhD in Economics, Associate Professor, RTU MIREA Russian Technological University (Moscow)

Gorbachev A. — Doct. sci (Biol), Professor, Northeastern State University

Gromov A. — Kursk State Medical University

Gusenov S. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Dagestan State Medical University (Makhachkala)

Homidov P. — Resident Doctor, Novosibirsk National Research State University

Idrisova M. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Dagestan State Medical University (Makhachkala)

Ilyasov K. — Postgraduate student, Dagestan State Medical University (Makhachkala)

Irkutova A. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Altai State University (Barnaul)

Ivancova N. — «North Caucasus Federal University» Stavropol

Kalinin I. — Engineer, Research Institute (Military System Research of the Ministry of Defense of the Russian Federation) Military Academy of the A.V. Khrulev MTO

Kazeev D. — Postgraduate student, Stavropol State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Kharazyan H. — lead developer, Higher School of Economics

Kirichuk A. — Doct. sci (Biol), Russian Peoples Friendship University

Klimov I. — Moscow State technical university. N.E. Bauman

Kneev A. — PhD (Medicine), oncological urology unit attending physician, assistant. A.M. Granov Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies of the Ministry of Health of the Russia (Saint-Petersburg)

Kondratyuk A. — PhD, Assistant, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Korolev E. — Kursk State Medical University

Korolev V. — Doct. Sci. (Biology), Professor, Kursk State Medical University

Kotova M. — Assistant, Kursk State Medical University of the Ministry of Health of Russia

Kovalyova I. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, «North Caucasus Federal University», Stavropol

Krasnikov S. — Doctor of Technical Sciences, Professor, «MIREA – Russian Technological University»

Latin Yu. — General Director of Bell Integrator (Bell Integrator Company); Al-Farabi Kazakh National University, (Faculty of Physics), Kazakhstan, Almaty

Levitsky S. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Northern State Medical University (Arkhangelsk)

Lukyanchikov A. — Leading Software Engineer of JSC «NPO Angstrom»; Applicant of RTU MIREA

Lukyanchikov O. — Ph.D., Associate Professor, RTU MIREA

Lunev M. — associate professor, Kursk State Medical University

Magomedov A. — Doctor of Biological Sciences, Professor, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Makeeva O. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, «MIREA — Russian Technological University»

Malkova A. — Postgraduate student, junior researcher, Altai State University (Barnaul)

Mamedova L. — FSBEI HE «Dagestan State Medical University» Ministry of Health of the Russian Federation

Mamedzhafarova A. — FSBEI HE «Dagestan State Medical University» Ministry of Health of the Russian Federation

Medvedeva O. — Doct. Sci. (Biology), Professor, Kursk State Medical University

Melnikov A. — docent, MIREA — Russian Technological University

Mirzabekov M. — Postgraduate, A.M. Granov Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies of the Ministry of Health of the Russia (Saint-Petersburg)

Morozova T. — M.D. Med. Smolensk State Medical University

Musinova E. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Nikolaeva S. — Doctor of Technical Sciences, Professor, «MIREA — Russian Technological University»; Professor, National Research University «Moscow Power Engineering Institute»

Nikonova Yu. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Northern State Medical University (Arkhangelsk) of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation

Ogurtsova K. — Leading Engineer, «Pulsar Research and Production Enterprise», Moscow; Limited Liability Company «Genome of Geometry of Systems Design», St. Petersburg; Limited Liability Company «Yadro», Moscow

Orlov S. — Dr., Professor, Samara State Technical University

Orlova I. — PhD, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Pavlova S. — PhD, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Petrova K. — Researcher, Research Institute (Military System Research of the MTO of the Armed Forces of the Russian Federation) Military Academy of the A.V. Khrulev MTO PhD, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Pirismailov A. — FSBEI HE DSMU of the Ministry of Health of Russia

Pokhilyuk N. — bacteriologist doctor, State budgetary healthcare institution «Magadan Regional Hospital»

Ponomarev N. — St. Petersburg State University of Telecommunications named after Professor M.A. Bonch-Bruевич Russia

Popov V. — PhD, Associate Professor, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation.

Purtov D. — MIREA — Russian Technological University

Purtov V. — art director, LLC «Elora»

Puzdyreva M. — PhD, Assistant, «St. Petersburg State Pediatric Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation

Rasulov I. — Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Dagestan State Medical University (Makhachkala)

Remikhanov I. — Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Riadnova V. — Assistant, Kursk State Medical University

Rozhkova M. — Assistant, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Rusakov A. — senior lecturer, MIREA — Russian Technological University

Ryzhkova E. — Assistant, Siberian State University of Geosystems and Technologies

Sadovnikov G. — Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnologies (Barnaul)

Samokhina V. — Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov in Neryungri

Saranov D. — National Research, N.P. Ogarev Mordovian State University

Semenova E. — Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov

Serikov G. — Penza State University

Sevastyanov A. — MD, Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Shabalina I. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Northern State Medical University (Arkhangelsk)

Shaefer G. — National Research, N.P. Ogarev Mordovian State University

Shalin V. — Clinical Resident, PIUV – branch of the FGBOU DPO RMANPO of the Ministry of Health of Russia

Shalobanov S.S. — PhD in Engineering Science, associate professor, Pacific National University, Khabarovsk

Shalobanov S.V. — Doctor of Technology, professor, Pacific National University, Khabarovsk

Shchenin A. — associated lecturer, Kursk State Medical University

Shipilov K. — Resident physician; Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov»

Shkolnik M. — MD, Surgery chief research fellow; professor. A.M. Granov Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies of the Ministry of Health of the Russia (Saint-Petersburg)

Shmitko K. — MIREA — Russian Technological University

Shtorina A. — PhD, Associate Professor, St. Petersburg State Pediatric Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Sidorov S. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Novosibirsk National Research State University; Head of the Department of breast Tumors of GBUZ NSO GKB No. 1

Tagirov R. — Dagestan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation

Talikova E. — Associate Professor, Private educational institution of higher education «St. Petersburg Medical and Social Institute» (CHOU VO SPbMSI)

Tarov E. — St. Petersburg State University of Telecommunications named after Professor M.A. Bonch-Bruевич Russia

Telesh A. — PhD-student, Smolensk State Medical University

Terichev A. — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, National Research N.P. Ogarev Mordovian State University

Titov D. — c.t.s. associate professor, Siberian State University of Geosystems and Technologies

Trushin M. — RTU MIREA

Tsyrenova D. — Doctor of Science (Biology), Pacific National University (Khabarovsk)

Uzdenov N. — Candidate of Medical Sciences, doctor of the highest category, Stavropol State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation; Clinic of Endoscopic and Minimally Invasive Surgery, Stavropol

Vishnevskaya T. — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Moscow State technical university. N.E. Bauman

Yazikova K. — assistant, Kursk State Medical University

Zaitsev A. — Engineer, Central Research Institute of RTK, St. Petersburg

Zhibort E. — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Northern State Medical University (Arkhangelsk)

Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе «Антиплагиат».

За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Редакционная коллегия оста вляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно-практический журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением “.doc”, или “.rtf”, шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускается.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Литература составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные - 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» (e-mail: redaktor@nauteh.ru).