

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№7 2020 (ИЮЛЬ)

Учредитель журнала
Общество с ограниченной ответственностью
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Журнал издается с 2011 года.

Редакция:

Главный редактор
А.В. Царегородцев
Выпускающий редактор
Ю.Б. Миндлин

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

Издатель:

Общество с ограниченной ответственностью
«Научные технологии»

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

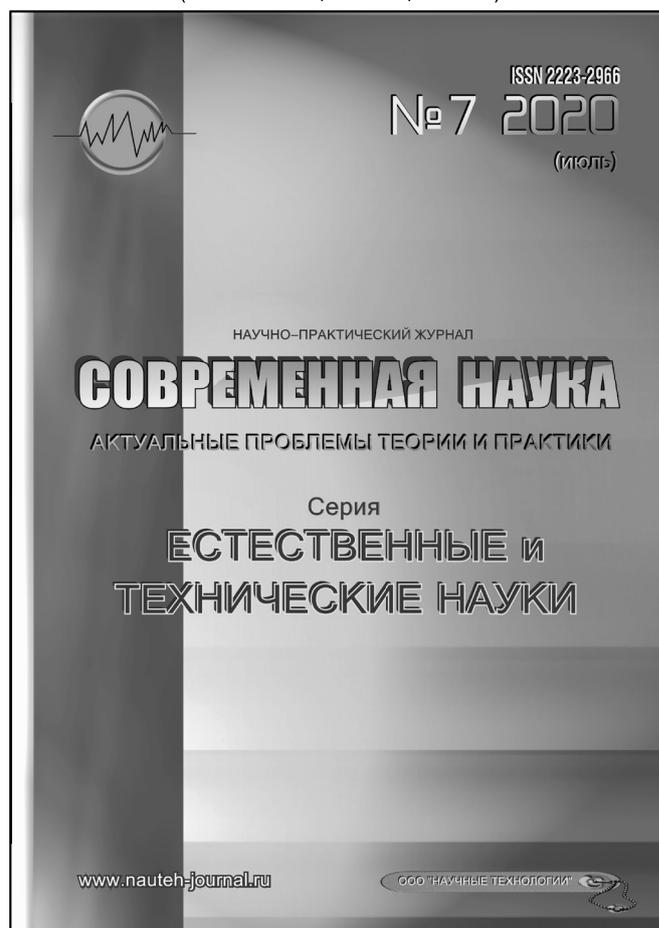
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(БАК 05.13.00, 03.02.00, 14.01.00)



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 25.07.2020 г. Формат 84x108 1/16
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



Редакционный совет

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Общая биология

Беляев С. В., Давыдков Г. А., Пронина О. И. — Влияние экологии на развитие автомобильного транспорта
Belyaev S., Davydkov G., Pronina O. — Environmental impact on the development of road transport7

Боровкова Е. А., Алиева Е. В., Ковалёв Д. А., Шапаков Н. А., Карасёва А. Б., Цапиева А. Н., Суворов А. Н., Guo Danyang, Yang Jinyu, Zhao Shuangzhi — Оценка безопасности индигенных лактобацилл кишечника, перспективных в качестве аутопробиотиков
Borovkova E., Alieva E., Kovalyov D., Shapakov N., Karaseva A., Tsapieva A., Suvorov A., Guo Danyang, Yang Jinyu, Zhao Shuangzhi — Safety assessment of perspective as autoprobiotics indigenic intestinal lactobacilli 14

Громова Т. С., Сираева И. С., Ермоленко А. С., Ларионов Н. В., Ларионов М. В., Солдатова В. В., Кулагина Е. Ю., Яицкий А. С. — Жизненность древесных растений как совокупный признак экологического состояния городских и загородных экосистем Прихоперьа
Gromova T., Siraeva I., Ermolenko A., Larionov N., Larionov M., Soldatova V., Kulagina E., Yaitsky A. — Vitality of woody plants as the aggregate basis of the ecological condition of urban and suburban ecosystems of the Khopyor river region 20

Гусейнова Л. С., Агвердиева Р. Р. — Молекулярно-генетическое исследование гена BCKDNB у населения Азербайджанской Республики
Huseynova L., Ahverdieva R. — Molecular-genetic research of BCKDNB gene in Azerbaijan population 28

Касумова С. Ю., Бабаева И. Х., Алиева Л. А., Исаева В. К. — Ферментативная активность микромицетов, выделенных из почв зоны Гарадагского цементного завода «Holcim»
Kasumova S., Babayeva I., Aliyeva L., Isayeva V. — Enzyme activity of micromycetes isolated from soils in the zone of "Holcim" Garadagh cement plant 32

Кривогуз Д. О., Малько С. В., Семенова А. Ю. — Прогнозирование распределения зоопланктона в Южном океане с помощью машинного обучения
Krivoguz D., Malko S., Semenova A. — Prediction of zooplankton distribution in Southern ocean using machine learning 37

Информатика, вычислительная техника и управление

Ву Суан Хау, Иванов В. Э. — Применение калмановского фильтра и метода интервальных оценок для обработки зашумленной выходной информации цифровой магнитной компасной системы
Vu Xuan Hau, Ivanov V. — Application of kalman filter and interval estimation method for processing noisy output information of a digital magnetic compass system 44

Горюн К. Н., Ключев С. Г. — Особенности проведения аудита и мониторинга информационной безопасности в распределенных информационных системах
Goryun K., Klyuev S. — Features of information security audit and monitoring in distributed information systems 58

Извин А. В. — Система слияния данных IMU, GPS, LIDAR, стереокамеры и магнетометра для решения задачи локализации беспилотного автомобиля
Izvin A. — System of IMU, GPS, LIDAR, stereo camera and magnetometer data fusion for self-driving car localization 62

Коновалов М. Д. — Применение среды имитационного моделирования Anylogic при организации и управлении внутренней логистикой предприятия
Kononov M. — Application of the Anylogic simulation environment in the organization and management of internal logistics of the enterprise 72

- Лагунова А. Д.** — Выбор языка программирования для параллельной реализации алгоритмов и программных средств оптимального параметрического синтеза
Lagunova A. — Choosing a programming language for parallel implementation of algorithms and software tools for optimal parametric synthesis 80
- Мясоутов Р. Х.** — Создание системы распознавания пола человека по его почерку
Myasoutov R. — Creation of a system for recognizing a person's gender by his handwriting 86
- Петров А. В., Никольский С. В., Кривцов С. П., Корягин С. А., Сулов А. Н., Ксенофонтов Д. А.** — Подходы к оценке вариантов структур подсистемы управления системы обмена документированной информацией
Petrov A., Nikolsky S., Krivcov S., Koryagin S., Suslov A., Ksenofontov D. Approaches to evaluation of variants of management subsystem structures of documented information exchange system 91
- Погодин Р. С.** — Автоматизированное извлечение знаний из медицинских текстов
Pogodin R. — Automated knowledge retrieval from medical texts 96
- Стебаков И. Н., Шутин Д. В., Романов В. В.** — Система биоуправления тренажером для восстановления подвижности кисти
Stebakov I., Shutin D., Romanov V. — Simulator bio control system for restoring brush mobility 100
- Таран В. В., Пакшина В. А.** — Опыт создания графических примитивов для оформления телевизионного контента «ТРК «Радонежье» в компьютерной среде трёхмерного моделирования Blender® с применением языка программирования Python™
Taran Vasily V., Pakshina V. — Practice of drawing primitives for «Radoneje» broadcasting company content design in 3d-modeling computer environment Blender® by using Python™ 108
- Третьяк А. В., Третьяк Е. В., Верещагина Е. А.** — Разработка когнитивно-эргономического синтаксиса для нового аппаратно-ориентированного языка программирования
Tretyak A., Tretyak E., Vereshchagina E. — Development of cognitive-ergonomic syntax for a new hardware-oriented programming language 145
- Фам Т., Кашевник А. М., Чечулин А. А.** — Оценка методов анализа лицевых характеристик для персонализации в системах мониторинга водителя
Pham T., Kashevnik M., Chechulin A. — Evaluation of facial analysis methods for personalization in driver monitoring systems 154
- Фомин Н. А., Самошина А. И., Евсютин О. О., Домуховский Н. А., Комаров Д. Е.** — Повышение уровня стратегической безопасности объектов критически важной информационной инфраструктуры
Fomin N., Samoshina A., Evsutin O., Domukhovskiy N., Komarov D. — Increasing the level of strategic security of critical information infrastructure facilities 161
- Фролова Е. А.** — Классификация производственного травматизма для целей прогнозирования
Frolova E. — Classification of individual injuries for forecasting 167
- Храмцов И. А.** — Защита мобильной сети от DDoS-атак с применением списка IP-адресов
Khramtsov I. — Protecting the mobile network from DDoS attacks using a list of IP addresses 173
- Клиническая медицина
- Бабич И. И., Пшеничный А. А., Аванесов М. С., Мельников Ю. Н.** — Диагностика и новый метод лечения вдавленных переломов черепа у детей
Babich I., Pshenichniy A., Avanesov M., Melnikov Yu. — Diagnostic assessment and new method of treatment of depressed skull fracture in children 178

- Барковец К. Н., Ефимин А. В.** — Необходимость совершенствования комплексных методов диагностики и функционального состояния пародонта опорных зубов, способов их препарирования при изготовлении несъемных конструкций мостовидных протезов (обзор)
- Barkovets K., Efimin A.* — The need to improve integrated diagnostic methods and the functional state of periodontal teeth, the methods of their preparation in the manufacture of fixed structures of bridges (review). 182
- Баяндин Н. Л., Васильев К. Н., Моисеев А. А.** — Клинический случай транскатетерной имплантации аортального клапана у пациента высокого риска с низкой фракцией выброса и тяжелой сопутствующей патологией
- Bayandin N., Vasiliev K., Moiseev A.* — Transcatheter aortic valve implantation in patient with severe co-disease, low ejection fraction and high operative risk. 187
- Галстян С. Г., Рожкова М. Г., Лепилин А. В., Севастьянов А. В., Фищев С. Б.** — Морфометрический метод исследования пациентов со скученностью зубов
- Galstyan S., Rozhkova M., Lepilin A., Sevastyanov A., Fischev S.* — Morphometric method for studying patients with crowding of teeth. 192
- Галстян С. Г., Рожкова М. Г., Лепилин А. В., Севастьянов А. В., Фищев С. Б.** — Изменение тонуса собственно жевательных мышц у пациентов со скученностью зубов в переднем отделе верхней и нижней челюстей после ортодонтического лечения
- Galstyan S., Rozhkova M., Lepilin A., Sevastyanov A., Fischev S.* — The change in tone actually masticatory muscles in patients with crowding in the anterior upper and lower jaws after orthodontic treatment. 197
- Григорян Н. А., Галустян Л. К., Саргсян Д. Г.** — Клинический случай шейной беременности. Диагностика и терапия
- Grigoryan N., Galustyan L., Sargsyan J.* — A case report of cervical ectopic pregnancy. Diagnosis and therapy 202
- Жулев Е. Н., Вокулова Ю. А.** — Методика изучения размерной точности временных искусственных коронок, изготовленных с помощью традиционных и цифровых технологий
- Zhulev E., Vokulova J.* — Methods for studying the dimensional accuracy of temporary artificial crowns made using traditional and digital technologies. 206
- Иванов М. Д., Парсаданян А. М., Каспарова А. Э.** — Метаболические факторы риска предраковых заболеваний и рака эндометрия
- Ivanov M., Parsadanyan A., Kasparova A.* — Metabolic risk factors of precancer diseases and endometrial cancer. 211
- Каспаров А. А., Газалиев И. Б.** — Совершенствование консервативных методов диагностики и лечения опухолей в челюстно-лицевой зоне: обзор литературы
- Kasparov A., Gazaliev I.* — Improvement of conservative methods of diagnosis and treatment of tumors in the maxillofacial zone: review 217
- Лисина М. А., Бородулина И. И., Чирский В. С., Васильева Л. В.** — Изменения тканей пародонта при сахарном диабете 2 типа (литературный обзор)
- Lisina M., Borodulina I., Chirsky V., Vasilieva L.* — Changes in periodontal tissues in type 2 diabetes (literary review) 223
- Магомедов М. М., Османов О. М.** — Послеоперационный гипотериоз как предиктор хирургических осложнений у лиц пожилого возраста
- Magomedov M., Osmanov O.* — Postoperative hypothyroidism as a predictor of surgical complications in the elderly 230
- Ростов А. В., Жулев Е. Н., Ростов А. А.** — Сравнительный анализ остаточной мощности лазерного излучения при облучении корневого канала удалённого (in vitro) и витального (in vivo) резцов человека
- Rostov A., Zhulev E., Rostov A. A.* — The study of the residual power of laser irradiation of the root canals of the central upper human incisors (in vivo) 234

Рухляда Н. Н., Либова Т. А., Прохорович Т. И., Воробцова И. Н. — Особенности ведения беременных женщин группы риска инфицирования и с подтвержденным covid-19	Умаханова М. М., Филиппова Г. Г., Цидаева М. М., Тагирова З. М. — Оценка гинекологического и психологического статуса пациенток после самопроизвольного аборта в I триместре
<i>Rukhlyada N., Libova T., Prohorovich T., Vorobtsova I.</i> — Features of management of pregnant women at risk of infection and with confirmed covid-19 237	<i>Umakhanova M., Filippova G., Tsidaeva M., Tagirova Z.</i> — Assessment of the gynecological and psychological status of the patients after spontaneous abortion in the first trimester 258
Рязанова Е. В., Баранова А. Ю., Макаренко А. А. — Рациональность послеоперационной антибактериальной терапии в отделении сосудистой хирургии ГБУЗ РККБ № 1 г. Владивостока	Яшнова Н. Б., Турчина Е. В., Катман М. А., Яшинов А. А., Коновалова О. Г. — Профилактика альвеолита после сложного удаления зубов с помощью губки «альвостаз»
<i>Ryazanova E., Baranova A., Makarenko A.</i> — The rationality of postoperative antibiotic therapy in the department of vascular surgery GBUZ PKKB № 1 of Vladivostok 242	<i>Yashnova N., Turchina E., Katman M., Yashnov A., Konovalova O.</i> — The prevention of alveolitis after dental extraction complicated by using a sponge "alvostaz" 264
Сутугина О. Н., Шубин Л. Б., Охалкин М. Б., Троханова О. В., Ершова Ю. В., Чижова Ю. А. — Внематочная беременность: современные лечебно-диагностические алгоритмы ведения	
<i>Sutugina O., Shubin L., Okhapkin M., Trokhanova O., Yershova Yu., Chizhova Yu.</i> — Ectopic pregnancy: modern therapeutic and diagnostic management algorithms 249	
Тотров И. Н., Амбалова С. А., Антониади И. В., Купеева А. М., Албегова З. А. — Соматотропная функция гипофиза у больных остеоартритом	
<i>Totrov I., Ambalova S., Antoniad I., Kupееva A., Albegova Z.</i> — Somatotrophic function of the pituitary gland in patients with osteoarthritis 255	
	Информация
	Наши авторы. Our Authors 267
	Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале 272

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИИ НА РАЗВИТИЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Беляев Сергей Васильевич

Доцент, Петрозаводский государственный университет
sergbel2014@mail.ru

Давыдков Геннадий Анатольевич

Доцент, Петрозаводский государственный университет

Пронина Ольга Ивановна

Доцент, Петрозаводский государственный университет

ENVIRONMENTAL IMPACT ON THE DEVELOPMENT OF ROAD TRANSPORT

**S. Belyaev
G. Davydkov
O. Pronina**

Summary. The Article is devoted to the problems of improving fuel efficiency and environmental characteristics of cars. It is noted that automobile transport plays an important role in the socio-economic provision and development of society the purpose of the study is to conduct a comprehensive analysis of the current state of transport technologies based on the accumulated experience in different countries. The author evaluates and justifies the expediency of selecting vehicles for wider use, taking into account the consumer's opinion. A comprehensive analysis of modern and promising transport technologies that have the potential to find a niche in the competition for consumers. It is noted that competition among vehicle manufacturers is increasing. The article also notes that one of the current trends is the transition to the so-called "green", low-carbon transport technology, which can be achieved by significant modernization of road transport, as well as ways to produce new types of fuels and improve energy efficiency. This requires both a systematic approach and specific technological solutions, for example, increasing the share of vehicles without the use of internal combustion engines, stimulating the development of efficient fuel and energy technologies. the article uses research methods: analysis and a systematic approach. In accordance with this, it is proposed to consider transport technologies as a system that is dynamically developing with some contradictions and risks. It is concluded that cars with heat engines with the transition to traditional environmentally friendly oil and alternative fuels retain their positions and have the potential for improvement.

Keywords: transport technologies, ecology, car, heat engine, hybrid car, electric car.

Аннотация. Статья посвящена проблемам повышения топливной эффективности и экологических характеристик автомобилей. Отмечается, что автомобильный транспорт играет важную роль в социально-экономическом обеспечении и развитии общества. Целью исследования является проведение комплексного анализа современного состояния транспортных технологий на основе накопленного опыта в разных странах. Дается оценка и обосновывается целесообразность выбора транспортных средств для более широкого применения с учетом мнения потребителя. Проведен комплексный анализ современных и перспективных транспортных технологий, имеющих потенциал найти свою нишу в конкурентной борьбе за потребителя. Отмечается, что возрастает конкуренция среди производителей транспортных средств. В статье также отмечается, что одной из актуальных тенденций в настоящее время является переход к так называемой «зеленой», низкоуглеродной транспортной технологии, что может быть достигнуто значительной модернизацией автомобильного транспорта, а также способов производства новых видов топлив и повышения эффективности использования энергии. Это требует как системного подхода, так и специфических технологических решений, например, увеличения доли транспортных средств без использования ДВС, стимулирования разработок эффективных топливно-энергетических технологий. В статье использованы методы исследования: анализ и системный подход. В соответствии с этим предлагается рассматривать транспортные технологии как систему, которая динамично развивается с некоторыми противоречиями и рисками. Делается вывод, что автомобили с тепловыми двигателями с переходом на традиционные экологически чистые нефтяные и альтернативные топлива сохраняют свои позиции и имеют потенциал для совершенствования.

Ключевые слова: транспортные технологии, экология, автомобиль, тепловой двигатель, гибридный автомобиль, электромобиль.

Автомобильный транспорт играет важную роль в социально-экономическом обеспечении и развитии общества. Наряду с этим мобильные машины, использующие ископаемое топливо неизбежно вызывают негативные последствия для окружающей среды. Мобильный наземный транспорт использует более четверти мировой энергии и отвечает за сопоставимую долю глобальных выбросов CO₂ в результате сжигания ископаемого топлива.

Одной из актуальных тенденций современного времени является переход к так называемой «зеленой», низкоуглеродной экономике, что может быть достигнуто значительной модернизацией способов производства и использования энергии. Это требует как системного подхода, так и специфических технологических решений, например, увеличения доли немоторных средств (без использования ДВС), стимулирования разработок эффективных топливно-энергетических технологий [1, 2].

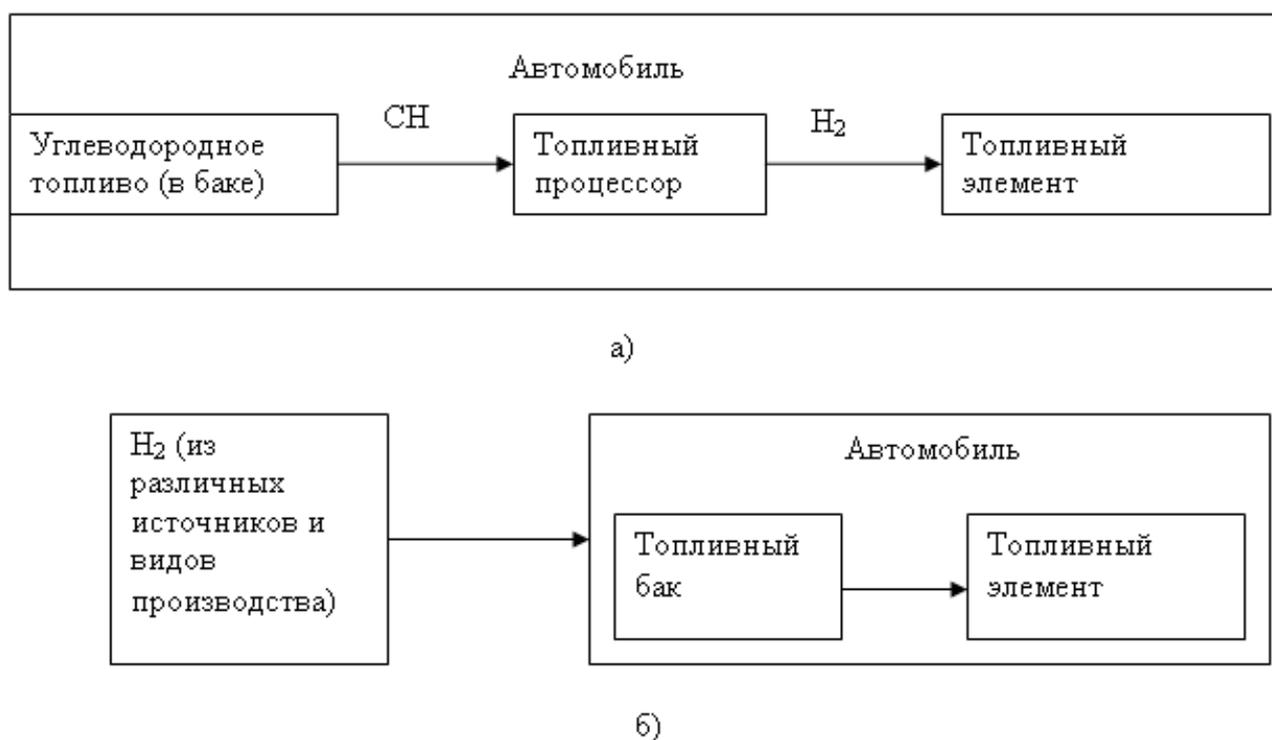


Рис. 1. Варианты питания топливных элементов: а — получение водорода на борту через топливный процессор; б — заправка топливного бака водородом на станции

Внедрение «зеленых» транспортных технологий неизбежно и сегодня, и в перспективе. Например, использование ненефтяных топлив, к которым относятся топливный этанол и биодизель. Автомобили, способные работать на спирто-бензиновых смесях называют «Flex-Fuel Vehicle» или FFV. Данные технологии уже апробированы во многих регионах (Бразилия, США, Европа и т.д.) [3, 4].

Интерес к применению растительных масел в дизельных двигателях проявился почти сто лет назад самим Рудольфом Дизелем.

Известно, что чистые растительные масла могут применяться в дизелях, но при этом их эксплуатационные свойства уступают минеральному дизельному топливу (повышение нагароотложений, проблемы при низких температурах и т.д.).

Применение растительных эфиров жирных кислот (FAME — биодизель B100–100% биодизель) снимает ряд проблем при эксплуатации дизельных двигателей. При этом отмечена эффективность использования и смесевых топлив B2 B5 B20 — соответственно 2, 5, 20% содержания биотоплива в дизельном топливе. В этих соотношениях био- и минерального топлива не требуются конструктивные изменения в топливной системе двигателя.

Большие надежды на создание почти идеального экологически чистого автомобиля были связаны с применением водородных топливных элементов. Однако ряд нерешенных технических задач (стоимость получения водорода и т.д.) не позволяют рассматривать водородные технологии готовыми для их широкой коммерциализации [5, 6].

На рисунке 1 представлены возможные варианты питания топливных элементов транспортных средств водородом.

Ожидается, что к 2050 году глобальный парк легковых транспортных средств утроится, причем большинство из них (около 90%) придется на долю развивающихся стран и стран с переходной экономикой. Поэтому прогнозирование структуры автопарка и состава транспортных средств становится одной из важных задач в среднесрочной и долгосрочной перспективе [7]. При изучении решений по снижению выбросов на автомобильном транспорте и повышению топливной экономичности, в основном внимание сосредоточено на экономически эффективных технологиях [4]. Гибридные электромобили, вместе с другими, более чистыми транспортными технологиями занимают приоритетные позиции в списке современных перспективных вариантов [8, 9].

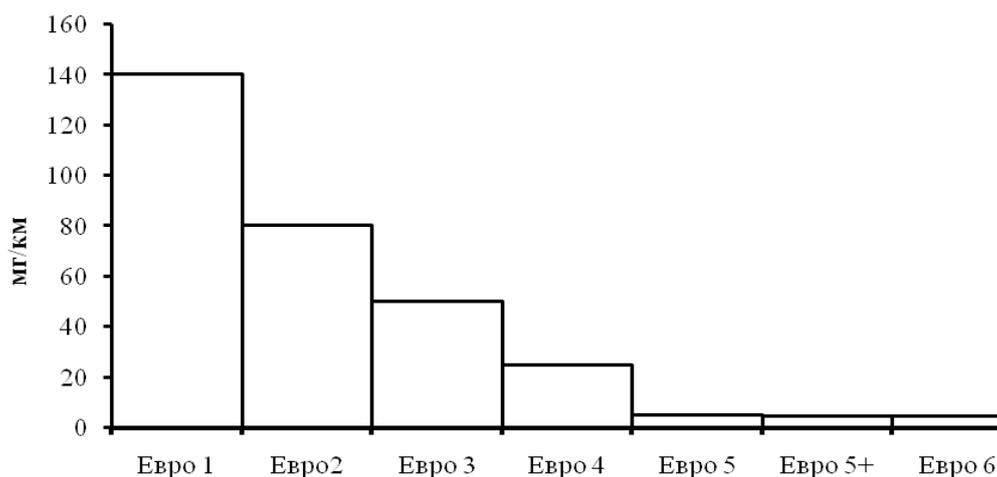


Рис. 2. Динамика уменьшения выбросов сажистых частиц для дизельных двигателей (мг /км)

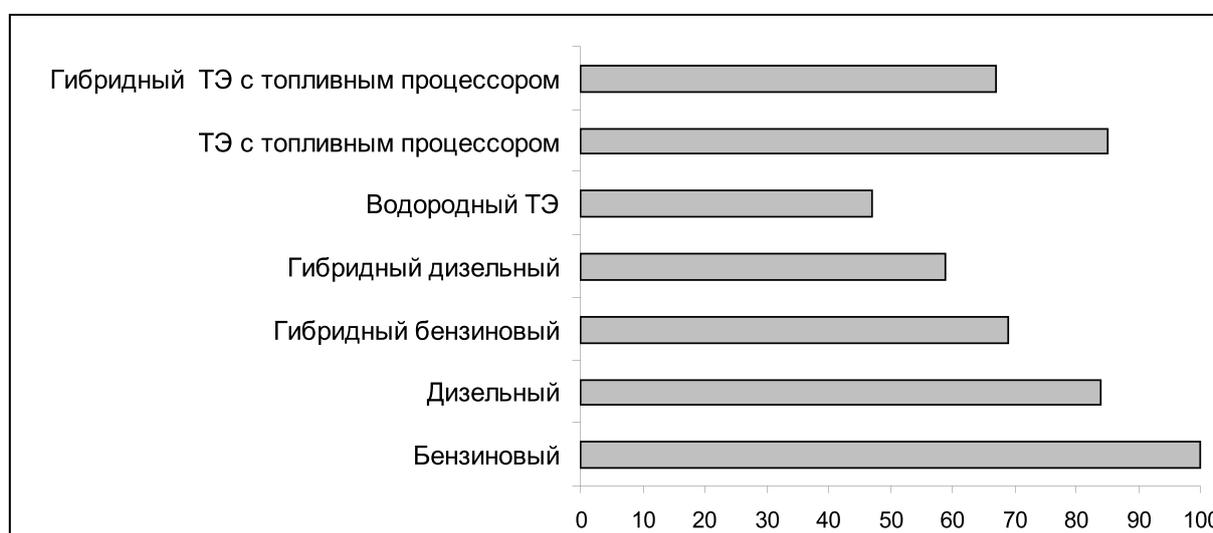


Рис. 3. Топливная экономичность при смешанном ездовом цикле

Принятые Европейским Союзом (ЕС) решения по улучшению качества воздуха с целью оздоровления окружающей среды настойчиво реализуются через нормы, регулирующие выбросы токсичных веществ двигателями автомобилей [10]. По мере реализации серии стандартов ЕС и других стран токсичность новых дизельных и бензиновых двигателей существенно снижается. Производители автомобилей были вынуждены внедрять новые технологии и развивать системы очистки вредных выбросов. Например, выбросы крайне токсичных твердых сажистых частиц уменьшились почти на 97% (рис 2).

Есть все основания полагать, что транспорт на бензиновых и дизельных двигателях имеет высокий потенциал для дальнейшего повышения экономичности и снижения токсичных выбросов [4, 11].

В последние годы во многих регионах мира, в том числе и в России в центре внимания находятся электромобили и так называемые «гибриды». И, действительно, семейство «электрифицированных мобильных транспортных средств», к которому и относятся гибриды, подключаемые гибриды и электромобили, является привлекательной альтернативой существующим на рынке автомобилям. Интересно, что одной из причин появления гибридных электрических автомобилей было вызвано неудовлетворительным спросом на электромобили, первоначально выпускаемых с пробегом до зарядки менее 100 км, что не удовлетворяло потенциальных покупателей [3, 4].

Сейчас гибридные автомобили развиваются быстро, и именно они открыли рынок электрифицированных ав-

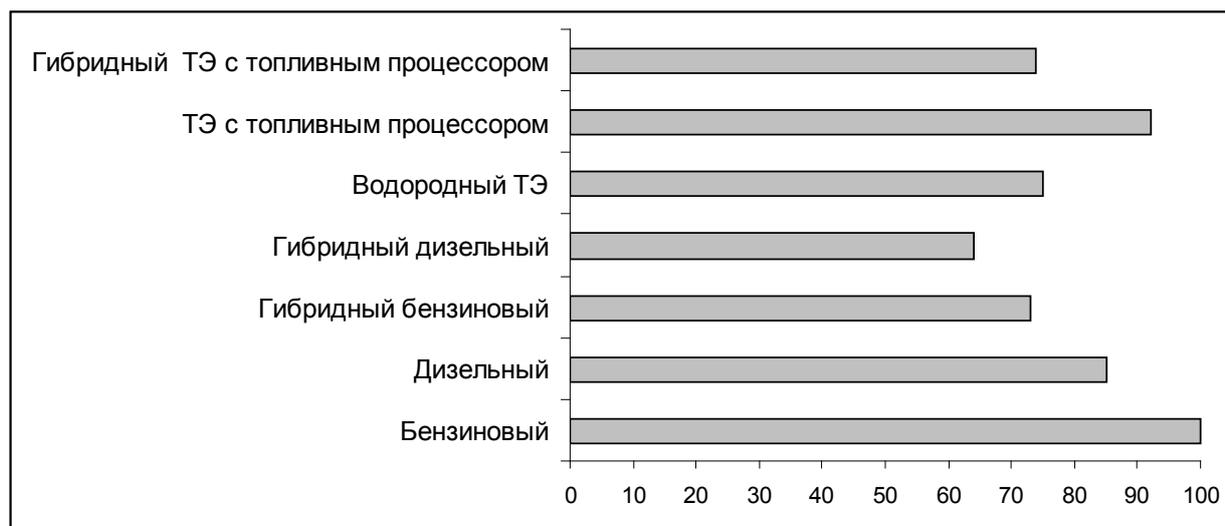


Рис. 4. Энергопотребление по жизненному циклу

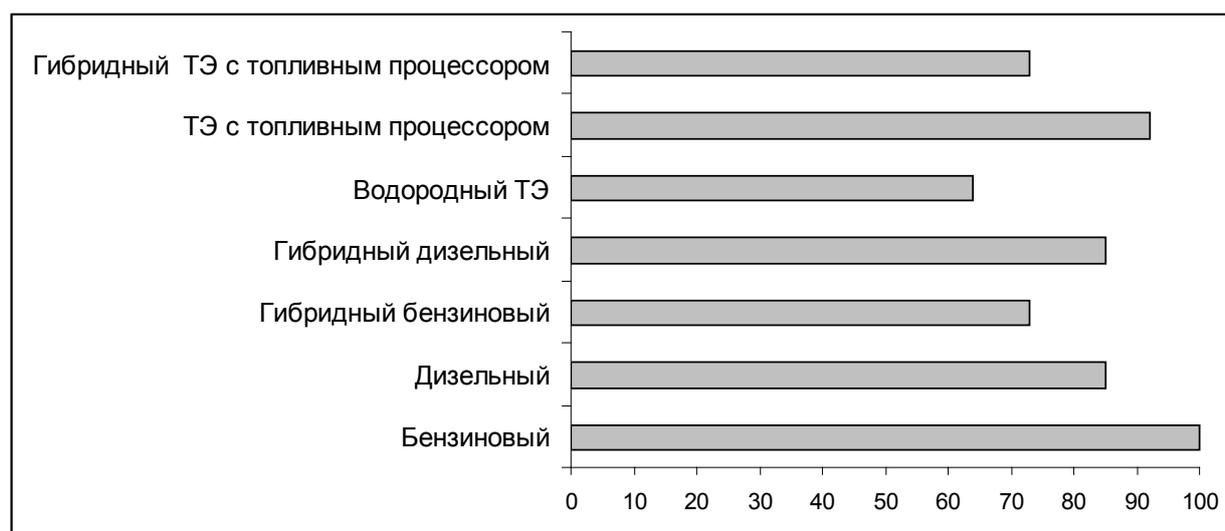


Рис. 5. Выбросы парниковых газов за жизненный цикл

томобилей, что по большей части обусловлено их гибкостью. Так, например, проведенные ранее исследования MIT(США) по данной проблеме можно считать актуальными и для современных условий с небольшими отклонениями [12].

На рисунках 3–5 представлены общие данные по энергопотреблению и выбросам парниковых газов, отнесенные к трем фазам жизненного цикла: эксплуатация автомобиля: на дороге, в производстве и доставке топлива и производство автомобиля, включая все материалы в сравнении с автомобилем с бензиновым автомобилем [12].

Как видно из приведенных данных для гибридных автомобилей с дизелем и водородным топливным элементом, результаты по жизненному циклу получаются подобными. Бензиновый гибрид и гибрид с ТЭ по эффективности уступают выше рассмотренным автомобилям, но учитывая некоторые неточности результатов, эти расхождения не столь существенны.

Для всех 4-х гибридных автомобилей энергопотребление и выбросы парниковых газов сократились на 15–20% [12]. Очевидно, что независимо от того, какой автомобиль будет превалировать на дорогах в будущем, существуют разные технические возможности повышать

Таблица 1. Сравнительный технико-экологический анализ автомобилей

Технико-экологические показатели	Гибридный электрический автомобиль HEV/PHEV	Автомобиль на аккумуляторах EV	Автомобиль на водородных топливных элементах FCV	Автомобиль спирт + бензин FFV	Автомобиль биодизель FAME
Уменьшение эмиссии токсичных веществ	Сокращение выброса практически всех вредных веществ до 30–40%	Отсутствие локальных выбросов при эксплуатации	Небольшие выбросы парниковых газов при использовании топливного процессора	Сокращение практически всех вредных веществ до 10–15%	Сокращение практически всех вредных веществ до 10–15% кроме окислов азота (небольшое увеличение)
Изменение конструкции автомобиля и двигателя	Необходима	Полный отказ от теплового двигателя и переход на электропривод	Радикальное изменение бортовой энергоустановки	Незначительное изменение в топливной системе двигателя	Незначительное изменение в топливной системе двигателя
Инфраструктура	Существует	Существует, но требуется дальнейшее развитие	Отсутствует либо ограничена	Ограничена, развитость зависит от региона	Ограничена, развитость зависит от региона
Зависимость от ископаемых топлив	Уменьшение зависимости при широком применении	Относительно высокая зависимость при получении электроэнергии на ТЭЦ и т.д.	Относительно высокая зависимость, но возможно уменьшение при получении водорода с использованием возобновляемых источников энергии	Уменьшение зависимости при широком применении.	Уменьшение зависимости при широком применении
Конкуренция с продуктами питания	Отсутствует либо ограничена	Отсутствует либо ограничена	Отсутствует либо ограничена	Увеличение при широком применении	Увеличение при широком применении

общую энергетическую экономичность и уменьшать выбросы парниковых газов.

Совершенствование электромобилей для выхода на приемлемые технико-экономические характеристики будет, несомненно, проходить дольше. Дальнейшее развитие электромобилей будет опираться на комплекс инновационных технических улучшений с одной стороны и уделения большего внимания требованиям современного и перспективного рынка автомобилей при возрастающей конкуренции — с другой [1].

Технологии Plug-in electric vehicle (EV) — подключаемые (заряжаемые) электромобили и plug-in hybrid electric vehicle (PHEV) — подключаемые гибридные электрические автомобили — это варианты, которые потенциально могут потеснить на рынке автомобили с тепловыми двигателями в условиях крупных городов и радикально улучшить их экологию [7].

Подключаемые электромобили используют электрический двигатель, работающий от системы накопления энергии, и используют только электроэнергию из ком-

мунальной сети. Подключаемый гибридный электромобиль имеет возможность подзарядки из своей системы накопления энергии и получения электроэнергии из коммунальной сети. С полностью заряженной системой накопления энергии PHEV будет смещаться в сторону использования электричества вместо жидкого топлива. В качестве неоспоримого достоинства данных технологий можно отметить независимость автомобиля от одного источника энергии. Одним из энергоносителей будет являться электроэнергия, вырабатываемая с использованием не только традиционных топлив, но и альтернативных источников, таких как солнечная энергия, энергия ветра, тепла земли и т.д. Например, для автомобилей с водородными топливными элементами вторичным энергоносителем может быть топливо, хранящееся на транспортном средстве (например, бензин, дизельное топливо или этанол).

Технологии EV и PHEV не лишены своих собственных технических проблем. Стоимость системы хранения энергии, вес и срок службы являются основными препятствиями, которые должны быть преодолены для достижения успеха этих транспортных средств на рынке

Перспективы широкого применения чистых электромобилей будут зависеть от технико-экономических характеристик аккумуляторов [1, 7]. Существует несколько подходов, направленных на повышение экономичности электрифицированных транспортных средств. Один из сценариев — повышение срока службы аккумулятора (в соответствии со сроком службы автомобиля) и снижение его стоимости. Второй — возможность замены аккумулятора в течение срока службы автомобиля. Третий сценарий — возможность подзарядки, которая предполагает, что автомобиль сможет подзаряжаться после каждой поездки, а не только в конце дня, или применение комбинации упомянутых подходов. Очевидно, что значительное повышение ресурса работы аккумулятора и уменьшение стоимости использования автомобиля в условиях городской среды может сделать электромобили (PHEV) более рентабельными, чем современные гибридные электромобили (HEs) и обычные автомобили с двигателем внутреннего сгорания [10, 13].

Почти все автопроизводители в настоящее время предлагают одну или несколько гибридных моделей в своем ассортименте или твердо настроены на производство подключаемых гибридных и электрических транспортных средств [1, 14].

В таблице 1 представлен сравнительный анализ по основным показателям транспортных технологий, которые активно развиваются в настоящее время и имеют потенциал на перспективу.

В конечном счете, все будет зависеть потребителя, его готовности пересечь с традиционного автомобиля на гибридный или электромобиль. Чтобы быть привлекательными для потенциальных потребителей, например, электромобили должны иметь батареи имеющие запас энергии на сравнимый пробег и перезаряжаемые в приемлемые сроки с современным автомобилем на углеродном топливе и оставаться в ценовых ограни-

чениях, которые были бы приемлемыми и отвечали бы запросам покупателей. В этом отношении, активная и последовательная политика может привести к положительным результатам (стимулирование покупательского спроса экологически чистых автомобилей, финансирование и развитие инфраструктуры, разумно устроенные энергосети и т.п.). Тем же самым покупателям придется, в свою очередь привыкнуть к новым транспортным технологиям, которые очевидно будут завоевывать рынок при дальнейшем ужесточении экологических требований.

ВЫВОДЫ

Гибридные автомобили уже завоевали свой сегмент рынка в некоторых странах Америки, Европы и Азии.

Технология гибридных электромобилей представляет собой отличный способ снизить потребление нефтяных топлив за счет повышения эффективности. Типичный гибрид позволяет снизить расход бензина примерно на 30% по сравнению с аналогичным обычным транспортным средством. В перспективе можно приблизиться к 45% с дополнительными улучшениями в аэродинамике и технологии тепловых двигателей.

На транспортный рынок регулярно поставляются все новые версии гибридных автомобилей и аккумуляторных электромобилей, и конкуренция среди новых моделей становится все жестче.

Дальнейший прогресс в разработке двигателей внутреннего сгорания и использование альтернативных и смесевых топлив с более высокими экологическими характеристиками (топливные спирты и их смеси, биодизель, диметиловый эфир и другие синтетические топлива) для них в сочетании с меньшей стоимостью позволит сохранить доминирующее положение традиционных автомобилей с тепловыми двигателями

ЛИТЕРАТУРА

1. Lohse-Busch H. Current and future trends in alternative fuel vehicles — a research perspective. IL Chamber of Commerce Panel, 2011.
2. Беляев С.В., Левина М. С. О роли биомассы в повышении топливно-энергетического потенциала регионов // Resources and Technology, 2019, № 4, Т. 16. С. 25–36.
3. Simpson A. Cost-Benefit Analyses of Plug-In Hybrid Electric Vehicle Technology. Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS-22). Japan, 2006. URL: nrel.gov/docs/fy07osti/40485.pdf.
4. Морозов В.А., Морозова О. Н. Совершенствование эффективности и экологичности двигателей внутреннего сгорания // Инженерный вестник Дона, 2016, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3503.
5. Юнусова Э.А., Константинов Н. В. Экспериментальная оценка скорости горения метано-водородного топлива с воздухом при изменении концентрации водорода // Инженерный вестник Дона, 2018, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5317.
6. Беляев С.В., Давыдов Г. А. Проблемы и перспективы применения водорода в тепловых двигателях // Инженерный вестник Дона, 2019, № 8. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N8y2019/6123.
7. Ebehard M., Tarpenning M. The 21 Century Electric Car. Tesla Motors. USA, 2006. 10 p.

8. Bernstein A. The Emergence of Hybrid Vehicles: Ending Oil's Stranglehold on Transportation and the Economy, Research on Strategic Change Report, 2006. 37 p.
9. Hamment P., Flynn M., Sims M. K., Luria D. Fuel-Saving Technologies and Facility Conversion: Costs, Benefits, and Incentives. National Commission on Energy Policy The Grange, 2004. 42 p.
10. Greene D.L., Duleep K. G., McManus W. Future Potential of hybrid and Diesel Powertrains in the us light-duty vehicle market. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge. 2004.
11. Беляев С.В., Давыдов Г. А. Эволюция экологических стандартов в Европе // Фундаментальные и прикладные исследования в области естественных и технических наук. 2018. С. 45–48.
12. AuYeung F., Heywood J. B., Schafer A. Future Light-Duty Vehicles: Predicting their Fuel Consumption and Carbon-Reduction Potential. Society of Automotive Engineers. SAE2001–01–1081. 2001. 15 p. URL: [saemobilus.sae.org/content/2001–01–1081](http://saemobilus.sae.org/content/2001-01-1081).
13. Elgowainy A., Burnham A., Wang M., Molburg J., Rousseau A. Well-to-Wheels Energy Use and Greenhouse Gas Emissions Analyses of Plug-in Hybrid Electric Vehicles. ANL Report ESD/09–2. 2009.
14. Зайцева М.М., Мегера Г. И., Хаперская И. М. и др. Основные тенденции развития индустрии электротранспорта // Инженерный вестник Дона, 2019, № 1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5689.

© Беляев Сергей Васильевич (sergbel2014@mail.ru), Давыдов Геннадий Анатольевич, Пронина Ольга Ивановна.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Петрозаводск

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ИНДИГЕННЫХ ЛАКТОБАЦИЛЛ КИШЕЧНИКА, ПЕРСПЕКТИВНЫХ В КАЧЕСТВЕ АУТОПРОБИОТИКОВ

SAFETY ASSESSMENT OF PERSPECTIVE AS AUTOPROBIOTICS INDIGENIC INTESTINAL LACTOBACILLI

E. Borovkova
E. Alieva
D. Kovalyov
N. Shapakov
A. Karaseva
A. Tsapieva
A. Suvorov
Guo D.
Yang J.
Zhao S.

Summary. Identification, determination of phenotypic antibiotic resistance, genome annotation and the search for antibiotic resistance genes were performed to address the issue of the safe use of three strains of indigenous intestinal lactobacilli as autoprobiotics. As a result of the study the strains were identified as *Lactobacillus paracasei* 347–16, *Lactobacillus plantarum* 123–17 and *Lactobacillus plantarum* 83–18, had typical for lactobacilli phenotypic antibiotic resistance profile, different number of plasmids and a similar set of antibiotic resistance genes located on chromosome.

Keywords: autoprobiotics, lactobacilli, antibiotic resistance, antibiotic resistance genes.

Боровкова Екатерина Андреевна

ФГБОУ ВО «Ставропольский Государственный
медицинский университет» Минздрава России
katerina_borovkova@mail.ru

Алиева Елена Васильевна

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Ставропольский
Государственный медицинский университет»
Минздрава России
elalieva.ru@mail.ru

Ковалёв Дмитрий Анатольевич

К.х.н., ФКУЗ «Ставропольский противочумный
институт» Роспотребнадзора
kovalev_da.stv@list.ru

Шапаков Николай Андреевич

Научный сотрудник, ФКУЗ «Ставропольский
противочумный институт» Роспотребнадзора
www.brendan@mail.ru

Карасёва Алёна Борисовна

Научный сотрудник, ФГБНУ «Институт
экспериментальной медицины», Санкт-Петербург
tarno@list.ru

Цапиева Анна Николаевна

Научный сотрудник, ФГБНУ «Институт
экспериментальной медицины», Санкт-Петербург
anna.tsapieva@gmail.com

Суворов Александр Николаевич

Д.м.н., профессор, ФГБНУ «Институт
экспериментальной медицины», Санкт-Петербург
alexander_suvorov1@hotmail.com

Guo Danyang

Институт Агро-продуктов Шаньдунской
Сельскохозяйственной Академии, провинция Шаньдун,
КНР
guody@mail.ru

Yang Jinyu

Институт Агро-продуктов Шаньдунской
Сельскохозяйственной Академии, провинция Шаньдун,
КНР
364593000@qq.com

Zhao Shuangzhi

Институт Агро-продуктов Шаньдунской
Сельскохозяйственной Академии, провинция Шаньдун,
КНР
40379694@qq.com



Введение

Новым вектором в коррекции дисбиотических состояний кишечника, в частности, вызванных применением антибиотиков широкого спектра действия, является аутопробиотикотерапия. Аутопробиотик может быть приготовлен на основе аутоштаммов микроорганизмов симбионтной резидентной нормофлоры конкретного индивидуума в лабораторных условиях, и предложен ему же для восстановления индивидуальной микробиоты [2]. Микроорганизмы рода *Lactobacillus*, как правило, считаются непатогенными и широко используются в различных биотехнологических процессах получения пищевых продуктов и фармацевтических препаратов [9]. Однако многие виды лактобацилл были признаны устойчивыми к антибиотикам [10], и могут являться резервуаром генов антибиотикорезистентности с возможностью их горизонтального переноса к патогенным бактериям желудочно-кишечного тракта человека или животных [19]. Поэтому к лактобациллам-кандидатам в аутопробиотики должны предъявляться те же требования биологической безопасности, что и к пробиотическим бактериям. Согласно действующим нормативным документам оценка безопасности микроорганизмов, перспективных в качестве пробиотиков, проводится с помощью комплекса фенотипических и генетических методов исследования. Штаммы должны иметь изученный спектр антибиотикорезистентности в отношении современных применяемых в медицине антибиотиков, обусловленный хромосомной природой, а также должны быть исследованы на наличие (отсутствие) внехромосомных элементов (плазмид, транспозонов, бактериофагов и др.) [3, 4]. С помощью технологии полногеномного секвенирования, дающей исчерпывающую информацию об особенностях генов и структуре всего генома, можно судить о наличии факторов патогенности и ге-

Аннотация. Для решения вопроса о безопасном использовании индигенных лактобацилл кишечника в качестве аутопробиотиков проводили идентификацию, определение фенотипического профиля чувствительности/устойчивости к антибактериальным препаратам, изучение генома и поиск генов антибиотикорезистентности трёх штаммов *Lactobacillus* spp. В результате исследования штаммы были идентифицированы как *Lactobacillus paracasei* 347–16, *Lactobacillus plantarum* 123–17 и *Lactobacillus plantarum* 83–18, имели типичный для лактобацилл фенотипический профиль антибиотикорезистентности, обладали разным числом плазмид и схожим набором генов антибиотикорезистентности хромосомной локализации.

Ключевые слова: аутопробиотики, лактобациллы, антибиотикорезистентность, гены антибиотикорезистентности.

нов устойчивости к антибиотикам [1]. Определенные к настоящему времени геномные последовательности практически всех видов рода *Lactobacillus* [22] позволяют оценить безопасность лактобацилл по наличию генов антибиотикорезистентности, а также возможность их передачи другим микроорганизмам. Выявленные у лактобацилл гены устойчивости к антибиотикам достаточно многочисленны. К ним относятся гены, кодирующие пенициллин связывающие белки *pbp* и β -лактамазы *bla*; ген D-аланин D-аланин лигазы *ddl* F-типа, участвующий в резистентности к ванкомицину; гены устойчивости к аминогликозидам (ацетилтрансферазы *aac*, нуклеотидилтрансферазы *ant* и фосфотрансферазы *aph*); гены устойчивости к хлорамфениколу (гены хлорамфениколацетилтрансферазы *cat* и мембраносвязывающих переносчиков *cmlA*); гены устойчивости к тетрациклину (гены рибосомальных защитных белков *tetM*, *tetS*, *tetQ*, *tetW* и гены эффлюксных помп *tetL*, *tetP*); гены устойчивости к эритромицину (ген, кодирующий метилазу рРНК *ermB* и гены, кодирующие макролидные эффлюксные насосы *mefE* и *mefB*); гены устойчивости к клиндамицину (ген, кодирующий эффлюксный белок линкозамидов *lsa*); гены устойчивости к фторхинолонам (гены А и В субъединиц ДНК-гиразы *gyrA* и *gyrB*, гены субъединиц А и В топоизомеразы IV *parC* и *parE*) и др. [15, 13].

Таким образом, целью исследования являлась оценка безопасности использования трёх штаммов индигенных лактобацилл кишечника в качестве аутопробиотиков. Задачи исследования включали:

1. Идентификацию штаммов лактобацилл;
2. Определение фенотипического профиля чувствительности/устойчивости к антибактериальным препаратам штаммов лактобацилл;
3. Характеристику генома штаммов лактобацилл и поиск генов антибиотикорезистентности.

Материалы и методы

Объектом исследования являлись индигенные лактобациллы кишечника трех добровольцев в возрасте от 20 до 60 лет, проживающих на территории Северо-Кавказского Федерального округа. Штаммы выделяли для возможной коррекции микрофлоры кишечника с помощью кисломолочного аутопробиотика на их основе после курса антибиотикотерапии. Идентификацию штаммов проводили методом мультиплексной полимеразной цепной реакции (М-ПЦР) и 16S рРНК типирования по методикам, изложенным в [5].

Антибиотикорезистентность лактобацилл определяли диско-диффузионным методом (ДДМ) с помощью индикаторных дисков с бензилпенициллином (10 Ед), ампициллином (10 мкг), цефазолином (30 мкг), цефотаксимом (30 мкг), гентамицином (10 мкг), эритромицином (15 мкг), ципрофлоксацином (5 мкг), ванкомицином (30 мкг), клиндамицином (2 мкг), доксициклином (30 мкг), хлорамфениколом (30 мкг) и меропенемом (10 мкг) (НИЦФ, Санкт-Петербург) на агаризованной питательной среде МРС (НИЦФ, Санкт-Петербург) по МУ 2.3.2.2789–10.2.3.2 (2010) [3].

Геномную ДНК штаммов *L. paracasei* 347–16, *L. plantarum* 123–17 и *L. plantarum* 83–18 выделяли и очищали по стандартному протоколу фенол-хлороформной экстракции и депротеинизации. Полногеномное секвенирование проводили на платформе Illumina HiSeq 4000 (Shanghai, BIOZERON Co., Ltd). Библиотеки для секвенирования готовили с использованием набора реагентов TruSeq™ Nano DNA Sample Prep Kit (Illumina, USA) в соответствии с инструкцией производителя. Первичную обработку данных секвенирования проводили с помощью программы Trimmomatic [11] на основе параметров, установленных по умолчанию. Сборку контигов осуществляли с использованием программ Celera Assembler 8.3 (<https://www.mybiosoftware.com/celera-assembler-6-1-genome-shotgun-assembler.html>) и Falcon 0.3.0 (<https://github.com/PacificBiosciences/FALCON-integrate>).

Аннотацию геномов и функциональный анализ потенциальных генов антибиотикорезистентности лактобацилл проводили с использованием сервера RAST (<https://rast.nmpdr.org/>) [20]. Поиск генов антибиотикорезистентности также осуществляли с помощью онлайн-программ Resistance Gene Identifier (RGI 5.1.0) и Comprehensive Antibiotic Resistance Database (CARD3.0.8) [8]. Для адресного поиска генов антибиотикорезистентности анализировали геномные последовательности исследуемых штаммов лактобацилл с помощью базы данных GenBank NCBI, используя инструмент поиска основного локального выравнивания BLAST ([https://](https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi)

blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi). Гены, предположительно участвующие в наблюдаемых фенотипах устойчивости аннотировали как предполагаемые детерминанты антибиотикорезистентности в соответствии с их наибольшим совпадением BLAST и порога идентичности аминокислотной последовательности (более 95%).

Результаты исследования

Идентификация лактобацилл. С помощью М-ПЦР было выявлено, что изоляты №№ 123–17 и 83–18 принадлежат к виду *L. plantarum*, а изолят № 347–16 к виду *L. paracasei*. Анализ нуклеотидных последовательностей ДНК лактобацилл, проведённый в ходе 16S рРНК типирования, подтвердил результаты идентификации с помощью М-ПЦР. Было выявлено 100% сходство с последовательностями 16S рРНК, депонированными в GenBank, что позволило однозначно установить видовую принадлежность штаммов лактобацилл как *L. paracasei* 347–16 (референс-последовательность в GenBank *L. paracasei* CACC566 CP048003.1) *L. plantarum* 123–17 (референс-последовательность в GenBank *L. plantarum* SRCM101511 CP028235.1) и *L. plantarum* 83–18 (референс-последовательность в GenBank *L. plantarum* SRCM102737 CP028261.1).

Антибиотикорезистентность лактобацилл. В результате изучения антибиотикограмм *L. paracasei* 347–16, *L. plantarum* 123–17 и *L. plantarum* 83–18 было установлено, что все штаммы обладали однотипным спектром фенотипической чувствительности и устойчивости к антибактериальным препаратам. Так, лактобациллы проявляли чувствительность к бензилпенициллину, ампициллину, цефазолину, цефотаксиму, меропенему, эритромицину, клиндамицину, доксициклину, хлорамфениколу и резистентность к ципрофлоксацину, ванкомицину и гентамицину.

Краткая характеристика геномов *L. paracasei* 347–16, *L. plantarum* 123–17 и *L. plantarum* 83–18. Биоинформационный анализ первичных данных секвенирования геномной ДНК *L. paracasei* 347–16 позволил получить 3 скаффолда, соответствующие 1 хромосоме и 2 плазмидам микроорганизма. Общая длина нуклеотидной последовательности составила 3219033 п.о., ГЦ состав — 46,1%. При аннотации генома с помощью сервера RAST было выявлено 3290 белок кодирующих последовательностей и 74 открытых рамок считывания РНК. В ходе биоинформационного анализа данных секвенирования геномных ДНК штаммов *L. plantarum* было получено 5 скаффолдов, соответствующих 1 хромосоме и 4 плазмидам *L. plantarum* 123–17 и 9 скаффолдов, соответствующих 1 хромосоме и 8 плазмидам *L. plantarum* 83–18. Протяжённость геномов составила 3238595 п.о. для штамма *L. plantarum* 123–17 и 3363821 п.о. для

штамма *L. plantarum* 83–18. ГЦ состав *L. plantarum* 123–17–44,6%. ГЦ состав *L. plantarum* 83–18–44,4%. При аннотации генома *L. plantarum* 123–17 с помощью сервера RAST было выявлено 2993 белоккодирующих последовательностей и 83 открытых рамок считывания РНК. В составе генома *L. plantarum* 83–18 с помощью сервера RAST было выявлено 2969 белоккодирующих последовательностей и 95 открытых рамок считывания РНК.

Гены антибиотикорезистентности *L. paracasei* 347–16, *L. plantarum* 123–17 и *L. plantarum* 83–18. С помощью программы для автоматического аннотирования RAST в хромосомных контигах штаммов *L. paracasei* 347–16, *L. plantarum* 123–17 и *L. plantarum* 83–18 были обнаружены нуклеотидные последовательности генов, ассоциированных с резистентностью к фторхинолонам: гены *gyrA* и *gyrB*, кодирующие А и В субъединицы ДНК-гиразы, а также гены *parC* и *parE*, кодирующие А и В субъединицы топоизомеразы IV. Кроме того, на хромосомах всех трех штаммов был обнаружен ген, кодирующий металл-зависимую гидролазу семейства бета-лактамаз. У штаммов *L. plantarum* №№ 123–17 и 83–18 также были выявлены гены, аннотированные RAST как ответственные за устойчивость к тетрациклинам и гены, отвечающие за синтез эффлюксных насосов, обеспечивающих множественную лекарственную устойчивость. На плаزمиде анализируемых штаммов при помощи программы RAST гены антибиотикорезистентности обнаружены не были.

С помощью инструмента RGI на хромосомах *L. paracasei* 347–16, *L. plantarum* 123–17 и *L. plantarum* 83–18 было выявлено 208, 182 и 174 кодирующих последовательностей генов антибиотикорезистентности соответственно, имевших различную степень сходства (от 20,6% до 72,2%) с последовательностями из базы данных CARD. Наибольшее число последовательностей имели сходство с генами, кодирующими ABC-транспортёры и эффлюксные насосы, которые потенциально могут обеспечивать устойчивость к макролидам, линкозамидам, стрептограмину В, триметоприму и тетрациклину. На хромосомных контигах штаммов *L. paracasei* 347–16, *L. plantarum* 123–17 и *L. plantarum* 83–18 также были обнаружены гены, отвечающие за резистентность к фторхинолонам и гены, потенциально кодирующие устойчивость к гликопептидным антибиотикам. Гены, кодирующие белки семейства ацетилтрансфераз aac(6') были обнаружены у всех трех штаммов лактобацилл, а ген, кодирующий белок семейства нуклеотидилтрансфераз ant(3'') был найден только у штамма *L. plantarum* 83–18. Помимо этого, на трех плаزمиде штамма *L. plantarum* № 83–18 было обнаружено шесть генов, кодирующих ацетилтрансферазу, гликозилтрансферазу и ABC-транспортёры.

Алгоритм BLAST базы данных NCBI выявил локализованные на хромосомах *L. paracasei* 347–16, *L. plantarum* 123–17 и *L. plantarum* 83–18 гены, кодирующие фермент D-аланин-D-аланин лигазу F-типа (остаток тирозина в позиции 261 замещён остатком фенилаланина), а также гены *gyrA*, *gyrB*, *parC*, *parE*. Исследование нуклеотидных последовательностей пептидов, кодируемых генами *parC* и *gyrA* у всех трех штаммов лактобацилл показало отсутствие аминокислотных замен Glu84Gly в последовательности *parC* и Glu87Leu в последовательности *gyrA*. В геномах штаммов *L. plantarum* №№ 123–17 и 83–18 также был проведен целенаправленный поиск генов, кодирующих факторы устойчивости к тетрациклинам. В качестве референсных были выбраны аминокислотные последовательности пептидов TetM (AAN84501.1), TetS (Q2UXR9), TetW (ABO43851.1), TetL (WP_098034698) и TetP (SPS13865.1). Выравнивание референсных последовательностей пептидов и хромосомных контигов штаммов *L. plantarum* №№ 123–17 и 83–18 с использованием алгоритма tblastn показало совпадение около 27% с TetM, 29% с TetS, 27% с TetW, 28% с TetL и 70% с последовательностью TetP у обоих штаммов. При этом ген, кодирующий пептид TetP у штаммов *L. plantarum* 123–17 и *L. plantarum* 83–18 был аннотирован программой RAST как фактор устойчивости к тетрациклину. Последовательность пептида TetP была выровнена также на последовательность хромосомы штамма *L. paracasei* 347–16, однако в данном случае процент сходства последовательностей не превышал 37,31%. Таким образом, из всех наиболее часто встречающихся у лактобацилл генов устойчивости к тетрациклину, в геномах штаммов *L. plantarum* №№ 123–17 и 83–18 был найден ген, кодирующий пептид, на 70% сходный по последовательности с нуклеозид-трифосфат фосфатазой TetP, ассоциированной с резистентностью к тетрациклину.

Обсуждение результатов

Для решения вопроса о безопасном использовании трёх штаммов индигенных лактобацилл кишечника в качестве аутопробиотиков были проведены видовая идентификация, аннотация геномов, а также поиск генов антибиотикорезистентности. Принадлежность выделенных штаммов к видам *L. paracasei* и *L. plantarum* позволяет ожидать позитивного лечебно-профилактического эффекта от аутопробиотикотерапии на их основе, поскольку эти виды являются типичными представителями микробиоценоза человека [17], обладают выраженными антагонистическими свойствами по отношению к патогенной и условно-патогенной микрофлоре [23], имеют статус генетически безопасных микроорганизмов [14], обладают высоким колонизационным потенциалом.

Выявленная с помощью ДДМ чувствительность штаммов лактобацилл к бензилпенициллину, ампициллину,

цефазолину, цефотаксиму, меропенему, эритромицину, клиндамицину, доксициклину и хлорамфениколу, а также устойчивость к ципрофлоксацину, гентамицину и ванкомицину подтверждается данными литературы. Так, большинство видов рода *Lactobacillus* имеют природную устойчивость к аминогликозидам (гентамицину, канамицину, стрептомицину и неомицину), ципрофлоксацину и триметоприму [27], и чувствительность к β -лактамам, хлорамфениколу, тетрациклину, эритромицину, линезолиду [6]. А резистентность к ванкомицину является, пожалуй, наиболее характерной для лактобацилл [16].

На основании аннотации геномов индигенных лактобацилл выявлена их типичная структура, характеризующаяся наличием замкнутой кольцевой хромосомы и различным числом плазмид (от двух у *L. paracasei* 347–16 до восьми у *L. plantarum* 83–18). С помощью методов биоинформатики в геномах *L. paracasei* 347–16, *L. plantarum* 123–17 и *L. plantarum* 83–18 были найдены нуклеотидные последовательности кодирующие устойчивость к фторхинолонам, β -лактамам, гликопептидам, макролидам, линкозамидам, стрептограмину В, триметоприму. В геномах *L. plantarum* 123–17 и *L. plantarum* 83–18 также были найдены нуклеотидные последовательности, кодирующие устойчивость к тетрациклину. Все обнаруженные гены имели хромосомную локализацию. На плазмидах *L. plantarum* 83–18 с помощью программы RGI были обнаружены гены ацетилтрансферазы, гликозилтрансферазы и АВС-транспортёров, которые потенциально могут обеспечивать повышенную устойчивость к антимикробным веществам.

Наличие в исследованных геномах последовательностей, кодирующих D-аланин D-аланин лигазу (*ddl* F-типа), ДНК-гиразу (*gyrA*, *gyrB*) и топоизомеразу IV (*parC*, *parE*), а также генов, кодирующих ацетилтрансферазы (*aac*(6')) и нуклетидилтрансферазы (*ant*(3")), нашло свое отражение в фенотипических свойствах штаммов, выявленных ДДМ, так как лактобациллы проявляли резистентность к ванкомицину, ципрофлоксацину и гентамицину. Выявление нуклеотидной последовательности D-аланин D-аланин лигазы F-типа у трёх штаммов лактобацилл — кандидатов в аутопробиотики, фенотипически устойчивых к ванкомицину, по-видимому, свидетельствует о высокой взаимосвязи между генотипом и фенотипом для этого антибиотика.

Алгоритм BLAST не выявил аминокислотных замен Glu84Gly в последовательности *parC* и Glu87Leu в последовательности *gyrA*, связанных со сниженной чувствительностью к фторхинолонам [12]. Считается, что врожденная резистентность лактобацилл к ципрофлоксацину не всегда связана с мутациями в генах, кодирующих белки ParC и GyrA [18], так что фенотипическая

устойчивость к этому антибиотику могла быть опосредована иными механизмами и особенностями штаммов, такими как структура клеточной стенки, проницаемость мембраны или механизмы молекулярного транспорта [7]. К тому же, с помощью программы RGI в геномах *L. paracasei* 347–16, *L. plantarum* №№ 123–17 и 83–18 были выявлены гены, потенциально ответственные за устойчивость к фторхинолонам, так что противоречий между генотипическими и фенотипическими характеристиками штаммов в отношении чувствительности к ципрофлоксацину не возникает.

Фенотипическая чувствительность анализируемых штаммов лактобацилл к бензилпенициллину, ампициллину, цефазолину, цефотаксиму, меропенему, эритромицину и клиндамицину не коррелировала с наличием генетических детерминант антибиотикорезистентности к β -лактамам, макролидам и линкозамидам. Отсутствие фенотипической резистентности индигенных штаммов лактобацилл №№ 347–16, 123–17 и 83–18 к антибиотикам тетрациклинового ряда свидетельствует о том, что наличие данного гена недостаточно для проявления устойчивого фенотипа. Кроме того, нам представляется важным отсутствие в геномах исследуемых штаммов гена *tetM*, поскольку этот ген часто ассоциирован с конъюгативными транспозонами, такими как Tn916 [21], способствующими горизонтальному переносу генов резистентности к тетрациклину. Наличие подобных факторов не допускается при использовании штаммов в качестве пробиотиков и аутопробиотиков.

Заключение

В результате идентификации трёх штаммов индигенных лактобацилл кишечника выявлено, что штаммы относятся к типичным представителям микробиоценоза человека — видам *L. paracasei* и *L. plantarum*. Имеют характерный для лактобацилл фенотипический спектр антибиотикорезистентности. Обнаруженные гены устойчивости к антибиотикам штаммов *L. paracasei* 347–16 и *L. plantarum* 123–17 расположены на хромосоме. Гены устойчивости к антибиотикам *L. plantarum* 83–18 имеют как хромосомную, так и плазмидную локализацию. В целом характерная для лактобацилл фенотипическая устойчивость к гликопептидам, аминогликозидам и фторхинолонам, а также хромосомная локализация обнаруженных генов антибиотикорезистентности позволяет использовать штаммы *L. paracasei* 347–16 и *L. plantarum* 123–17 для создания индивидуальных аутопробиотических препаратов. Для решения вопроса о безопасном использовании штамма *L. plantarum* 83–18 в качестве аутопробиотика необходимы дополнительные исследования фланкирующих областей генов ацетилтрансфераз и АВС-транспортёров, локализованных на плазмидах микроорганизма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева А.Е., Бруснигина Н.Ф. Возможности и перспективы применения методов массивного параллельного секвенирования в диагностике и эпидемиологическом надзоре за инфекционными заболеваниями // МедиАль. — 2014. — № 2(12). — С. 6–28.
2. Ермоленко Е.И., Липидус А.Л., Суворов А.Н. Оптимизация микробной терапии дисбиотических состояний посредством аутопробиотиков // Санитарная и клиническая микробиология. Материалы XI съезда ВНПОЭМП, Москва, 16–17 ноября 2017 года. С. 925.
3. Продовольственное сырьё и пищевые продукты. Методические указания по санитарно-эпидемиологической оценке безопасности и функционального потенциала пробиотических микроорганизмов, используемых для производства пищевых продуктов МУ 2.3.2.2789–10.2.3.2: утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ 06.12.2010. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. — 104 с.
4. Система предрегистрационного доклинического изучения безопасности препаратов. Отбор, проверка и хранение производственных штаммов, используемых при производстве пробиотиков: методические указания МУК 4.2.2602–10: утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ 21.04.2010. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. — 60 с.
5. Цапиева А.Н., Боровкова Е.А., Карасева А.Б., Алиева Е.В., Суворов А.Н. Разработка метода идентификации индигенных лактобацилл кишечника при создании аутопробиотиков // Вопросы детской диетологии. — 2019. — Т. 17. № 3. — С. 52–59.
6. Abriouel H., Casado M. et. al. New insights in antibiotic resistance of Lactobacillus species from fermented foods // International Food Research Journal. — 2015. — V.78. — P. 465–481.
7. Abriouel H., Casado Muñoz M.d.C., et. al. New insights in antibiotic resistance of Lactobacillus species from fermented foods // Food Research International. — 2015. — V. 78. — P. 465–481.
8. Alcock et al. CARD2020: antibiotic resistance surveillance with the Comprehensive Antibiotic Resistance Database // Nucleic Acids Research. — 2020. — V. 48. — P. 517–525.
9. Bik E. M. Composition and function of the human-associated microbiota // Nutrition Reviews. — 2009. — V. 67. P. 164–171.
10. Bockelmann W., Pichner R., Kabisch J. et. al. New insights in antibiotic resistance of Lactobacillus species from fermented foods // International Food Research Journal. — 2015. V. 78. — P. 465–481.
11. Bolger A.M., Lohse M., Usadel B. et. al. Trimmomatic: A flexible trimmer for Illumina Sequence Data // Bioinformatics. — 2014. — V. 30, № 15. — P. 2114–2120.
12. Brisse S., Fluit A. D.C., Wagner U., et. al. Association of alterations in ParC and GyrA proteins with resistance of clinical isolates of Enterococcus faecium to nine different fluorquinolones. Antimicrob // Antimicrobial Agents and Chemotherapy. — 1999. — V. 43. — P. 2513–2516.
13. Campedelli I., Mathur H., Salvetti E. et. al. Genus-Wide Assessment of Antibiotic Resistance in Lactobacillus spp. // Applied and Environmental Microbiology. — 2018. — V. 85, I. 1, e01738–18.
14. Casado M., Benomar N. et. al. Biocide tolerance, phenotypic and molecular response of lactic acid bacteria isolated from naturally-fermented Aloreña table to different physico-chemical stresses // Food Microbiology. — 2016. — V. 60. P. 1–12.
15. Gueimonde M., Sánchez B., de Los Reyes-Gavilán C.G. et. al. Antibiotic resistance in probiotic bacteria // Frontiers in Microbiology. — 2013. — Vol. 4, № 202. — P. 1–6.
16. Guo H., Pan L., Li L., Lu J., et. al. Characterization of antibiotic resistance genes from lactobacillus isolated from traditional dairy products // Journal of Food Science. — 2017. — V. 82. P. 724–730.
17. Halder D., Mandal M., et. al. Indigenous probiotic Lactobacillus isolates presenting antibiotic like activity against human pathogenic bacteria // Biomedicine. — 2017. — V. 5(2).
18. Hummel A.S., Hertel C., Holzapfel W. H., Franz C. M.A.P. Antibiotic resistances of starter and probiotic strains of lactic acid bacteria // Applied and Environmental Microbiology. — 2007. — V. 73. — P. 730–739.
19. Mathur S., Singh R. et. al. Antibiotic resistance in food lactic acid bacteria // International Journal of Food Microbiology. — 2005. — V. 105. — № 3. — P. 281–295.
20. Overbeek R., Olson R., Pusch G. D., et. al. The SEED and the Rapid Annotation of microbial genomes using Subsystems Technology (RAST) // Nucleic Acids Research. — 2014. — Vol. 42, № 1. — P. 206–214.
21. Roberts M.C., Schwarz S. Tetracycline and chloramphenicol resistance mechanisms / Antimicrobial drug resistance: infectious disease. — NY: Humana Press, 2009. — P. 183–193.
22. Sun Z., Harris H. M., McCann A. et. al. Expanding the biotechnology potential of lactobacilli through comparative genomics of 213 strains and associated genera // Nature Communications. — 2015. — V. 6. — P. 8322.
23. Zawistowska-Rojek A, Tyski S. et. al. Are Probiotic Really Safe for Humans? // Polish Journal of Microbiology. — 2018. — Vol. 67, № 3. — P. 251–258.
24. Zheng M., Zhang R., Tian X., Zhou X., Pan X., Wong A. Assessing the risk of probiotic dietary supplements in the context of antibiotic resistance // Frontiers in Microbiology. — 2017. — V. 8:908.

© Боровкова Екатерина Андреевна (katerina_borovkova@mail.ru), Алиева Елена Васильевна (elalieva.ru@mail.ru),

Ковалёв Дмитрий Анатольевич (kovalev_da.stv@list.ru), Шапаков Николай Андреевич (www.brendan@mail.ru),

Карасёва Алёна Борисовна (tarno@list.ru), Цапиева Анна Николаевна (anna.tsapieva@gmail.com),

Суворов Александр Николаевич (alexander_suvorov1@hotmail.com), Guo Danyang (guody@mail.ru),

Yang Jinyu (364593000@qq.com), Zhao Shuangzhi (40379694@qq.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЖИЗНЕННОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ КАК СОВОКУПНЫЙ ПРИЗНАК ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ И ЗАГОРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРИХОПЕРЬЯ

VITALITY OF WOODY PLANTS AS THE AGGREGATE BASIS OF THE ECOLOGICAL CONDITION OF URBAN AND SUBURBAN ECOSYSTEMS OF THE KHOPYOR RIVER REGION

T. Gromova
I. Siraeva
A. Ermolenko
N. Larionov
M. Larionov
V. Soldatova
E. Kulagina
A. Yaitsky

Summary. This article presents the results of studies of the vitality of woody plants in functionally different territories of the Khopyor River Region (for example, municipal districts of the Voronezh and Saratov regions). For this purpose, a wide list of parameters of the development and state of this group of organisms in the composition of different ecosystems by origin and economic orientation was recorded and analyzed. Among suburban areas, the most alarming is the vital condition of woody plants within the forest areas of operational use, especially in the Gribovsky, Povorino, Borisoglebsk districts of the Voronezh region, in the Arkadak, Balashov districts of the Saratov region. Among urbanized areas, woody plants in ecosystems created within transport, industrial, and municipal storage zones are the most weakened. These are the General identified trends in the state and environmental sustainability of representatives of the analyzed group of plants in both regions of the Khopyor River Region. Obtained and analyzed values of the vitality of woody plants made it possible to identify the levels of economic and human activity — from high in the index of the vitality of these organisms 50–69% to low level when the vitality of 86–100%. According to the parameters of plant vitality, one can fairly objectively judge the criteria for environmental comfort of the population's habitat in various territories of the Khopyor River Region. Information about the vital state of woody plants in various types of ecosystems can be used as a basis for work in the framework of: permanent monitoring of their condition, biological productivity and sustainability; evaluating the effectiveness of measures for the reconstruction of landscaping compositions;

Громова Татьяна Сергеевна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Саратовский национальный
исследовательский государственный университет
имени Н. Г. Чернышевского»
gromova.tatiana2015@rambler.ru

Сираева Ирина Салаватовна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Саратовский национальный
исследовательский государственный университет
имени Н. Г. Чернышевского»
irina.siraeva@mail.ru

Ермоленко Анна Сергеевна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Саратовский национальный
исследовательский государственный университет
имени Н. Г. Чернышевского»
berestnevaanna@mail.ru

Ларионов Николай Викторович

К.б.н., директор, МБОУ «Котельниковская средняя
общеобразовательная школа № 2»
Inv0001@yandex.ru

Ларионов Максим Викторович

Д.б.н., профессор, Балашовский институт
(филиал) ФГБОУ ВО «Саратовский национальный
исследовательский государственный университет
имени Н. Г. Чернышевского»
m.larionow2014@yandex.ru

Солдатова Валерия Викторовна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Саратовский национальный
исследовательский государственный университет
имени Н. Г. Чернышевского»
valeria.soldatova@yandex.ru

Кулагина Екатерина Юрьевна

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Владимирский
государственный университет имени Александра
Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
kylaginaek@mail.ru

Яицкий Андрей Степанович

Старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Самарский
государственный социально-педагогический
университет»
yaitsky@pgsga.ru

Аннотация. В данной статье приводятся результаты исследований жизненности древесных растений на функционально различных территориях Прихоперья (на примере муниципальных районов Воронежской и Саратовской областей). Для этого фиксировался и анализировался широкий перечень параметров развития и состояния этой группы организмов в составе различных по происхождению и хозяйственной ориентации экосистем. Среди

analyzing and justifying work to optimize the composition and structures of artificial and natural-economic ecosystems; developing a strategy for quality management of such ecosystems in landscape planning, aesthetic and environmental terms.

Keywords: woody plants; living conditions; ecosystems of functionally different territories; levels of economic and anthropogenic loads; areas of environmental stress.

загородных территорий наибольшую тревогу вызывает жизненное состояние древесных растений в пределах лесных массивов эксплуатационного назначения, особенно в Грибановском, Поворинском, Борисоглебском районах Воронежского региона, в Аркадакском, Балашовском районах Саратовского региона. В числе урбанизированных территорий максимально ослабленными являются древесные растения в составе экосистем, созданных в пределах транспортных, промышленных и коммунально-складских зон. Это общие выявленные тренды состояния и экологической устойчивости представителей проанализированной группы растений в обоих регионах Прихоперья. Полученные и проанализированные значения жизненного состояния древесных растений позволили дифференцировать уровни хозяйственно-антропогенных нагрузок — от высокого при значениях индекса жизненного состояния этих организмов 50–69% до слабого уровня при жизненности 86–100%. По параметрам жизненности растений можно достаточно объективно судить о критериях экологической комфортности среды обитания населения на различных территориях Прихоперья. Сведения о жизненном состоянии древесных растений в различных типах экосистем могут быть положены в основу работ в рамках: перманентного мониторинга за их состоянием, биопродуктивностью и устойчивостью; оценки эффективности мер по реконструкции озеленительных композиций; анализа и обоснования работ по оптимизации состава и структур искусственных и природно-хозяйственных экосистем; выработке стратегии качественного управления такими экосистемами в ландшафтно-планировочном, эстетическом и экологическом смыслах.

Ключевые слова: древесные растения; жизненное состояние; экосистемы функционально различных территорий; уровни хозяйственно-антропогенных нагрузок; участки экологической напряженности.

Введение

Покомпонентный анализ экологического состояния экосистем подтвердил свою целесообразность и сохраняет актуальность в настоящий период времени, что отмечается в нашей стране [1; 2] и за рубежом [3–5]. Экосистемы представляют основные лабильные, индикаторные и в то же время весьма уязвимые структурные, функциональные и индикаторные единицы природно-территориальных комплексов с учетом современных экологических проблем и техногенных угроз [6; 7].

Древесные растения относятся к числу важнейших продуцентных компонентов биоты, отражают современные структурно-функциональные и природно-климатические особенности развития экосистем и ландшафтов [8], а также состояние и экологическую устойчивость различных функционально организованных природно-технических систем [9]. В растительных сообществах со сложной вертикальной структурой с участием древесных растений последние зачастую выступают в роли инженеров [10], в определенной степени влияя на видовое разнообразие представителей других ярусов фитоценозов, на параметры первичной продукции

и на другие трофические и биогеохимические процессы в занимаемых экологических системах.

Эта группа растений предоставляют биотические условия для многочисленных экотопов и составляют основу экологических ниш для выживания, выработки адаптивных стратегий и реализации определенных частей или целых жизненных циклов значительного числа организмов — представителей различных систематических и экологических групп, для поддержания биологического и генетического разнообразия организмов в масштабах как отдельных древесных растений, так и природных и культурных фитоценозов в целом [11; 12]. Состав и состояние древесных растений являются объективными экологическими характеристиками статических и динамических процессов, эмерджентности, биоэнергетического баланса и совместной эволюции как природных, так и антропогенно трансформированных экосистем и ландшафтов.

В природно-хозяйственных и искусственно созданных экосистемах древесные растения также сохраняют свои природные качества, в том числе эколого-защитного плана. Они обеспечивают ландшафтно-планировочные, эстетические и важные хозяйственные функции,

создают условия для благоприятного восприятия населением застроенных территорий.

С планировочной точки зрения древостои представляют обязательные части застраиваемых и благоустраиваемых населенных территорий. Они являются средством экологического благоустройства населенных пунктов и их окрестностей, образуют основу экокаркасов во всех функциональных зонах и на территориях размещения аграрных угодий. Большое значение заключается в себе необходимость в анализе состояния древесных растений как в самих городах и крупных поселках — важнейших источниках экологической напряженности в Прихоперье, так и на загородных территориях. Причем целесообразно исследовать и анализировать экологическое состояние и жизнеспособность этих организмов в ближней пригородной зоне, представленной природными и природно-хозяйственными экосистемами с активной природопользовательской деятельностью и в дальней пригородной зоне, составленной преимущественно естественными экологическими системами с различным характером и с различающейся интенсивностью природопользования.

Жизненное состояние (ЖС) древесных растений представляет собой совокупный признак — «меру устойчивости» к факторам неблагоприятия для их роста и развития, реализации биоценотических функций среды обитания [13]. Показатели ЖС демонстрируют пределы приспособленности и жизнеспособности этих организмов в данной стадии индивидуального развития (в период наблюдений и фиксации соответствующих нарушений) в результате естественных и антропогенных причин [14–16], что является ключевой экологической характеристикой древесных растений как в природных, так и в антропогенно трансформированных условиях существования. По итогам комплексного изучения диагностических критериев древесных растений, определяющего конкретные значения ЖС, можно идентифицировать и анализировать специфику и варьирование биоценотических связей в разных типах природных, природно-хозяйственных и полностью рукотворных экосистем.

Выявление особенностей индивидуального развития древесных растений посредством многолетних исследований комплекса признаков в структуре ЖС позволяет достоверно оценивать экологическое состояние окружающей среды, идентифицировать и диагностировать тренды изменения ее качества на различных территориях. Соответственно, одно из главных преимуществ изучения экологического состояния древесных растений, как на видовом (организменном), так и на групповом (многовидовом, ценотическом) уровнях, заключается в получении возможности анализа и прогнозирования

изменений в образуемых ими экосистемах, в биокосных и косных компонентах природной и антропогенно преобразованной среды.

Данный эколого-диагностический признак демонстрирует ведущие направления и принципиальные особенности, с одной стороны, комплексного воздействия антропогенных факторов, с другой — специфику и меру «культурности» градопланировочных и пригородных структур. Фактическое ЖС древесных растений тесно связано с показателями их декоративности, защитными, рекреационными и социальными ролями в составе городских и пригородных экосистем.

В связи с процессами урбанизации, рурбанизации, реурбанизации, сложности и разнонаправленности хозяйственной эксплуатации на различных территориях Прихоперья, на первый план в данном субрегионе выступают необходимость установления состояния эколого-диагностических показателей экосистем, к которым, безусловно, принадлежит жизненное состояние растений, и потребность в ранжировании уровней антропогенной нагрузки. Учитывая умеренную континентальность климата и равнинный характер рельефа, развитость транспортной системы, представляется возможным оценить состояние, жизнеспособность и устойчивость древесных растений в достаточно широком территориальном аспекте. Это актуальное направление экологических исследований для рассматриваемого субрегиона.

Методы исследований

Ослабление надземных органов древесных растений служит совокупным эколого-диагностическим критерием их жизненного состояния и надежным показателем лимитирования жизнеспособности в соответствующих экологических условиях местообитаний. В ходе работы в каждом административном районе (усредненные данные по ним приводятся далее на рисунках 1, 2) выполнено определение особенностей развития, габитуса, в том числе протяженности и развитости крон, выявление и анализ уровней угнетения по параметрам дефолиации, дехромации крон, состоянию коры, стволов и ветвей, специфике и показателям повреждения и усыхания листьев и побегов древесных растений (*Acer platanoides* L., *A. tataricum* L., *A. ginnala* Maxim., *Sorbus aucuparia* L., *Fraxinus excelsior* L., *Betula pendula* Roth, *B. alba* L., *Malus silvestris* (L.) Mill., *M. baccata* (L.) Borkh., *Quercus robur* L., *Populus berolinensis* Dipp., *P. balsamifera* L., *P. nigra* L., *Salix alba* L., *S. fragilis* L., *S. triandra* L., *S. pentandra* L., *Pinus silvestris* L., *Thuja occidentalis* L., *Picea abies* (L.) Karst., *P. canadensis* Britt., *P. pungens* Engelm., *Cerasus fruticosa* Pall., *C. vulgaris* Mill., *Prunus spinosa* L., *P. domestica* L., *Padus avium* Mill.,

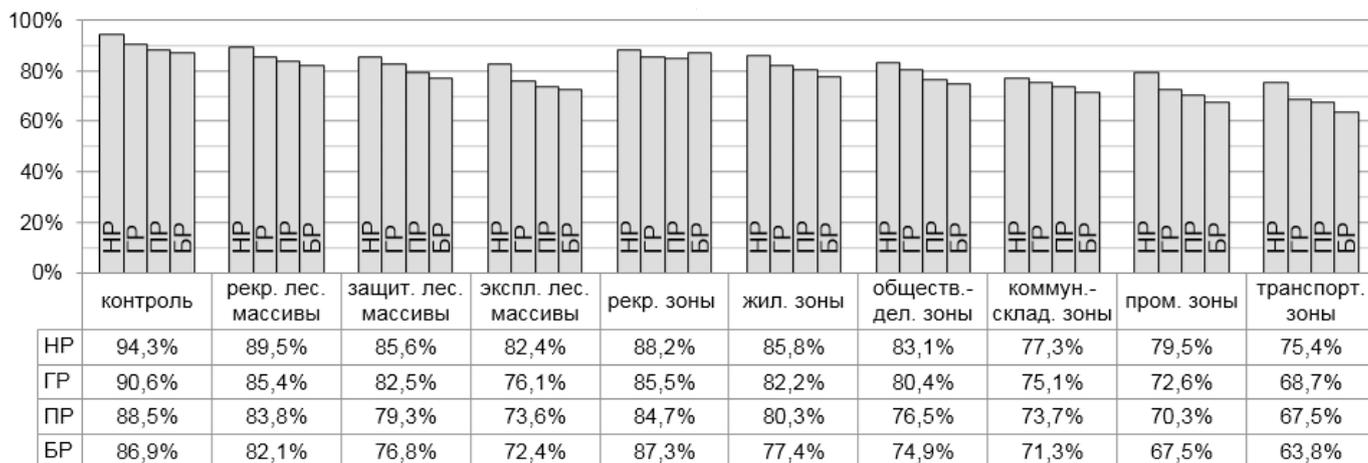


Рис. 1. Значения жизненности древесных растений в экологических системах Воронежского Прихоперья. НР — Новохоперский район, ГР — Грибановский район, ПР — Поворинский район, БР — Борисоглебский район.

Tilia cordata Mill., *T. platyphyllos* Scop., *Ulmus laevis* Pall., *U. minor* Mill., *U. pumila* L., *Aesculus hippocastanum* L.), находящиеся в среднегенеративной стадии онтогенеза. Для получения дополнительной информации исследовались и интерпретировались показатели жизненности у познегенеративных (старогенеративных), субсенильных и сенильных древесных растений. В исследованиях за основу использован комплексный подход в выборе и реализации методик определения жизненного состояния и жизнеспособности [17; 18] в модифицированном виде [13; 19; 20]. Ранжирование состояния растительных организмов осуществлено в процентных долях по среднеарифметическим данным, которые получены в статистически достоверном диапазоне — 95%. Обследования древостоев, установление и фиксация параметров состояния проводились дифференцированно целевым категориям лесов и функциональному зонированию населенных пунктов, согласно местным материалам лесоустройства и территориального планирования административных районов, в том числе генеральных планов.

Результаты исследований

В городах и поселках Прихоперья экосистемы с участием древесных растений преимущественно представлены насаждениями — зелеными зонами различного назначения, а также природно-хозяйственными образованиями — в различной степени преобразованными растительными сообществами под нужды градостроительства и народного хозяйства. Они испытывают непосредственное воздействие со стороны урбано-хозяйственно-техногенных комплексов. Сообщества естественного происхождения — луговые, лугоstepные, пойменно-лесные — составляют в основном незначительные площади и также подвержены хозяй-

ственной эксплуатации. Как правило, это территории, примыкающие к рекреационным, водохозяйственным, лесохозяйственным, сельскохозяйственным объектам, дачным поселкам и частным домовладениям на окраинных территориях населенных пунктов. Антропогенные нагрузки здесь обуславливаются соответствующими видами деятельности населения.

Пригородные территории в Прихоперье представлены природными сообществами в разной мере сохранности, природно-хозяйственными (частями речных акваторий, озерами водохозяйственного, рыбопромыслового, рыбовоспроизводственного и рекреационного назначения, лесопарками, естественными и восстановленными лесными массивами хозяйственного значения, степными экосистемами, остепненными лугами и лесными опушками, используемыми для выпаса скота, сенокосов, отдыха, сбора ягод, грибов, лекарственных и красивоцветущих растений) и искусственными экосистемами (лесонасаждениями для рекреационных, защитных, эксплуатационных целей, лесополосами, прудами, поливными и оросительными каналами, частными и общественными садами, полевыми угодьями). Это относится в основном к так называемым ближним пригородным зонам.

Дальние (от городских поселений) пригородные территории, которые уместно именовать все-таки загородными, представлены большей частью полевыми агроценозами. Некоторое значение для частных крестьянско-фермерских хозяйств имеют пастбища и сенокосы, концентрирующиеся в особенности вблизи сел. Площади, покрытые лесами, пойменными лугами, старицами и болотами, в меньшей мере используются в хозяйственных целях. Поэтому пригородные лесные со-

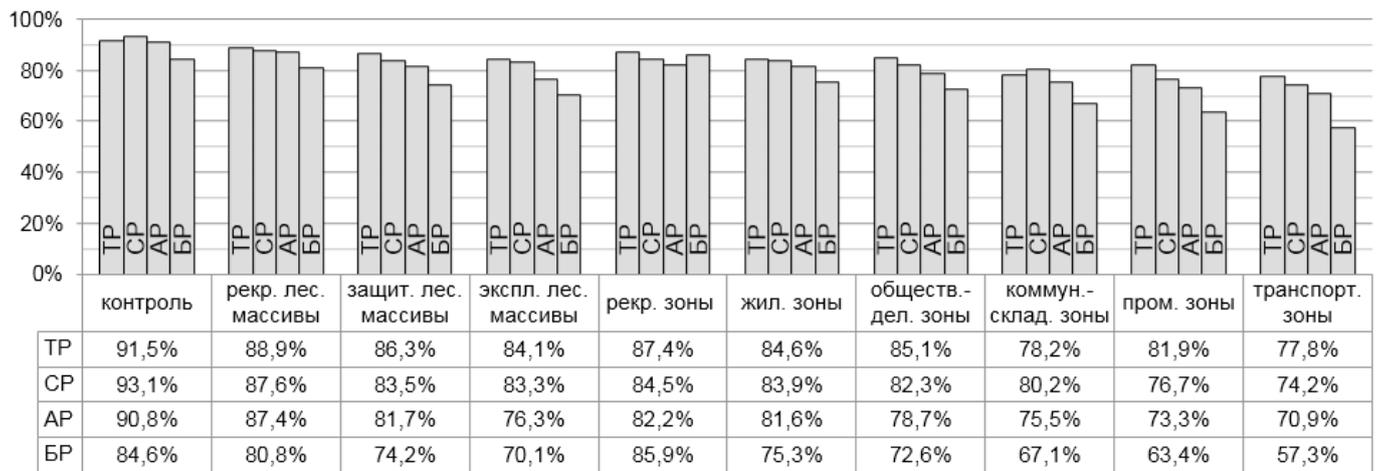


Рис. 2. Значения жизненности древесных растений в экологических системах Саратовского Прихоперья. ТР — Турковский район, СР — Самойловский район, АР — Аркадакский район, БР — Балашовский район.

общества с высокой степенью сохранности, удаленные от городских поселений — районных центров, выбраны и использованы в качестве контрольных зон в рамках данной работы.

В центрах муниципальных районов Воронежской и Саратовской областей, относящихся к субрегиону Прихоперья, исследования жизненности древесных растений осуществлялось в пределах транспортных, промышленных, коммунально-складских, общественно-деловых, жилых и рекреационных зон. В пригородных районах экологические исследования проводились в лесных массивах рекреационного, защитного, эксплуатационного назначений. Исследования состояния этой группы растений выполнялись в течение 2011–2019 гг.

Среднеарифметические значения индекса ЖС древесных растений муниципальных районов Воронежского региона представлены в форме гистограммы на рисунке 1. Эти значения сгруппированы по соответствующим территориальным объектам.

В среднем высшие значения индекса ЖС выявлены у древесных растений, произрастающих на удаленных от районных центров территориях (контрольные участки). Они составляют $94,3 \pm 2,4\%$ (Новохоперский район), $90,6 \pm 2,3\%$ (Грибановский район), $88,5 \pm 2,4\%$ (Поворинский район) и $86,9 \pm 2,5\%$ (Борисоглебский район). Далее (по убывающей) следуют пригородные рекреационные (ЖС древесных растений снижается по административным территориям от $89,5 \pm 2,5\%$ в Новохоперском районе до $82,1 \pm 2,2\%$ в Борисоглебском районе) и природоохранные леса (соответственно, от $85,6 \pm 2,4\%$ в Новохоперском районе до $76,8 \pm 2,3\%$ в Борисоглебском

районе). В экосистемах загородных территорий минимальные значения ЖС соответствуют анализируемой группе организмов, места обитания которых приурочены к эксплуатируемым лесным массивам: $82,4 \pm 1,9\%$ в Новохоперском районе, $76,1 \pm 2,0\%$ в Грибановском районе, $73,6 \pm 2,2\%$ в Поворинском районе, $72,4 \pm 2,3\%$ в Борисоглебском районе. Кроме контрольных участков, наилучшие показатели ЖС отличаются древесные растения, произрастающие в составе экосистем лесов рекреационного значения в Новохоперском, Грибановском муниципальных районах, лесов защитного назначения в первом из двух указанных административных территориальных единиц.

В условиях урбозем максимальные среднестатистические показатели жизненности характерны для древесных растений в зонах рекреации: $88,2 \pm 2,6\%$ (Новохоперск), $85,5 \pm 2,5\%$ (Грибановский), $84,7 \pm 2,7\%$ (Поворино) и $87,3 \pm 2,8\%$ (Борисоглебск). К ним приближены средние значения ЖС древесных растений в сообществах жилых зон, кроме Борисоглебска (где индекс ЖС составляет $75,3 \pm 2,6\%$): $85,8 \pm 2,8\%$ в Новохоперске, $82,2 \pm 2,6\%$ в Грибановском и $80,3 \pm 2,7\%$ в Поворино), а также на территориях общественно-деловых объектов Новохоперска ($83,1 \pm 2,6$), Грибановского ($80,4 \pm 2,7\%$). Минимальные среднестатистические показатели ЖС определены у представителей анализируемой группы организмов в транспортных зонах этих поселений: $75,4 \pm 2,5\%$ (Новохоперск); $68,7 \pm 2,5\%$ (Грибановский)); $67,5 \pm 2,8\%$ (Поворино); $63,8 \pm 2,9\%$ (Борисоглебск). Также признаки ослабления очевидны у древесных растений, растущих в промышленных и коммунально-складских зонах. А в городах Поворино и Борисоглебск это обстоятельство еще характерно для общественно-деловых зон

(76,5 ± 2,7%; 74,9 ± 3,2%), в Борисоглебске — также для зон жилой застройки (77,4 ± 2,9%).

В Саратовском Прихопerry за период исследований также определены средние арифметические значения ЖС древесных растений, произрастающих в составе экосистем на разных территориях. Результаты приведены далее на рисунке 2.

Представленные графически на рисунке результаты исследования жизнестойкости древесных растений, произрастающих в составе разных экосистем Саратовского Прихопerry, также (как в предыдущем случае) показывают некоторый разброс средних арифметических значений данного комплексного эколого-диагностического критерия состояния и устойчивости этих организмов и образуемых ими сообществ. Это касается как экологических систем на загородных территориях, так и экосистем самих урбанизированных территорий.

Наилучшие параметры ЖС установлены у древесных растений, произрастающих в относительно сохранившихся сообществах и при минимальной антропогенной нагрузке и, соответственно, выбранных для контрольного определения диагностируемых экологических критериев: 91,5 ± 2,1% (Турковский район); 93,1 ± 2,3% (Самойловский район); 90,8 ± 2,2% (Аркадакский район); 84,6 ± 2,1% (Балашовский район). Также приближены к когорте с максимальными среднеарифметическими значениями ЖС рассматриваемые растения, места произрастания которых располагаются в рекреационных лесных массивах ближней пригородной зоны Турковского (88,9 ± 2,2%), Самойловского (87,6 ± 2,0%), Аркадакского (87,4 ± 2,3%) муниципальных районов и, в свою очередь, в лесах защитного значения на загородной территории Турковского района (86,3 ± 2,1%). Минимальные параметры жизнестойкости характерны для древесных растений, обитающих на участках эксплуатационных лесных массивов. Наихудшая ситуация при этом в Аркадакском (индекс ЖС = 76,3 ± 2,3%) и Балашовском (индекс ЖС = 70,1 ± 2,2%) районах.

В пределах районных центров Саратовского Прихопerry максимальные средние арифметические показатели ЖС характерны для древесных растений в рекреационных территориях: 87,4 ± 2,3% в Турках; 84,5 ± 2,1% в Самойловке; 82,2 ± 2,4% в Аркадаке; 85,9 ± 2,7% в Балашове. К ним приближены анализируемые эколого-диагностические параметры растений в жилых зонах Турковского (84,6 ± 2,2%), Самойловского (83,9 ± 2,3%) и Аркадакского (81,6 ± 2,8) районов (за исключением Балашовского района, где ЖС древесных растений составляет в среднем 75,3 ± 2,7%), в общественно-деловых зонах Турковского (85,1 ± 2,3), Самойловского (82,3 ± 2,2%) районов, на коммунально-складских территориях

Самойловского района (80,2 ± 2,5%) и в промзонах Турковского района (81,9 ± 2,3%). Минимальные средневзвешенные значения индекса ЖС установлены для древесных растений, произрастающих в составе экосистем транспортных зон (значения эколого-диагностических параметров представлены в таком же порядке): 77,8 ± 2,3%; 74,2 ± 2,1%; 70,9 ± 2,7%; 57,3 ± 2,5%. Ближним к ним жизненным состоянием обладают растения рассматриваемой группы в промзонах Самойловки (76,7 ± 2,3%), Аркадака (73,3 ± 2,5%), Балашова (63,4 ± 2,6), а также коммунально-складских территорий Турков (78,2 ± 2,2%), Аркадака (75,5 ± 2,4%), Балашова (67,1 ± 2,7%). Несколько ослабленными также являются древесные растения и в общественно-деловых зонах Аркадака (78,7 ± 3,1%), Балашова (72,6 ± 2,8%) и в жилых массивах последнего указанного города (75,3 ± 2,5%).

Таким образом, наилучшие показатели жизнестойкости древесных растений по анализируемым территориальным объектам установлены у древесных растений в Новохоперском районе, характеризующимся минимальным хозяйственно-техносферным потенциалом. Худшие значения состояния этих организмов выявлены в Борисоглебском районе с наиболее развитым транспортно-производственно-хозяйственным комплексом среди муниципальных районов Воронежского Прихопerry. Промежуточное положение по значениям данного экологического показателя занимают Грибановский и Поворинский районы.

В Саратовском Прихопerry наибольшими среднестатистическими значениями ЖС характеризуются древесные растения, входящие в состав экосистем Турковского района в пределах аналогичных территориальных объектов. Наоборот, самые малые средние арифметические данные о состоянии древесных растений отмечены в Балашовском районе. Анализ результатов также выявил промежуточное положение Самойловского и Аркадакского районов Саратовской области по состоянию древесных растений на их территориях.

В обоих регионах у познегенеративных, субсенильных и сенильных древесных растений параметры ЖС варьировались от ослабленного до сильно ослабленного. Максимальные значения ослабления зафиксированы в транспортных, промышленных и коммунально-складских функциональных зонах.

Полученные и обработанные результаты жизнестойкости полезно использовать в качестве основы комплексной биоиндикации в рамках государственного экологического мониторинга и планируемых программ экологических изысканий в строительстве и реконструкции различных объектов. Выявление зон наибольшей экологической напряженности посредством опреде-

ления показателей ЖС древесных растений, во многом заключающих в себе фитоценотический облик местных экосистем, позволяет уделить более пристальное внимание природозащитным мерам и дифференцировать их с учетом природно-климатических, функциональных и экологических особенностей. Также полученные сведения о ЖС древесных растений необходимы в работах по ландшафтному планированию урбанизированных и загородных территорий, что будет способствовать более широкому территориальному охвату природоохранной и природовосстановительной деятельности в Прихоперье.

Заключение

Наилучшей жизненностью обладают древесные растения, произрастающие в составе природных лесных экосистем (контрольные зоны). Это подтвердило первоначальное предположение о низких антропогенных нагрузках в удаленных от городских поселений (городов и поселков), согласно местным материалам территориального планирования, территориях. Загородные лесные сообщества обладают лучшими показателями сохранности и экологической устойчивости. Они обладают качествами природно-экологических каркасов как для соседних наземных (полей, огородов, пастбищ, сенокосов) и водных (прудов, каналов) агросистем, так и для самих элементарных ландшафтов, придавая им свойства устойчивости.

Среди территориальных объектов, включенных в программу исследований, наилучшими показателями ЖС характеризуются древесные растения в рекреационных лесных массивах (пригородные зоны), экосистемах рекреационных зон городских поселений районного значения. Этому способствует, во-первых, общий относительно минимальный хозяйственно-антропогенный прессинг, во-вторых, — выполняемые работы по благоустройству и уходу за древостоями. В то же время логично отметить, что они все же недостаточны, т.к. индексы ЖС древесных растений на этих функциональных территориях во всех муниципальных районах Прихоперья составили в среднем ниже 90%. Также они достоверно ниже значений аналогичного эколого-диагностического показателя растений в пригородных рекреационных объектах.

Относительно высокими параметрами ЖС обладают рассматриваемые растения в жилых зонах, что, в общем, объясняется низкими урбано-техногенными нагрузками на озелененные территории жилых зон. По остальным функциональным зонам наметился некоторый разброс в среднеарифметических значениях, связанный, с одной стороны, с мощностью техногенно-хозяйственного давления на древостои, с другой — с эффективностью

мероприятий по уходу за зелеными насаждениями в соответствующих функциональных зонах. Тем не менее очевидно, что в пределах транспортных, коммунально-складских и промышленных зон уровни техногенных нагрузок существенно выше в сравнении с другими функциональными зонами, что продемонстрировано среднезвешенными показателями жизненности древесных растений.

Согласно визуальным обследованиям древесных растений и мест их произрастания, с учетом близости расположения главных источников загрязнения (образующихся в местах сбора и хранения отходов, расположения шиномонтажей, автомастерских, торговых и деловых организаций, предприятий, котельных, автотранспорта), характера и интенсивности природопользования и, самое важное, на основе анализа результатов уровни хозяйственно-антропогенных нагрузок дифференцируются таким образом: высокая нагрузка — при значениях индекса ЖС древесных растений от 50 до 69%, повышенная — при значениях данного диагностического параметра от 70 до 79%, средняя — от 80 до 85%, слабая (низкая) — индекс ЖС данной группы организмов от 86 до 100%. Вследствие того, что ЖС является комплексным показателем состояния и устойчивости древесных растений, по нему можно судить о состоянии древесных насаждений и, следовательно, в целом, образуемых ими сообществ. Кроме этого, комплекс учтенных показателей сохранности и состояния древостоев демонстрирует степени ослабления и, как следствие, уровни хозяйственно-антропогенного давления на экосистемы и окружающую среду.

Особенно важно в практическом отношении, что установленные значения жизненности древесных растений, произрастающих на загородных и урбанизированных территориях, представляют существенный объем современных научных сведений о состоянии и устойчивости образуемых ими растительных сообществ и о качестве окружающей среды на значительном пространстве Прихоперья. Эти сведения полезно использовать в разработке комплексной, системной деятельности по лесовосстановлению, лесопатологическому и экологическому мониторингу, приданию лесным массивам разных целевых категорий природоохранных качеств с учетом выявленных участков с наибольшими значениями экологического напряжения, специфики местных ландшафтно-климатических и лесорастительных условий. Параметры ЖС древесных растений представляют первостепенную значимость в оценке экологической устойчивости и ресурсных свойств зеленых насаждений в городах и поселках района исследований. Данные эколого-диагностические показатели рассмотренной группы растений рекомендуем положить в основу экологического мониторинга за состоянием и устойчивостью

урбоэкосистем на принципах постоянства наблюдений и широкого территориального охвата в муниципальных образованиях Воронежской и Саратовской областей.

Перманентный мониторинг ЖС древесных растений на функционально и экологически различных территориях позволяют оценивать эффективность санитарно-экологического благоустройства, правильность и достаточность ухода за насаждениями и агротехнических приемов в современных городах и поселках Прихоперья. Кроме этого, показатели ЖС данной группы организмов предоставляют возможность наметить ключевые направления по конструированию новых городских экосистем, по реконструкции и оптимизации состава и структур имеющихся урбоэкосистем в соответствии

с экологическими, природно-климатическими и функционально-планировочными особенностями местностей. В свою очередь проекты по реконструкции и оптимизации состава таких экосистем посредством введения в озеленение видов древесных растений с наиболее высокими показателями жизнеспособности, состояния и устойчивости будут способствовать росту продуктивности и устойчивости растительных сообществ и общему оздоровлению экологической обстановки. То есть контроль озеленительных мероприятий, качества посадочного материала и мониторинг за состоянием древесных растений позволяет эффективно регулировать развитие искусственных экосистем и управлять качеством окружающей среды, что укладывается в требования устойчивого развития современных поселений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булгаков Н. Г. Индикация состояния природных экосистем и нормирование факторов окружающей среды. Обзор существующих подходов // Успехи современной биологии. 2002. Т. 122, № 2. С. 115–135.
2. Стрельников В. В., Мельченко А. И. Экологический мониторинг: учебник. Краснодар: Юг, 2012. 372 с.
3. Дроздов Н. Н., Мяло Е. Г. Экосистемы мира. М.: АБФ, 1997. 340 с.
4. Schröpfer T., Menz S. Impact on Urban Ecosystems // Dense and Green Building Typologies. Singapore: Springer, 2019. P. 79–82.
5. Rendon P., Maes J., Erhard M., Burkhard B. Analysis of trends in mapping and assessment of ecosystem condition in Europe // International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management. 2019. Vol. 15 (1). P. 156–172.
6. Bhutekar D. D., Aher S. B. Biological monitoring of riverine ecosystem and its correlation with water quality // Bioscience Biotechnology Research Communications. 2019. Vol. 12 (1). P. 194–202.
7. Ларионов М. В. Теоретическая и прикладная экология: учеб. пособие для вузов. Саратов: Сарат. источ., 2019. 186 с.
8. Barron-Gafford G. A., Scott R. L., Jenerette G. D., Hamerlynck E. P., Huxman T. E. Landscape and environmental controls over leaf and ecosystem carbon dioxide fluxes under woody plant expansion // Journal of Ecology. 2013. Vol. 101 (6). P. 1471–1483.
9. Mateo R. G., Gaston A., Aroca-Fernandez M. J., Saura S., Garcia-Viñas J. I. Optimization of forest sampling strategies for woody plant species distribution modelling at the landscape scale // Forest Ecology and Management. 2019. Vol. 410. 104–113.
10. Agra H., Ne'eman G., Shachak M., Segoli M., Gabay O. Canopy structure of woody landscape modulators determines herbaceous species richness along a rainfall gradient // Plant Ecology. 2015. Vol. 216 (11). P. 1511–1522.
11. Brandle, J. R., Schoeneberger M. M. Working trees: Supporting agriculture and healthy landscapes // Journal of Tropical Forest Science. 2014. Vol. 26 (3). P. 305–308.
12. Medley K. E., Maingi J. K., Mutiti Ch. Conservation of Woody Plant Diversity in Kenya // Biodiversity and Conservation of Woody Plants. Dordrecht: Springer Link, 2017. P. 273–290.
13. Бебия С. М. Дифференциация деревьев в лесу, их классификация и определение жизненного состояния древостоев // Лесовед. 2000. № 4. С. 35–43.
14. Кавеленова Л. М. Экологические основы теории и практики системы фитомониторинга урбосреды в условиях лесостепи: дис. ... д-ра биол. наук. Самара, 2003. 399 с.
15. Леонова Н. А., Ильин В. Ю. Фитоиндикация загрязнений лесных экосистем // Нива Поволжья. 2017. № 1. С. 39–47.
16. Леонова Н. А. Десятилетняя динамика растительности памятника природы «Присурская дубрава» // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В. Г. Белинского. 2006. № 5. С. 29–36.
17. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесовед. 1989. № 4. С. 51–57.
18. Методика организации и проведения работ по мониторингу лесов европейской части России по программе ICP-Forest (методика ЕЭК ООН): инструкция Рослесхоза от 21.02.1995 г. М.: Изд-во Рослесхоза, 1995. 42 с.
19. Шихова Н. С. Оценка жизненного состояния древесных видов в условиях загрязнения среды // Тр. междунар. конф. по анат. и морфол. раст. СПб.: Диада, 1997. С. 332–333.
20. Шихова Н. С., Полякова Е. В. Оценка жизненного состояния и устойчивости видов в озеленении г. Владивостока // Бюллетень ГБС. 2003. Вып. 185. С. 14–27.

© Громова Татьяна Сергеевна (gromova.tatiana2015@rambler.ru), Сираева Ирина Салаватовна (irina.siraeva@mail.ru), Ермоленко Анна Сергеевна (berestnevaanna@mail.ru), Ларионов Николай Викторович (Inv0001@yandex.ru), Ларионов Максим Викторович (m.larionow2014@yandex.ru), Солдатова Валерия Викторовна (valeria.soldatova@yandex.ru), Кулагина Екатерина Юрьевна (kylaginaek@mail.ru), Яицкий Андрей Степанович (yaitsky@pgsga.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНА BCKDHB У НАСЕЛЕНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

MOLECULAR-GENETIC RESEARCH OF BCKDHB GENE IN AZERBAIJAN POPULATION

*L. Huseynova
R. Ahverdieva*

Summary. Using molecular genetic diagnostic methods, two members of the same family were diagnosed with a disease associated with metabolic disturbances — the maple syrup urine disease.

The results of identification of the gene for the disease of the maple syrup urine disease at the 508 position of the BCKDHB gene revealed the replacement of the cytosine nucleotide with the thymine nucleotide in the homozygous state. This mutation was previously known to science as one of the mutations of pathological alleles leading to a disease of the maple syrup urine disease.

A mutation 508 (CT) of the BCKDHB gene in the homozygous state was identified, which was the cause of the disease of the maple syrup urine disease.

The study of the BCKDHA gene revealed three mutations: 1. Replacement of the cytosine nucleotide with thymine nucleotide at position 59 (59 CT); 2. replaced the cytosine nucleotide with the thymine nucleotide at position 972 (972 CT); 3. replacement of the adenine nucleotide with the guanine nucleotide at position 1221 (1221 A-G). All of the above mutations were in a heterozygous state. According to the literature, all three mutations do not cause pathology, refer to neutral mutations.

For the first time, the presence of three neutral genetic polymorphisms in the BCKDHA gene was revealed: 972 (CT), 59 (CT) and 1221 (A-G) in the heterozygous state.

Given the presence of this disease in the population, ways of their prevention are discussed in the form of medical and genetic counseling for families with a genetic risk of giving birth to a sick child, followed by prenatal diagnosis and mass screening of the disease among newborns of the Republic of Azerbaijan.

Keywords: maple syrup, metabolic diseases, toxin, amino acid, enzyme.

Гусейнова Лала Самеддиновна

*К.п.н., Азербайджанский Медицинский Университет,
Азербайджан, Баку
royahuseynova2006@gmail.com*

Агвердиева Рая Рустамовна

*К.б.н., Азербайджанский Медицинский Университет,
Азербайджан, Баку
azmbi@mail.ru*

Аннотация. С помощью молекулярно-генетических методов диагностики у двух членов одной семьи диагностировано заболевание, связанное с нарушением обмена аминокислот — запахом кленового сиропа.

Результаты идентификации гена заболевания запаха кленового сиропа в 508 позиции гена BCKDHB выявили замену нуклеотида цитозин на нуклеотид тимин в гомозиготном состоянии. Данная мутация ранее известна науке как одна из мутаций патологических аллелей, приводящая к заболеванию запаха кленового сиропа.

Идентифицирована мутация 508 (С-Т) гена BCKDHB в гомозиготном состоянии, которая и была причиной заболевания запаха кленового сиропа.

Исследование гена BCKDHA выявило три мутации: 1. Замена нуклеотида цитозин на нуклеотид тимин в позиции 59 (59 С-Т); 2. заменануклеотида цитозин на нуклеотид тимин в позиции 972 (972 С-Т); 3. замена нуклеотида аденин на нуклеотид гуанин в позиции 1221 (1221 А-Г). Все вышеописанные мутации были в гетерозиготном состоянии. По литературным данным все три мутации не вызывают патологию, другими словами, относятся к нейтральным мутациям.

Впервые выявлено наличие трех нейтральных генетических полиморфизмов в гене BCKDHA: 972 (С-Т), 59 (С-Т) и 1221 (А-Г) в гетерозиготном состоянии.

Учитывая наличие данного заболевания в популяции, обсуждаются пути их профилактики в виде медико-генетической консультации семей с генетическим риском рождения больного ребенка с последующей пренатальной диагностикой и массовым скринингом заболевания среди новорожденных Азербайджанской Республики.

Ключевые слова: кленовый сироп, метаболические заболевания, токсин, аминокислота, фермент.

Блезнь запаха кленового сиропа MSUD (Maple syrup urine disease) сложное заболевание, которое является наследственным. Болезнь запаха кленового сиропа сопровождается полным или же частичным на-

рушением активности ферментов участвующих в обмене трех аминокислот — валина, лейцина и изолейцина. Если процесс обмена валина, лейцина и изолейцина нарушен, то происходит накопление и распад этих аминокислот

в организме. Продукты распада этих аминокислот из организма выводятся мочой и являются токсичными. Эти токсины относятся к биогенным аминам — трупному яду.

Выявлен семейный случай наследственного заболевания — запаха кленового сиропа-сопровождающийся нарушением обмена трех аминокислот, валина, лейцина и изолейцина. Идентифицирована новая ранее неизвестная в Азербайджане мутация 508 (С-Т) гена BCKDHB в гомозиготном состоянии у двух разнополых детей. Впервые идентифицировано наличие трех нейтральных генетических полиморфизмов в гене BCKDHA: 972 (С-Т), 59 (С-Т) и 1221 (А-Г) в гетерозиготном состоянии. Учитывая наличие данного заболевания в популяции, обсуждаются пути их профилактики в виде медико-генетической консультации с последующей пренатальной диагностикой и массовым скринингом заболевания среди новорожденных Азербайджанской Республики.

Введение

Генетически гетерогенное заболевание, которое связано с недостаточностью ферментного комплекса дегидрогеназ-кетокислот с боковыми цепями (BCKAD). В состав BCKAD входит 4 субъединицы (E1a, E1b, E2, и E3). Мутации в 3 генах, кодирующие эти белки приводят к нарушению расщепления разветвленных аминокислот и накоплению соответствующих разветвленных органических кетокислот в биологических жидкостях и тканях (2, 3). Ген, кодирующий E1a субъединицу (BCKDHA) картирован на 19q13.1-q13.2), субъединицу E1b (BCKDHB) картирован на 6q14), E2 (DBT) (картирован на 1p31), E3 (DLD) картирован на 7q31-q32. Мутации в гене E3 (DLD) приводят к заболеванию по клинической картине, сходному с синдромом Ли (5).

Заболевание имеет аутосомно-рецессивный тип наследования. У практически здоровых родителей рождается больной ребенок. Средняя частота 1:185000 живых новорожденных. Заболевание распространено в высокоинбредных популяциях Пенсильвании — частота 1:380 живых новорожденных (1,4,6).

Недостаточность ферментного комплекса дегидрогеназ *-кетокислот с боковыми цепями, сопровождающаяся накоплением кетокислот (превалирует *-кетокислота) в биологических жидкостях и тканях, ведет к метаболическому кетоацидозу, гипераммониемии, токсически действует на центральную нервную систему, вызывая генерализованный или локальный (белое вещество мозжечка, ствол) отек мозга, гипомиелинизацию, атрофию (9). Безусловное нейротоксическое действие имеют лейцин и его кетокислота, нейротоксический эффект валина и его кетокислоты сомнителен. Вторично нарушаются другие метаболические процессы: снижается доступность субстратов для глюконеогенеза

неза в печени — аланина и глутамина, избыточно потребляемых для реанимирования *-кетокислот, что ведет к гипогликемии. Запах «кленового сиропа» обусловлен накоплением *-кето-* метилвалериановой кислоты (7).

Классическая (острая) форма наблюдается наиболее часто. Заболевание дебютирует с первой недели жизни с отказа от еды, необъяснимых рвот, судорог, летаргии, быстро прогрессирующей в кому. Развивается метаболический кетоацидоз и гипогликемия. Характерны потеря веса и прогрессирующая неврологическая симптоматика в виде нарушения мышечного тонуса, патологический рефлекс Моро, стереотипные движения по типу «педалирующих» или «боксирующих» (8,10).

При промежуточной форме заболевание может дебютировать с внезапно возникшей преходящей атаксии. В большинстве случаев болезнь манифестирует от 5 месяцев до 7 лет. Внезапное ухудшение может быть связано с инфекционными заболеваниями или стрессом, что напоминает классическую форму заболевания. Моча, пот, серная пробка могут иметь специфичный сладкий запах. Во время метаболического криза наблюдается повышение уровня лейцина, изолейцина, валина в крови и их метаболитов в моче. В неонатальном периоде и между метаболическими кризами данные показатели могут иметь нормальные значения (11).

Для интермиттирующей формы характерно волнообразное течение. Заболевание манифестирует в возрасте от 5 месяцев до 2 лет, но иногда значительно позже. Приступы метаболического кетоацидоза, провоцируются факторами: вакцинацией, интеркуррентными инфекциями, высокобелковой диетой, оперативными вмешательствами. Заболевание манифестирует приступами рвот, дегидратации, прогрессирующей летаргией, судорогами, мозжечковой атаксией. В межприступный период пациенты не предъявляют жалоб и биохимические показатели (уровень аминокислот и органических кислот) может быть в пределах нормы. На высоте приступа метаболического кетоацидоза может развиваться ступор или кома с летальным исходом (6,9).

Таким образом, целью наших исследований является молекулярно-генетическое исследование двух больных детей из одной семьи с заболеванием запаха кленового сиропа, проживающих в г. Баку.

Материалы и методы исследований

Материалом для исследований явилась венозная кровь от двух детей из одной семьи А.А. в количестве 2 мл с использованием антикоагулянта — гепарин. Идентификацию мутаций проводили с использованием комплекса молекулярно-генетических методов.

Геномную ДНК из венозной крови выделяли, используя готовые наборы фирмы QIAGEN (Германия). Интактность и количество выделенного геномного ДНК, а также фрагментов гена после полимеразно-цепной реакции (ПЦР) определяли путем электрофореза на 1,7%-ом агарозном геле. Использовали электрофоретический аппарат и источник питания фирмы BioRad (США). В качестве маркера для идентификации синтезированных фрагментов ДНК использовали DNALadder 100 bp.

Режим ПЦР для генов BCKDNA и BCKDNB был следующим: 95оС-2 мин., (95оС-30I, 58оС-30I, 78оС-2 мин. 25 циклов), 72оС-10 мин. и пауза при 4оС -10мин. и режим ПЦР для гена GAL1-95оС-2 мин., (95оС-30I, 60оС-30I, 76оС-2 мин. 30 циклов), 72оС-10 мин. и пауза при 4оС- 10 мин. ПЦР проводили на амплификаторе — Professional Thermocycler фирмы Biometra, (Германия). Для амплификации каждого участка гена BCKDNA (9 экзона) и BCKDNB (10 экзона) использовали по два праймера (Forward и Reverse).

При очистке фрагментов ДНК после первой ступени ПЦР использовали набор магнитов: «Agencourt AMPure XP PCR purification» и SPRIPlate 96 Super Magnet Plate. Затем очищенные фрагменты ДНК использовали для дальнейших исследований. Вторую ПЦР проводили в режиме: 95оС-2 мин., (95оС-30I, 52оС-58 оС — 30I, 78оС-2 мин. 30 циклов), 72оС-10 мин. и пауза на амплификаторе при 4оС -10 мин.

Затем проводили стандартную процедуру на аппарате GENOME Lab GeXP™ Sequencing для определения нуклеотидной последовательности каждого фрагмента ДНК.

Результаты исследований и их обсуждения

Семья А. А. имеет трех детей: средний ребенок А.М. девочка трех лет больная с рождения, второй больной ребенок А.Т. новорожденный мальчик также больной с рождения. Оба ребенка родились в срок с нормальным весом и ростом. Однако, после первых суток после рождения у новорожденного начались проблемы, связанные с желудочно-кишечным трактом. Неспецифический запах в моче у новорожденного, напоминающий запах кленового сиропа, навел нас на мысль наличия заболевания, сопровождающегося нарушением обмена аминокислот, валина, лейцина и изолейцина, т.е. болезни запаха кленового сиропа. Такая же история была и со старшим ребенком. Моча больного дала положительную реакцию с 2,4-динитрофенилгидрозином, что свидетельствовало о наличии заболевания запаха кленового сиропа.

Результаты идентификации гена заболевания запаха кленового сиропа в 508 позиции гена BCKDNB выявили замену нуклеотида цитозин на нуклеотид тимин в гомозиготном состоянии. Данная мутация ранее известна науке как одна из мутаций патологических аллелей, приводящая к заболеванию запаха кленового сиропа (5).

Исследование гена BCKDNA выявило три мутации: 1. Замена нуклеотида цитозин на нуклеотид тимин в позиции 59 (59 С-Т); 2. замена нуклеотида цитозин на нуклеотид тимин в позиции 972 (972 С-Т); 3. замена нуклеотида аденин на нуклеотид гуанин в позиции 1221 (1221 А-Г). Все вышеописанные мутации были в гетерозиготном состоянии. По литературным данным все три мутации не вызывают патологию, другими словами, относятся к нейтральным мутациям.

Следовательно, мутация 508 (С-Т) гена BCKDNB в гомозиготном состоянии у больного А.М. привела к заболеванию под названием запах кленового сиропа.

Таким образом, выявлена наследственное заболевание связанное с обменом аминокислот — запах кленового сиропа у двух членов одной семьи. Идентифицирована мутация 508 (С-Т) гена BCKDNB в гомозиготном состоянии.

Впервые идентифицировано наличие трех нейтральных генетических полиморфизмов в гене BCKDNA: 972 (С-Т), 59 (С-Т) и 1221 (А-Г) в гетерозиготном состоянии.

Учитывая наличие данного заболевания в популяции, обсуждаются пути их профилактики в виде медико-генетической консультации семей с генетическим риском рождения больного ребенка с последующей пренатальной диагностикой и массовым скринингом заболевания среди новорожденных Азербайджанской Республики.

Выводы

1. С помощью молекулярно-генетических методов диагностики у двух членов одной семьи диагностировано заболевание, связанное с нарушением обмена аминокислот — запах кленового сиропа.
2. Идентифицирована мутация 508 (С-Т) гена BCKDNB в гомозиготном состоянии, которая и была причиной заболевания запаха кленового сиропа.
3. Впервые выявлено наличие трех нейтральных генетических полиморфизмов в гене BCKDNA: 972 (С-Т), 59 (С-Т) и 1221 (А-Г) в гетерозиготном состоянии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chuang, J.L., Wynn, R.M., Moss, C.C., Song, J., Li, J., Awad, N., Mandel, H., Chuang, D.T. Structural and biochemical basis for novel mutations in homozygous Israeli maple syrup urine disease patients. *J. Biol. Chem.* 279: 17792–17800, 2004.
2. Feuchtbaum, L., Carter, J., Dowray, S., Currier, R.J., Lorey, F. Birth prevalence of disorders detectable through newborn screening by race/ethnicity. *Genet. Med.* 14: 937–945, 2012.
3. Flaschker, N., Feyen, O., Fend, S., Simon, E., Schadewaldt, P., Wendel, U. Description of the mutations in 15 subjects with variant forms of maple syrup urine disease. *J. Inherit. Metab. Dis.* 30: 903–909, 2007.
4. Gortz, P., Koller, H., Schwahn, B., Wendel, U., Siebler, M. Disturbance of cultured rat neuronal network activity depends on concentration and ratio of leucine and alpha-ketoisocaproate: implication for acute encephalopathy of maple syrup urine disease. *Pediatr. Res.* 53: 320–324, 2003.
5. Morton, D.H., Strauss, K.A., Robinson, D.L., Puffenberger, E.G., Kelley, R. I. Diagnosis and treatment of maple syrup disease: a study of 36 patients. *Pediatrics* 109: 999–1008, 2002.
6. Nellis, M.M., Danner, D. J. Gene preference in maple syrup urine disease. *Am. J. Hum. Genet.* 68: 232–237, 2001.
7. Nellis, M.M., Kasinski, A., Carlson, M., Allen, R., Schaefer, A.M., Schwartz, E.M., Danner, D. J. Relationship of causative genetic mutations in maple syrup urine disease with their clinical expression. *Molec. Genet. Metab.* 80: 189–195, 2003.
8. Quental, S., Gusmao, A., Rodriguez-Pombo, P., Ugarte, M., Vilarinho, L., Amorim, A., Prata, M. J. Revisiting MSUD in Portuguese Gypsies: evidence for a founder mutation and for a mutational hotspot within the BCKDHA gene. *Ann. Hum. Genet.* 73: 298–303, 2009.
9. Quental, S., Macedo-Ribeiro, S., Matos, R., Vilarinho, L., Martins, E., Teles, E. L., Rodrigues, E., Diogo, L., Garcia, P., Eusebio, F., Gaspar, A., Sequeira, S., Furtado, F., Lanca, I., Amorim, A., Prata, M. J. Molecular and structural analyses of maple syrup urine disease and identification of a founder mutation in a Portuguese Gypsy community. *Molec. Genet. Metab.* 94: 148–156, 2008. [
10. Schadewaldt, P., Bodner-Leidecker, A., Hammen, H.-W., Wendel, U. Whole-body L-leucine oxidation in patients with variant form of maple syrup urine disease. *Pediatr. Res.* 49: 627–635, 2001.
11. Wu, J.-Y., Kao, H.-J., Li, S.-C., Stevens, R., Hillman, S., Millington, D., Chen, Y.-T. ENU mutagenesis identifies mice with mitochondrial branched-chain aminotransferase deficiency resembling human maple syrup urine disease. *J. Clin. Invest.* 113: 434–440, 2004.

© Гусейнова Лала Самединовна (royahuseynova2006@gmail.com), Агвердиева Рая Рустамовна (azmbi@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Азербайджанский Медицинский Университет

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ МИКРОМИЦЕТОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПОЧВ ЗОНЫ ГАРАДАГСКОГО ЦЕМЕНТНОГО ЗАВОДА «HOLCIM»

ENZYME ACTIVITY OF MICROMYCETES ISOLATED FROM SOILS IN THE ZONE OF “HOLCIM” GARADAGH CEMENT PLANT

S. Kasumova
I. Babayeva
L. Aliyeva
V. Isayeva

Summary. A quantitative composition of microorganisms in the soil of “Holcim” Garadagh Cement plant (CP), which is located on Absheron peninsula, was studied. It was found that while the number of bacteria decreases, the number of fungi as well as actinomycetes increases, when the distance to CP lessens. Among the isolated micromycetes from 12 genera — *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Cladosporium*, *Chaetomium*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Mycella*, *Alternaria*, *Mortirella*, *Acremonium* — toxigenic and allergenic species were detected. Isolated micromycete cultures were tested for ability to show the activity of 8 enzymes: protease, gelatinase, urease, phospholipase C, lipase, catalase, peroxidase, polyphenol oxidase. The percentage of positive tests results on the enzyme activity has shown a growth, depending on increasing distance to CP.

Keywords: soil, microorganisms, micromycetes, enzymes, ecology.

Касумова Светлана Юсиф кызы

Институт Микробиологии НАН Азербайджана
г. Баку

kasumova-kasumova@mail.ru

Бабаева Ирада Халид кызы

В.н.с., Институт Микробиологии НАН Азербайджана
г. Баку

babayevairada@mail.ru

Алиева Лала Ариф кызы

С.н.с., Институт Микробиологии НАН Азербайджана,
г. Баку

lalaaliev@mail.ru

Исаева Вусаля Камаледдин кызы

М.н.с., Институт Микробиологии НАН
Азербайджана, г. Баку

isayevavusale33@gmail.com

Аннотация. Изучен количественный состав микроорганизмов почв Гарадагского цементного завода (ЦЗ) «Holcim» Апшеронского полуострова и обнаружено, что по мере приближения к ЦЗ наблюдается уменьшение численности бактерий и увеличение количества грибов и актиномицетов. Среди выделенных микромицетов из 12 родов — *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Cladosporium*, *Chaetomium*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Mycella*, *Alternaria*, *Mortirella*, *Acremonium* — обнаружены токсигенные и аллергенные виды. Выделенные культуры микромицетов были испытаны на способность проявлять активность 8 ферментов: протеаза, желатиназа, уреазы, фосфолипаза С, липаза, каталаза, пероксидаза, полифенолоксидаза. Процент положительных результатов теста на активность ферментов показал его увеличение по мере удаления от цементного завода.

Ключевые слова: почва, микроорганизмы, микромицеты, ферменты, экология.

Введение

В настоящее время загрязнение окружающей природными и техногенными поллютантами остаётся серьёзной проблемой. На сельскохозяйственные территории попадают такие опасные загрязнители почвы как нефть, отходы и выбросы химических предприятий, включая металлургические, цементные и многие другие. Кроме того, отходы этих предприятий оказыва-

ют значительное воздействие на состав и свойства почв, что в свою очередь отражается на здоровье населения близлежащих населённых пунктов. Растущее число новых ксенобиотиков не всегда позволяет провести объективную оценку их воздействия на среду обитания и на почву, в частности. Поэтому, растёт интерес к микроорганизмам — биоиндикаторам, с помощью которых можно оценить воздействие токсикантов на окружающую среду.

Таблица 1. Численность микроорганизмов в исследуемых почвах

Удаленность опытных участков от цементного завода	Численность микроорганизмов		
	Бактерии (10 ⁷ КОЕ/г)	Грибы (10 ⁴ КОЕ/г)	Актиномицеты (10 ⁴ КОЕ/г)
1	80	308	268
2	104	278	236
3	115	258	224
4	120	210	206
контроль	142	170	193

Примечание: 1–100 м от, 2–500 м, 3–1500 м, 4–2500 м, контроль –5000 м

Как известно, микроскопические грибы являются одним из важных компонентов почвенного биогеоценоза и осуществляют в нем редукцию органического вещества. Из всех групп микроорганизмов именно микромицеты наиболее устойчивы к техногенному загрязнению, так как обладают мощной ферментативной системой и обильным спорообразованием [10,11,15]. В связи с этим, в последнее время многими исследователями микромицеты и их ферменты активно изучаются в качестве возможных биоиндикаторов различных типов техногенного воздействия, таких как, нефтяное загрязнение [3,10,15], отходов металлургических производств [1], выбросов цементных заводов [5,6,12,13,16], лигниновых шламоотвалов [9] и др.

Учитывая вышесказанное, целью нашей работы было изучение микромицетов почвы в зоне действия выбросов Гарадагского ЦЗ «Holcim» Апшеронского полуострова.

Материалы и методы исследования

Материалом исследования служили образцы серо-бурых почв Апшерона, которые отбирали с опытных участков, расположенных на расстоянии 100, 500, 1500 и 5000 м от Гарадагского ЦЗ «Holcim». Выделение и определение общего количества микроорганизмов из почв осуществлялось общепринятыми методами [4]. Полученные чистые культуры микромицетов идентифицировали классическими методами почвенной микробиологии путем проведения культурально-морфологических и физиолого-биохимических тестов [2,4]. Идентификацию культур проводили, руководствуясь определителями [7, 17]. Для определения пероксидазной и фенолоксидазной активности на поверхности мицелиальной

колонии с помощью цветowych химических реакций применяли следующие тесты: для определения пероксидазы — с пирогаллолом и H₂O₂, для полифенолоксидазы — с танином (тест Бавендамма) [2]. Протеолитическую активность штаммов визуально определяли по образованию просветленных зон или зон разжижения на чашках Петри с МПА и молоком; желатиназную активность на мясо-пептонной желатине [2]. Каталазную активность определяли методом перманганатометрического титрования [2]. Для изучения лецитиназы (фосфолипазы С -ФЛС) использовали твердые и жидкие питательные среды с добавлением яичного желтка по положительной лецитин-вителлиновой реакции [8]. Для определения активности фермента уреазы проводили посев штаммов на твердую агаризованную среду с 10 г/л мочевины и 2 мг/л 1,6% спиртового раствора крезолового красного [1]. Долю разных видов ферментативной активности рассчитывали по формуле: $E=A/B$, где А — количество баллов (положительных результатов теста), В — количество видов активности [1].

Результаты и их обсуждение

При исследовании количественного состава микроорганизмов в почвах в районе цементного завода почвенные суспензии высевались на селективные среды. Выросшие колонии плесневых и дрожжевых грибов, актиномицетов, бактерий оценивались по культурно-морфологическим особенностям. Результаты исследований показали, что в изученных образцах почв больше 50% выделенных бактерий относятся к роду *Bacillus*, 30% — к роду *Pseudomonas*. Остальные бактерии были представлены кокками. Результаты микробиологического анализа (таб.1) показали, что численность микроорганизмов различных таксономических групп в почвенных образцах варьирует в зависимости от места их взятия.

Таблица 2. Ферментативная активность выделенных почвенных микромицетов

Название вида	Ферментативная активность							
	протеаза	желатиназа	уреаза	фосфолипаза С	липаза	каталаза	пероксидаза	полифенол-оксидаза
<i>Asperillus flavus</i>	+	+	+	+	+	+	-	-
<i>A.fumigatus</i>	+	+	-	-	-	+	-	+
<i>A.niger</i>	+	+	+	+	+	+	+	-
<i>A.terreus</i>	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>A.terricola</i>	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>A.versicolor</i>	+	-	-	-	+	+	-	-
<i>A. ochraceus</i>	+	+	-	-	-	+	-	-
<i>A. ruber</i>	+	-	-	-	-	+	-	-
<i>A. sydowii</i>	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Penicillium cyclopium</i>	+	+	+	+	-	+	+	-
<i>P. chrysogenum</i>	+	+	+	-	+	+	+	-
<i>P. granulatum</i>	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. citrinum</i>	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. spinulosum</i>	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. ochraceum</i>	+	-	-	+	+	+	-	+
<i>P. funiculosum</i>	+	-	-	+	+	+	-	-
<i>P. lanosum</i>	+	-	+	-	-	+	-	-
<i>P. notatum</i>	+	+	-	-	-	+	+	-
<i>Fuzarium moniliforme</i>	+	+	-	+	+	+	+	-
<i>F. solani</i>	-	-	-	+	-	+	-	-
<i>F. oxysporum</i>	-	-	-	-	+	+	-	+
<i>Trichoderma viride</i>	+	-	-	+	-	-	+	+
<i>Cladosporium herbarum</i>	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. brevicompactum</i>	-	+	-	-	-	+	-	-
<i>Chaetomium globosum</i>	-	-	+	+	-	-	-	-
<i>Rhizopus nigricans</i>	+	+	+	+	+	+	-	-
<i>R. stolonifer</i>	+	-	+	+	+	-	-	-
<i>Mucor hiemalis</i>	+	+	-	+	-	+	-	-
<i>M. griseo-cyanus</i>	+	+	-	+	-	-	-	-
<i>Mycella sterilla</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mortirella ramanniana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acremonium strictum</i>	+	-	-	-	-	+	-	-
<i>Alternaria alternata</i>	-	+	+	+	+	+	-	-

Примечание: (+),(±) — наличие активности; (-)- отсутствие



Рис 1. Эколого-трофическая характеристика грибов, выделенных из почв территории Гарадагского ЦЗ

Так, во всех образцах почв наблюдается изменение состава и уменьшение численности бактерий, которое значительно проявляется в образцах почв № 1 и № 2. В количественном содержании грибов и актиномицетов во всех образцах почв наблюдается тенденция к увеличению их числа по мере приближения к ЦЗ, что совпадает с данными работы Казаковой А. Н. по изучению почв в зоне Ульяновского ЦЗ [5].

Выделенные из исследованных почв штаммы микромицетов включали 33 вида грибов, относящихся к 12 родам — *Aspergillus* (9), *Penicillium* (9), *Fusarium* (3), *Trichoderma*, *Cladosporium* (2), *Chaetomium*, *Rhizopus* (2), *Mucor* (2), *Mycella*, *Alternaria*, *Mortirella*, *Acremonium* — по одному виду. Как видно, подавляющее большинство выделенных грибов принадлежат родам *Penicillium* и *Aspergillus*.

Известно, что грибы в том или ином биотопе характеризуются эколого-трофическими взаимоотношениями, а также токсигенностью и аллергенностью, и выяснение этого вопроса важно для понимания природы выполняемых грибами функций. По этой причине было сочтено целесообразным охарактеризовать в этом аспекте результаты, полученные в ходе данных исследований. Результаты исследования отражены в диаграмме (рис.) Все выделенные культуры микромицетов были испытаны на способность проявлять активность следующих 8 ферментов: протеаза, желатиназа, уреазы, фосфолипаза С, липаза, каталаза, пероксидаза, полифенолоксидаза.

Все выделенные культуры микромицетов были испытаны на способность проявлять активность следующих 8 ферментов: протеаза, желатиназа, уреазы, фосфолипаза С, липаза, каталаза, пероксидаза, полифенолоксидаза. Как видно из таблицы № 2, протеолитическая активность на молочном агаре отмечается у большинства штаммов, что составляет 78,7% от общего количества всех испытанных культур. Процент культур, разжижающих желатин составил 39,3%, фосфолипазы — у 42,2%, липолитические ферменты были обнаружены у 33,35%, каталазную активность проявляли 60,6% испытанных культур. Самый низкий процент отмечен в отношении уреазной активности — у 27,2%. Активность фермента пероксидазы и полифенолоксидазы проявляли лишь единичные штаммы микромицетов — 6 и 4 соответственно.

Долевое соотношение разных видов ферментативной активности, рассчитанное по формуле, предложенной Берсеновой О. А. [1] показало, что процент положительных результатов теста увеличивается по мере удаления от цементного завода. Так, на расстоянии 100 м от завода доля разных видов активности составляла 29,25%, 500 м — 30,5%, 1500 м — 33,4%, 2500 м — 38%, 5000 м — 45,15%.

Таким образом, обнаружение токсигенных и аллергенных видов среди выделенных грибов, а также результаты изучения их ферментативной активности в исследуемых почвах могут быть использованы для биоиндикации и диагностики при оценке экологического состояния почв и их загрязнения техногенными поллютантами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берсенева О. А. Ферментативная активность микробиоты как интегральный показатель экологического состояния почв в зоне влияния металлургических производств // Биологические науки, 2015, № 2, с. 164–171.
2. Билай В. И. Методы экспериментальной микологии. К.: Наук. Думка, 1982, 550 с.
3. Водянова М. А., Тарасова Ж. Е. Микроскопические почвенные грибы-организмы –биоиндикаторы нефтезагрязненных почв // Hygiene and Sanitation, 2016, 95(9), с. 891–894.
4. Егоров Н. С. Практикум по микробиологии. М., 1976, 307 с.
5. Казакова Н. А. Изменение микробного состава и токсичности почв в зоне влияния выбросов цементного производства // Современные концепции научных исследований: Сборник научных работ IV Международной научно-практической конференции, Москва, 2014, № 4, ч. 3, с. 71–72.
6. Казакова Н. А. Экологическая роль почвы в условиях техногенной нагрузки цементного производства // Наука и современность: Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции, Киев, 2013, вып.3, с. 14–15.
7. Литвинов М. А. Определитель микроскопических грибов. Л.: Наука, 1967, 303 с.
8. Полховский В. А. Лецитиназная активность штаммов *V. cereus*, выделенных из различных природных источников // Микробиология, 1970, т. 39, вып. 4, с. 567–573.
9. Синцов К. Н., Старкова Е. В., Мартинсон Е. А., Литвинцев С. Г. Микромицеты лигниновых шламоотвалов // Материалы докладов на XVIII Всероссийском конгрессе «Экология и здоровье человека», 2013, с. 1961–1964.
10. Турковская О. В., Дубровская Е. В., Гринев В. С. Деструктивная активность и продукция внеклеточных пероксидаз у микромицетов с различной экологической стратегией // Сельскохозяйственная биология, 2019, том 54, № 1, с. 65–75.
11. Bilen S. Effect of cement dust pollution on microbial properties and enzyme activities in cultivated and no-till soils// African J. Microbiology Research, 2010, 4(22), p. 2418–2425.
12. Bijik H., Imali A., Atalan E., Tufenkci S. et al. Diversity of Microfungi in Soil Polluted by Cement Factory // Fresenius Environmental Bulletin, 2005, 14(15), p.130–137.

13. H.O. Odu, N.N. & Immanuel O. M., Stanley H. O. Impact of cement dust pollution on physicochemical and microbiological properties of soil around lafarge cement WAPCO, Ewekoro, Southwestern Nigeria // J.A.B.R, 2014, vol. 4(4), p.400–404.
14. Hemida S. K. Fungal and Bacterial Populations in Cement-Incorporated Soil // International Journal of Agriculture & Biology, 2005, 7 (2), 158–161.
15. Kadri T., Rouissi T., Brar S. K., Cledon M. et al. Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons by fungal enzymes: A review.// J. Environ. Sci., 2017, 51(1), p. 52–74.
16. Addo M.A., Darko E. O., Gordon C., Nyarko B. J.B. Contamination of soils and loss of productivity of Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) caused by cement dust pollution. International Journal of Research in Chemistry and Environment, 2013, 3(1), p. 272–282.
17. Watanabe T. Pictorial atlas of soil and seed fungi: Morphologies of cultured fungi and key to species. Florida, 2000, p. 411–415.

© Касумова Светлана Юсиф кызы (kasumova-kasumova@mail.ru), Бабаева Ирада Халид кызы (babayevairada@mail.ru),
Алиева Лала Ариф кызы (lalaalieva@mail.ru), Исаева Вусаля Камаледдин кызы (isayevavusale33@gmail.com).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Баку

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗООПЛАНКТОНА В ЮЖНОМ ОКЕАНЕ С ПОМОЩЬЮ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

PREDICTION OF ZOOPLANKTON DISTRIBUTION IN SOUTHERN OCEAN USING MACHINE LEARNING

**D. Krivoguz
S. Malko
A. Semenova**

Summary. The article discusses applying possibilities of machine learning to predict zooplankton concentrations in the Southern Ocean, depending on various environmental factors. Since zooplankton is an important part of the trophic chains of aquatic ecosystems, the role of predicting its quantity and distribution becomes more significant. Zooplankton of the Southern Ocean is represented by four large groups — copepods, euphausiids, salps and pteropods. They role in ecosystem of the Southern Ocean is to transfer energy from phytoplankton to the fishes. To reach our goals we analyzed modern approaches in zooplanktons modeling and identified 3 main groups of them — ecosystem, biogeochemical and size-based models. On opposite side, machine learning methods have a number of significant advantages, allowing you to make a prediction with a rather limited variety of ecosystem data. In this research we used data obtained from long-term monitoring mission of zooplankton in the Southern Ocean that was divided into test and training sets by 7 to 3 ratio. The spatial distribution of samples is mainly related to the Pacific sector of the Southern Ocean. Basic descriptive statistical analysis showed that high concentrations of zooplankton are common only in some areas of the Southern Ocean. Correlation analysis revealed no connection between analyzed environmental factors and the concentration of zooplankton, which indicates either the dependence of these concentrations on other factors not used in the study, or on their combined effect. To compare the possibilities of predicting zooplankton concentrations by machine learning, we chose 4 algorithms (k-nearest neighbors, random forest, AdaBoost, and artificial neural network) that were sequentially trained by the training data and then applied on test data. As a result, Random forest and AdaBoost algorithms showed the highest rating with 100% accuracy results. The worst result of prediction was shown by artificial neural networks with an accuracy of 86%.

Keywords: zooplankton, machine learning, Southern Ocean, modeling, statistical analysis.

Кривогуз Денис Олегович

*К.г.н., г.с., Азово-Черноморский филиал ФГБНУ
«Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии» («АзНИИРХ»),
г. Керчь*

krivoguz_d_o@azniirkh.ru

Малько Сергей Владимирович

*К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Керченский
государственный морской технологический
университет», г. Керчь*

Семенова Анна Юрьевна

*К.э.н., доцент, ФГБОУ ВО «Керченский
государственный морской технологический
университет», г. Керчь*

Аннотация. В статье рассматриваются возможности применения методов машинного обучения для прогнозирования концентраций зоопланктона в Южном океане в зависимости от различных факторов среды. Поскольку зоопланктон является важным звеном в трофических цепях водных экосистем, роль прогнозирования его количества и распространения обретает большую значимость. Методы машинного обучения обладают рядом существенных преимуществ, позволяя осуществлять прогноз при довольно ограниченном разнообразии данных об исследуемой экосистеме. В работе были использованы данные, полученные в результате многолетнего мониторинга зоопланктона в Южном океане, и были разделены на тестовую и обучающую выборки в пропорции 7:3. Первичный статистический анализ показал, что высокие концентрации распространены лишь в отдельных местах Южного океана. Проведение корреляционного анализа выявило отсутствие взаимосвязи между анализируемыми факторами окружающей среды и концентрацией зоопланктона, что говорит или о зависимости этих концентраций от других факторов, не используемых в исследовании, либо о комбинированном их воздействии. Для сравнения возможностей прогнозирования концентраций зоопланктона с помощью методов машинного обучения были выбраны 4 алгоритма, которые последовательно обучались на тренировочной выборке, а затем проходили проверку на тестовых данных. В результате наибольшую точность показали алгоритмы Random forest и AdaBoost с результатами точности в 100%. Худший результат прогнозирования показали искусственные нейронные сети с точностью в 86%.

Ключевые слова: зоопланктон, машинное обучение, Южный океан, моделирование, статистический анализ.

Введение

К зоопланктону относится довольно широкая группа морских организмов, которая в трофических цепях занимает промежуточное место между фитопланктоном и рыбами. Он является важной составляющей как питательного цикла, так и круговорота углерода, передавая огромное количество энергии находящимся выше него в трофических цепях рыбам. Отсюда вытекает необходимость в разработке адекватных и современных методов прогнозирования его пространственно-временной динамики. К сожалению, на данный момент, используемые модели далеки от совершенства, что обуславливает необходимость рассмотрения современных средств моделирования для изучения динамики численности популяций зоопланктона. На данный момент в исследовательской практике распространено использование имитационного моделирования. Примерами таких работ могут служить исследования В.Ф. Зайцева [8], В.И. Лазаревой [9] и Н.В. Шадрина [11]. Также существует ряд исследований, использующих статистический анализ, к примеру работы С.Э. Болотова [7] и А.В. Русакова [10]. Несмотря на огромную работу, проведенную вышеупомянутыми авторами, представленные ими модели или требовательны к входящим параметрам, описывающим биогеоценозы или применимы касательно только одной экосистемы и при переносе самой модели в другие условия велика вероятность увеличения уровня прогностических ошибок.

В целом, все существующие способы и модели, описывающих жизненный цикл зоопланктона в различных экосистемах, можно разделить на 3 группы (Рис. 1) — биогеохимические, размерные и экосистемные модели [1].

На текущем этапе развития научной мысли применение алгоритмов машинного обучения занимает все большую значимость в решении прогностических задач разного рода направленности. Их неоспоримым преимуществом перед остальными способами прогнозирования и моделирования сложных и динамических систем является применение метода «черного ящика», что заключается в отсутствии необходимости использования каких-либо знаний о внутреннем устройстве и аспектах функционирования исследуемого объекта, получение которых в достаточном объеме бывает достаточно сложно. Но, в противовес своим неоспоримым достоинствам, у данного подхода есть сильная зависимость к объему используемых для тренировки и обучения модели данных. Поэтому цель данной работы заключалась в исследовании возможностей прогнозирования численности популяции зоопланктона в Южном океане на основе данных многолетнего мониторинга.

Характеристика района исследований

Южный океан — признанный официально, но фактически не ратифицированный, 4-й по площади океан, содержащий около 20 млн. км² воды. Шельфовая зона Южного океана погружена достаточно глубоко — приблизительная глубина составляет от 400 до 800 м. Самое глубокое место — Южно-Сандвичев желоб. Его условными границами являются зона антарктической конвергенции, широта, южнее мыса Горн, граница плавучих льдов, зона конвергенции южнее 60° Ю.Ш. Расположение донных отложений, мощность которых здесь составляет от 150 до 2000 м — концентрическое, вокруг Антарктиды. В литологическом отношении они представлены айсберговыми глинистыми и глинисто-песчаными, кремнистыми диатомовыми илами, фораминиферовыми илами, смешанными кремнисто-известковыми и вулканогенными породами [5].

Средняя температура воды Южного океана колеблется в районе от -2 до + 10 °С. Температура воздуха в январе у побережья не превышает 0 °С, в то время как в районе морей Уэддела и Росса в среднем её значения составляют около -6 °С. По мере удаления от материковой зоны, в индийском и атлантическом секторах, температура воздуха возрастает до 7–12 °С.

Несмотря на суровые климатические условия и изолированность экосистемы, биота Южного океана представлена довольно широко. Основную биомассу составляют фито- и зоопланктон, криль, губки и различные представители иглокожих [6]. Также из важных представителей фауны здесь присутствует несколько семейств рыб, в особенности нототении. Также широко распространены китовые (синий кит, финвал, сейвал, горбач и др.) и тюлени (тюлень Уэдделла, тюлень-крабод, морской леопард, морской котик). Фитобентос представлен красными и бурыми водорослями.

Зоопланктон Южного океана обладает большим разнообразием планктонных беспозвоночных, отличающихся по форме тела и образу жизни. Весь зоопланктон в Южном океане можно разделить на четыре больших группы в зависимости от размера тела — от крошечных (<100 мкм) веслоногих ракообразных до гигантских (более 1 м) цепей медуз или сальпы. Их жизненный цикл может варьироваться от нескольких дней до нескольких лет. Как правило, желатиновые или желеобразные организмы, которые фильтруют или устраивают засаду добыче, имеют более энергоэффективный образ жизни, чем быстро движущиеся ракообразные, и, следовательно, имеют тенденцию иметь более высокие темпы популяционного роста для данного размера [7].

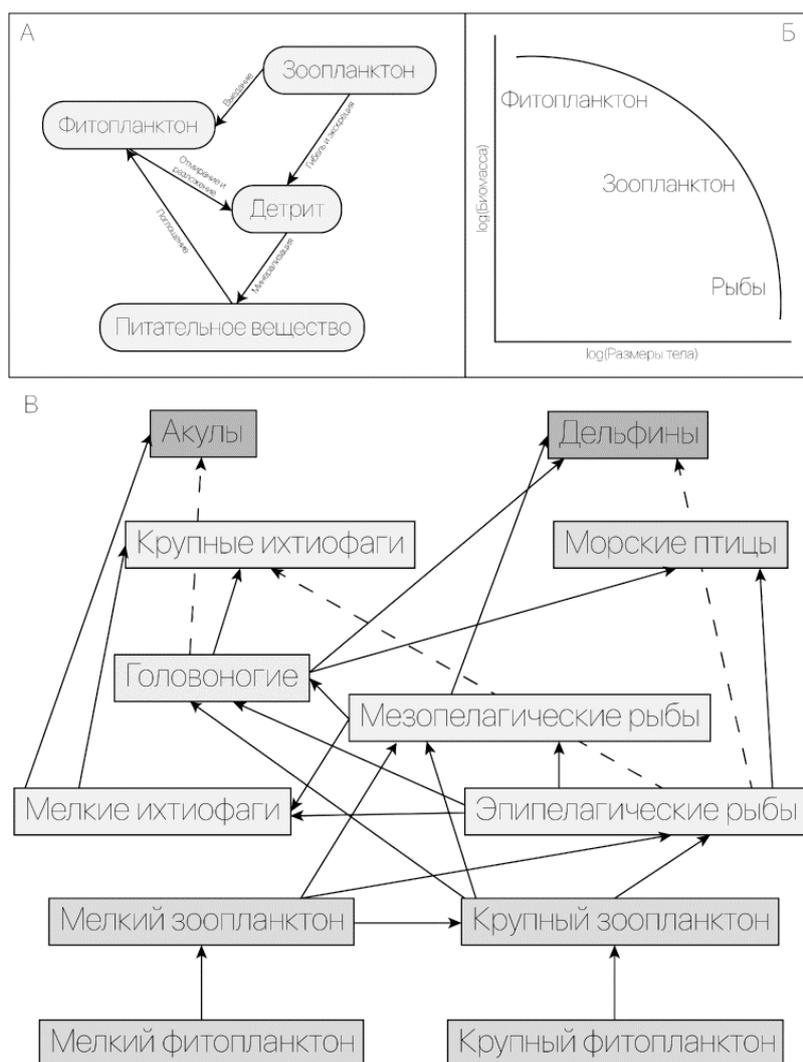


Рис. 1. Схематическое представление основных групп моделей для исследования зоопланктона (А – Биогеохимические, Б — Размерные, В — Экосистемные)

Материалы и методы

Данные наблюдений

Используемый в работе набор данных является частью исследовательских материалов, полученных в результате исследований в рамках проекта Continuous Plankton Recorder в Южном океане. Временной период, охватываемый данными мониторинга используемых данных — 2008–2010 гг. Места отбора проб представлены на карте (Рис. 2).

Используемые алгоритмы

Для сравнения точности прогнозирования распределения запасов криля в зависимости от различных факторов окружающей среды были выбраны 4 метода: Метод

k-ближайших соседей, алгоритм случайного леса, искусственная нейронная сеть и алгоритм AdaBoost [3, 4].

Результаты и обсуждение

Статистическая вариативность анализируемых количественных факторов довольно различна (Табл. 1). Наименьшую вариативность имеет показатель солёности воды, который находится в пределах от 32.32 до 35.63‰. Температура воды, также, как и показатель флуоресцентности, более вариативны, меняя свои показатели в диапазоне от 0 до 20 единиц.

Для анализа взаимосвязи исследуемых факторов с концентрацией зоопланктона был проведен корреляционный анализ (Табл. 2). Его сущность заключалась в последовательном попарном сравнении взаимосвязи

Таблица 1. Статистические характеристики исследуемых количественных факторов

Статистический показатель	Флуоресцентность, пр.е.	Соленость, ‰	Температура, °С	Фотосинтетически активная радиация, мкЭ·м ⁻² ·с ⁻²
Минимум	0.000	32.32	0.000	0.00
1-й квартиль	0.520	33.74	1.930	2.37
Медиана	1.020	33.83	3.660	18.63
Среднее	2.449	33.85	4.445	232.85
3-й квартиль	3.390	33.91	6.320	325.03
Максимум	21.430	35.63	19.100	2247.93

Таблица 2. Результаты корреляционного анализа взаимосвязи исследуемых факторов с концентрациями зоопланктона

Фактор	Показатель коэффициента корреляции
Флуоресцентность	0.04881911
Соленость	-0.07733507
Температура	-0.18477536
Фотосинтетически активная радиация	-0.17130239

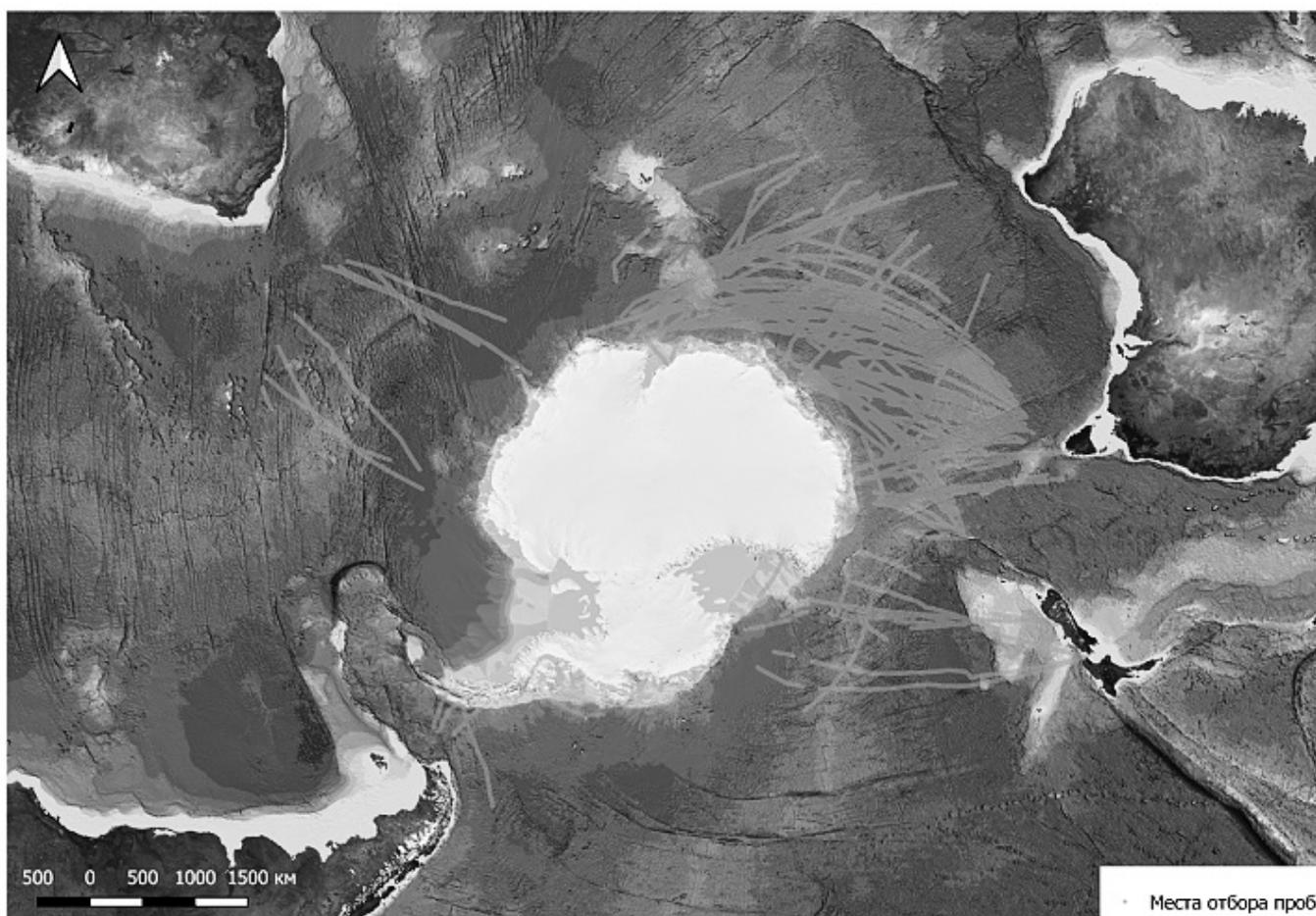


Рис. 2. Места отбора проб, используемые в анализе

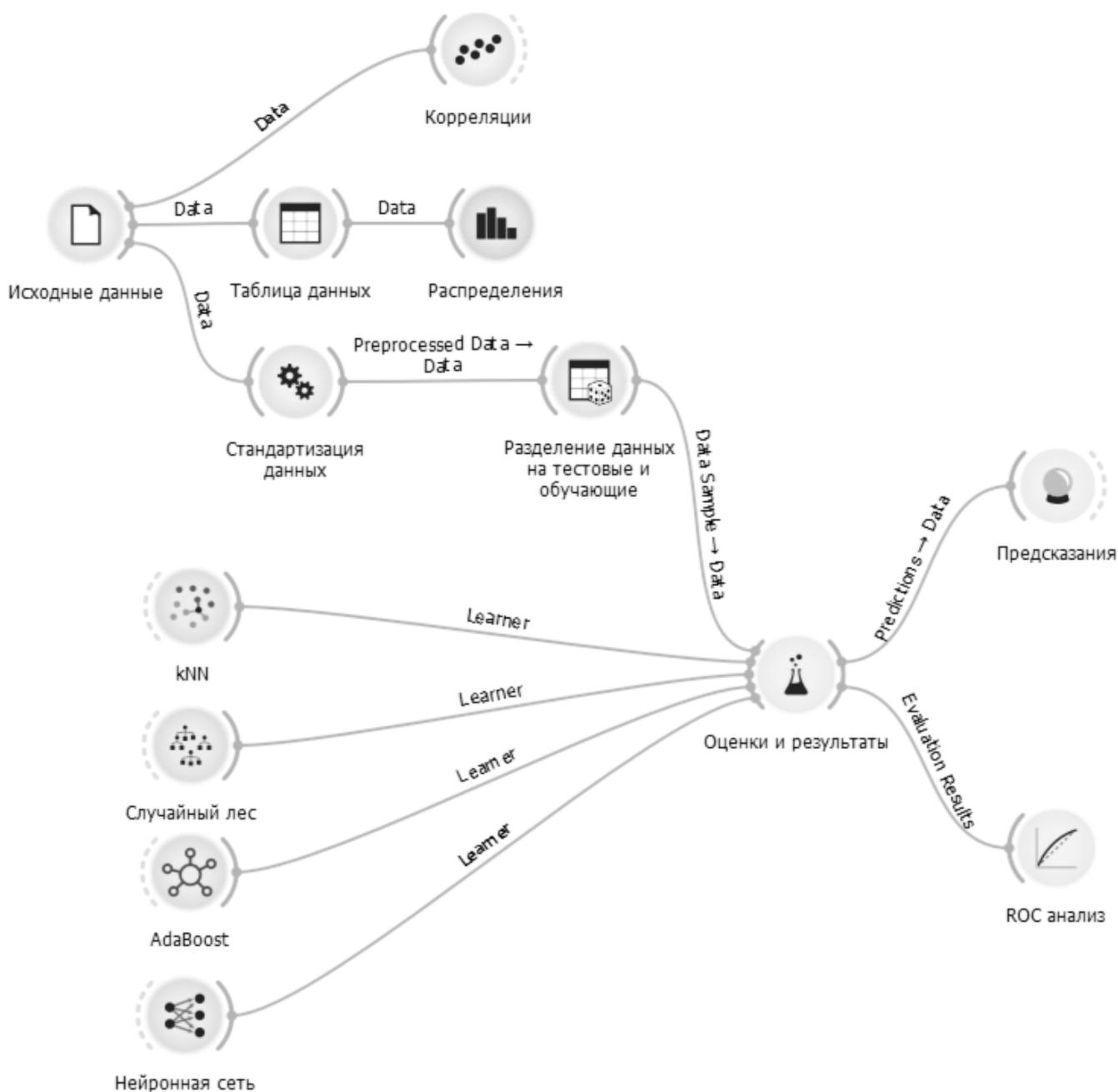


Рис. 3. Схема проведения анализа в Data mining среде Orange

показателя отдельного взятого фактора с количеством зоопланктона в отдельно взятой пробе.

Согласно шкале Чеддока, которая показывает качественную характеристику силы связи между анализируемыми факторами, все рассчитанные коэффициенты корреляции показывают слабую взаимосвязь. Это говорит об отсутствии какого-либо заметного влияния исследуемых факторов на количество зоопланктона. С другой стороны, это может говорить о существовании или более

глубокой и сложной факторной связи, когда проявляется комбинационное воздействие факторов на исследуемое явление или о существовании иного фактора, который находится в более тесном взаимодействии с явлением и количественное или качественное изменение которого приведет к изменениям в количестве зоопланктона.

Таким образом, с одной стороны, все это говорит об отсутствии какого-либо одного фактора, который бы мог объяснить высокую концентрацию зоопланктона

Таблица 3. Результаты точности предсказания исследуемых алгоритмов

Метод	AUC	Accuracy	F ₁	Precision	Recall
kNN	1.000	0.998	0.998	0.998	0.998
Случайный лес	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Искусственная нейронная сеть	0.861	0.855	0.833	0.832	0.855
AdaBoost	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

в отдельных местах. С другой стороны, проведенный анализ позволяет выделить оптимальные условия, в которых экосистема Южного океана имеет наибольшую продуктивность [2].

Для анализа возможностей прогнозирования распределения зоопланктона в Южном океане были выбраны 4 наиболее популярных и часто используемых алгоритма машинного обучения со следующими настройками:

- ◆ kNN: количество соседей — 5, метрика — «евклидова», вес — «унифицированный»;
- ◆ Random forest: количество деревьев — 10, максимальное количество подмножеств при которых происходит разделение — 5, лимит глубины отдельных деревьев — 3;
- ◆ ANN: количество нейронов в скрытых слоях — «100–100–100», активация — «логистическая», оптимизационный алгоритм решателя — «Adam», регуляризация — 0,0001, максимальное количество итераций — 100.
- ◆ AdaBoost: основной классификатор — «дерево», количество классификаторов — 50, скорость обучения — 1, алгоритм классификации — «SAMME.R», функция потерь — «линейная».

Общая схема проведения анализа представлена на рисунке 3.

Так как порядки анализируемых данных существенно отличались, были проведены стандартизация и нормализация, для приведения их к одной размерности. Для стандартизации и нормализации были использованы следующие параметры: $\mu = 0$, $\sigma^2 = 1$.

Затем данные делились на две выборки — обучающую и тестовую (70% и 30% соответственно). Таким образом в обучающую выборку попало 27452 проб, а в тестовую — 11764.

Результаты анализа приведены в таблице 3.

Наибольший уровень обучаемости и предсказания показали алгоритмы Random forest и AdaBoost (табл. 4).

Уровень их прогноза концентрации зоопланктона в зависимости от анализируемых факторов окружающей среды чрезвычайно высок и достигает 100%. Чуть меньший уровень прогноза показывает алгоритм kNN.

Наименьший уровень из всех алгоритмов прогнозирования показали искусственные нейронные сети. Процент правильно предсказанных концентраций у них составил около 85%, что тоже является довольно хорошим показателем.

Заключение

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Современные методы прогнозирования и анализа водных сообществ хоть и широко распространены, но имеют множество значительных недостатков, усложняя процесс изучения биоценозов. В тоже время современные подходы, основанные на методах машинного обучения, хорошо проявляют себя даже в условиях ограниченности исходных данных и не требуют построения сложных математических моделей.
2. Распределение зоопланктона по территории Южного океана довольно широко, но зоны его высокой концентрации локализованы лишь в отдельных местах, учитывая не однородность и изменчивость параметров окружающей среды, это говорит о существовании между ними зависимости.
3. Корреляционный анализ исследуемых факторов показал отсутствие прямой зависимости, а следовательно, и их влияния на концентрации зоопланктона по отдельности. Это может говорить как о комбинированном воздействии этих факторов на биомассу зоопланктона, так и о существовании неких факторов, не попавших в исследуемые, но в более значительной мере имеющие с ней прямую зависимость.
4. Анализируемые алгоритмы машинного обучения в целом показали хорошие результаты в предсказании концентраций биомассы зоопланктона по показателям факторов окружающей среды.

Наибольшими прогностическими возможностями обладают алгоритмы Random forest и AdaBoost, предсказывающие концентрации зоопланктона

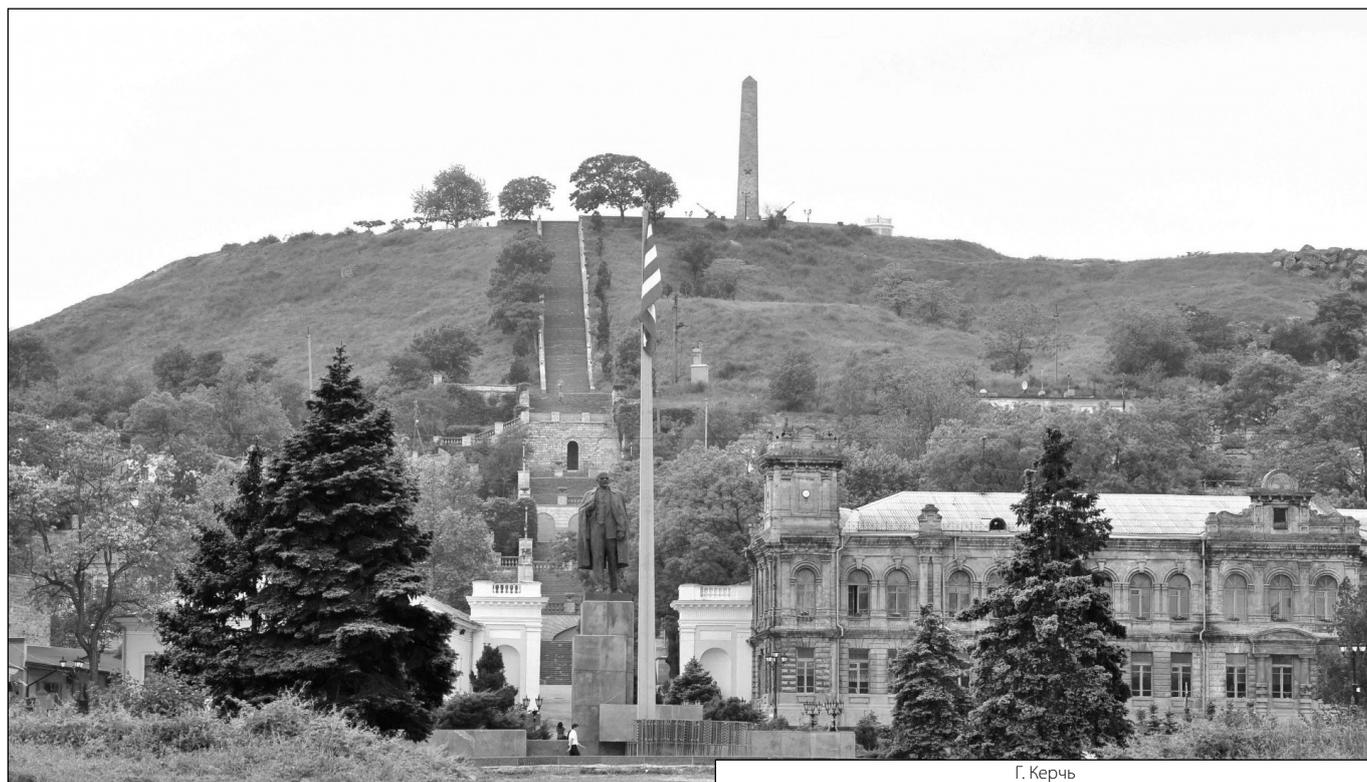
со 100% точностью. Худший результат показали искусственные нейронные сети, точность прогноза которых составила чуть более 86%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Everett J.D. [и др.]. Modeling What We Sample and Sampling What We Model: Challenges for Zooplankton Model Assessment // *Frontiers in Marine Science*. 2017. (4).
2. Krivoguz D. Methodology of physiography zoning using machine learning: A case study of the Black Sea // *Russian Journal of Earth Sciences*. 2020. № 1 (20). С. 1–10.
3. Krivoguz D., Bespalova L. Landslide susceptibility analysis for the Kerch Peninsula using weights of evidence approach and GIS // *Russian Journal of Earth Sciences*. 2020. № 1 (20). С. 1–12.
4. Krivoguz D.O., Borovskaya R.V. Methodological aspects of natural territories zoning using machine learning // *Monitoring systems of environment*. 2020. № 1. С. 13–20.
5. Pollard R.T. [и др.]. Zooplankton distribution and behaviour in the Southern Ocean from surveys with a towed Optical Plankton Counter. 2002.
6. Schnack-Schiel S.B., Isla E., Isla E. The role of zooplankton in the pelagic-benthic coupling of the Southern Ocean // *Scientia Marina*. 2005. № S2 (69). С. 39–55.
7. Болотов С.Э. Оценка и моделирование динамики экологической структуры пойменных биоценозов планктонных животных // *Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата*. 2008. № 15 (1). С. 167–175.
8. Зайцев В.Ф. [и др.]. Моделирование динамики популяции некоторых видов гидробионтов Каспийского моря в связи с предстоящим освоением нефтегазовых месторождений // *Экология, рыбное хозяйство*. 2006. № 35 (6). С. 223–229.
9. Лазарева В.И., Минеева Н.М., Жданова С.М. Пространственное распределение планктона в водохранилищах верхней и средней Волги в годы с различными термическими условиями // *Поволжский экологический журнал*. 2012. (4). С. 394–407.
10. Русаков А.В. [и др.]. Математическая модель озерного сообщества с учетом целочисленности размера популяции: хаотические и долгопериодные колебания. 2016.
11. Шадрин Н.В., Ануфриева Е.В. Интегральные показатели изменчивости *Arctodiaptomus salinus* (Daday, 1885) (Copepoda, Diaptomidae) и возможности их использования для оценки состояния популяций // *Биология внутренних вод*. 2018. (4). С. 54–63.

© Кривогуз Денис Олегович (krivoguz_d_o@azniir.kh.ru), Малько Сергей Владимирович, Семенова Анна Юрьевна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Керчь

ПРИМЕНЕНИЕ КАЛМАНОВСКОГО ФИЛЬТРА И МЕТОДА ИНТЕРВАЛЬНЫХ ОЦЕНОК ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЗАШУМЛЕННОЙ ВЫХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ ЦИФРОВОЙ МАГНИТНОЙ КОМПАСНОЙ СИСТЕМЫ

APPLICATION OF KALMAN FILTER AND INTERVAL ESTIMATION METHOD FOR PROCESSING NOISY OUTPUT INFORMATION OF A DIGITAL MAGNETIC COMPASS SYSTEM

**Vu Xuan Hau
V. Ivanov**

Summary. This article presents the results of a study of the development of a digital magnetic compass system (DMCS) using a magnetic sensor and a position sensor, and also presents two algorithms applicable to microcontrollers inside digital magnetic compasses (DMC) for processing output noise (Kalman algorithm and interval). The article also describes the actual test results of the DMCS on ships in Vietnam. The test results show that the system meets the criteria of the use on a ship in case a magnetic sensor and a positioning sensor in combination with noise reduction methods that affect the output signal of the DMC are used. The purpose and significance of the research and design of the DMC is to evaluate the method of using two magnetic signals and positioning in the manufacture of the DMC, equipping a cheap compass system for small vessels and vessels navigating along internal routes.

Keywords: digital magnetic compass system, digital magnetic compass, digital gyrorepeater, gyrocompass repeater, nmea0183buffer signal, azimuth, nmea0183, international maritime organization (IMO).

Введение

Компасные системы (КС) играют важную роль в определении направления движения морских судов, на основе которого формируется координатная информация для системы автоматического рулевого управления, рассчитывается оптимальный маршрут корабля [1–5].

В настоящее время большая часть вьетнамских рыболовных судов, особенно морских рыболовных судов и внутренних судов, оснащена только традиционным магнитным компасом. Их существенным недостатком является невозможность сопряжения с другими систе-

Ву Суан Хау
Инженер, аспирант, Уральский федеральный
университет им. первого Президента
России Б. Н. Ельцина
hauxuanhd@gmail.com
Иванов Вячеслав Элизбарович
Д.т.н., профессор, Уральский федеральный
университет имени первого Президента
России Б. Н. Ельцина
v.e.ivanovekt@gmail.com

Аннотация. В данной статье представлены результаты исследования разработки цифровой магнитной компасной системы (ЦМКС) с применением датчиков магнитного поля и позиционирования; а также представлены два алгоритма, созданных на основе фильтра Калмана и интервального подхода, применимых к микроконтроллеру внутри цифрового магнитного компаса (ЦМК) для обработки зашумленного выходного сигнала. В статье описываются результаты испытаний ЦМКС на судах во Вьетнаме, которые показывают, разработанная система соответствует критерию для использования на судне. Для достижения цели работы, авторами использованы два метода: теоретический и эмпирический. Практическая значимость исследования заключается в возможности оснащения разработанной компасной системой для небольших судов и судов, плавающих по внутренним маршрутам.

Ключевые слова: цифровая магнитная компасная система, цифровой магнитный компас, цифровое устройство отображения, репитер гирокомпаса, буферный сигнал NMEA0183, азимут, данные NMEA0183, Международная морская организация (ИМО).

мами судов. Сегодня многие производители предлагают различные типы компасов, такие как современные гирокомпасы и электрические компасы, но их цены являются высокими. В этой связи ИМО всегда поощряет исследование и производство недорогих ЦМКС, способных выполнять функцию бортовой системы компаса [6–8].

Было проведено много исследований по разработке ЦМК, но большинство использует только один тип цифрового магнитного датчика или комбинацию нескольких датчиков, но выходной сигнал компаса не обработан для устранения шума [9, 10]. В настоящее время производители компасов по всему миру запустили спутниковые компасы. Но спутниковый компас использует только сиг-

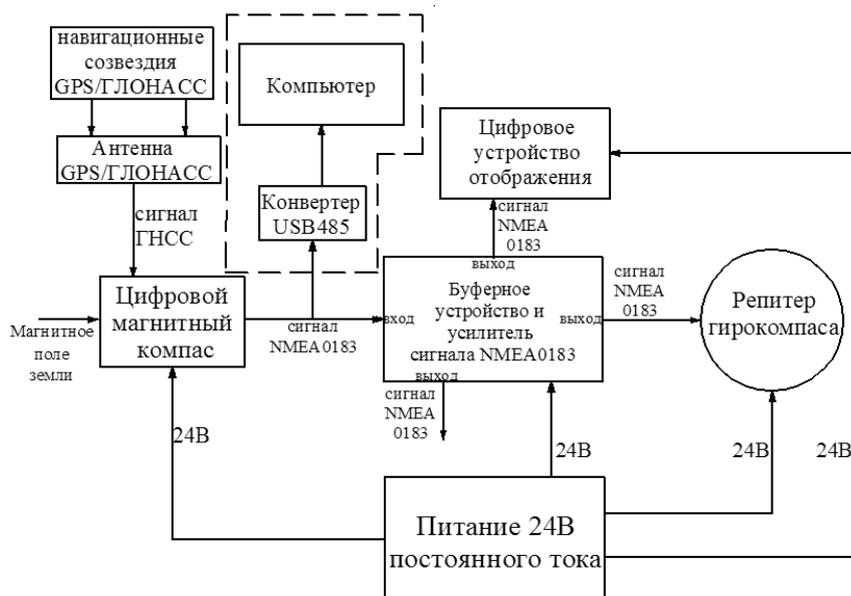


Рис. 1. Структура ЦМКС

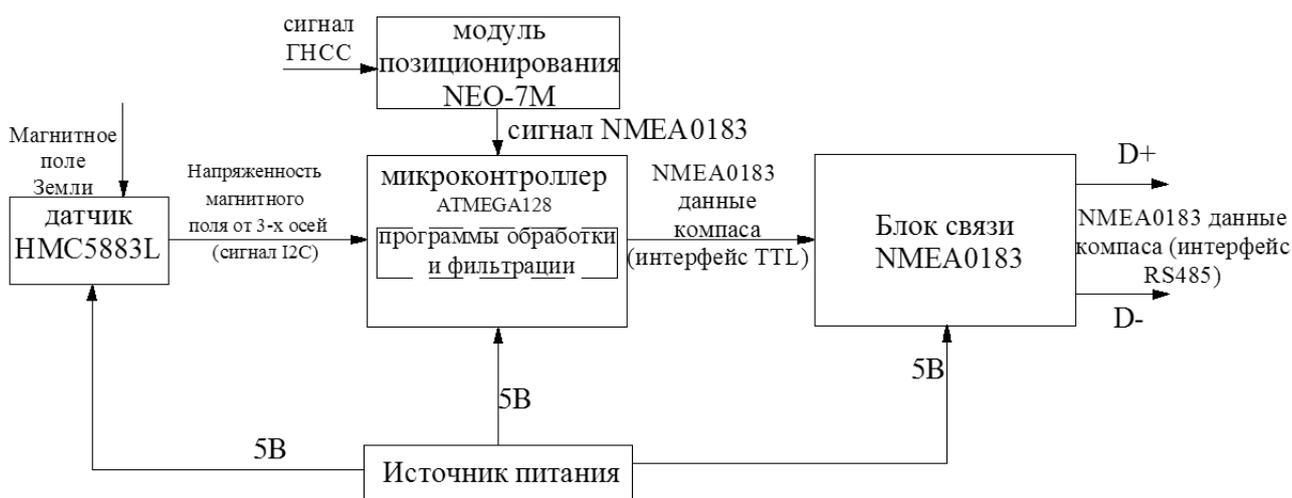


Рис. 2. Структура ЦМК

налы позиционирования для определения направления без использования магнитных сигналов [11]. В настоящем исследовании авторы предлагают изготовление ЦМКС с ЦМК, оснащенным магнитным и позиционным датчиками для определения направления движения корабля, выходной сигнал ЦМК фильтруется с помощью методов Калмана и интервальных оценок. Результаты испытаний на корабле во Вьетнаме показывают, что система работает стабильно, выдерживает погоду в море, с небольшими ошибками. Изготовленные устройства гладкие, отвечают всем техническим стандартам. Результаты испытаний ЦМКС на вьетнамских судах приведены в протоколах испытаний. Записи этой системы были

представлены для регистрации патента в России, номер № 008665 РФ [12].

Результат разработки ЦМКС

Структура ЦМКС показана на рис. 1. Опишем ее составные устройства.

Результат разработки ЦМК. Структура ЦМК показана на на рис. 2.

Результаты изготовления устройств ЦМК показаны на рис. 3.

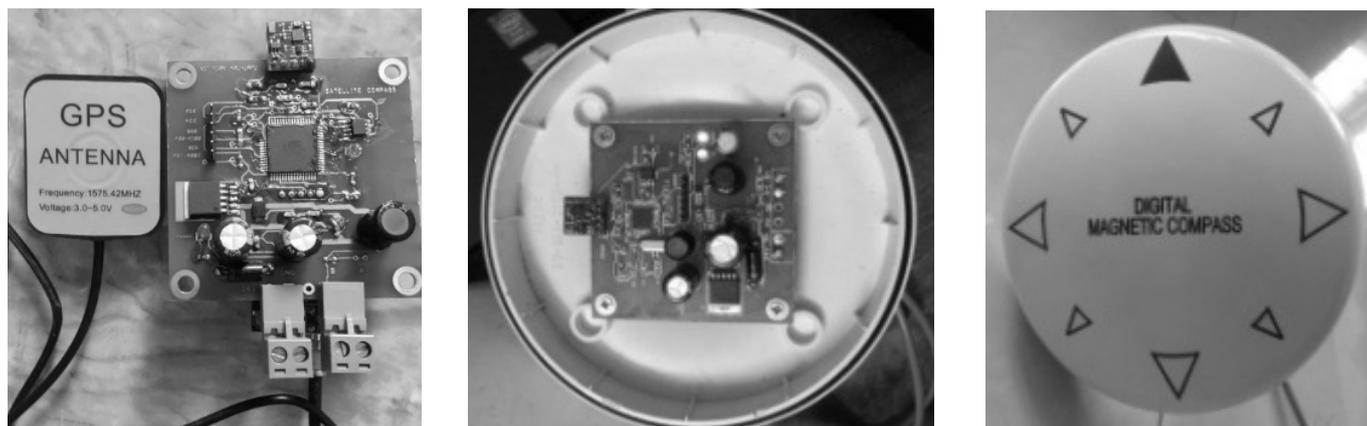


Рис. 3. Результат разработки ЦМК

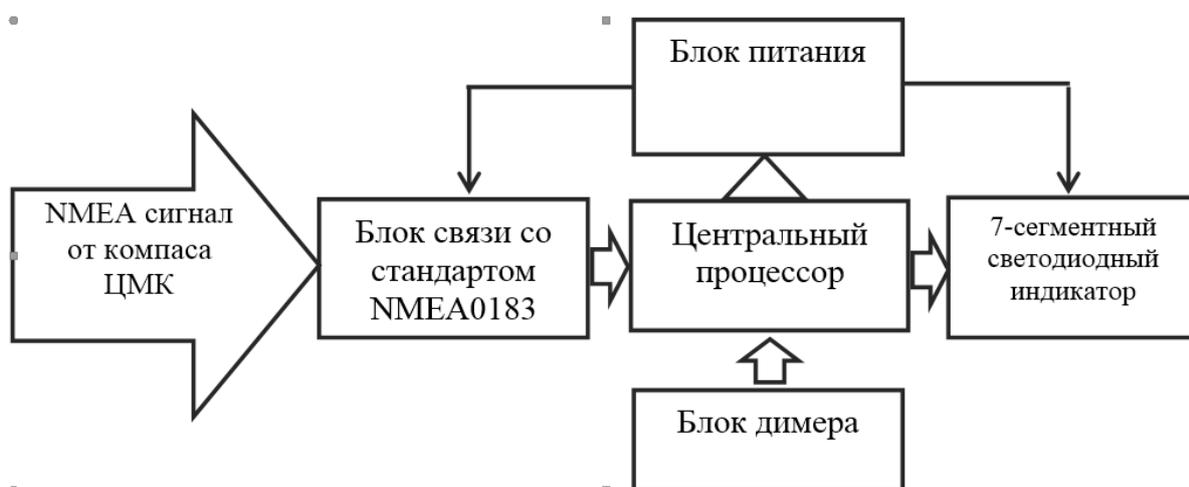


Рис. 4. Структура устройства цифрового отображения

ЦМК состоит из 3 основных компонентов: магнитный модуль HMC5883L [13], модуль позиционирования NEO-7M [14] и микроконтроллер ATMEGA128 [15]. Во время работы микроконтроллер ATMEGA128 непрерывно принимает данные из двух модулей, вычисляет азимутальные значения, соответствующие типам сигналов, полученных от двух модулей. Затем ATMEGA128 использует формулу расчета для получения значения азимута путем объединения двух значений азимута, полученных выше, и с помощью калмановской и интервальной фильтраций [16, 17]. Обработанное значение азимута упаковывается с символами, необходимыми для формирования пакета данных компаса NMEA0183 и наконец, передается на другие устройства. При использовании датчика HMC5883L и модуля NEO-7M для изготовления ЦМК и комбинировании с использованием методов фильтрации шума видно, что ошибка ЦМК мала (меньше 2 градусов). Разработанная ЦМК имеет следующие основные параметры: входное питание

от 12 до 36 В постоянного тока; потребляемый электрический ток 0.2 А; потребляемая мощность не более 4 Вт; входные сигналы от датчика HMC5883L и модуля NEO-7M; выходной сигнал пакета NMEA0183 в соответствии со стандартом RS485; влагозащищенность по стандарту IPX6.

Результат разработки цифрового устройства отображения

Структура цифрового устройства отображения показана на рис. 4.

Цифровое устройство отображения изготовлено из основных компонентов, таких как микроконтроллер ATMEGA16 [21], восемь семисегментных светодиодов, предназначенных для отображения азимута и скорости вращения судов, микросхема MAX485 для приема сигналов NMEA0183 от ЦМК. Во время работы цифровое

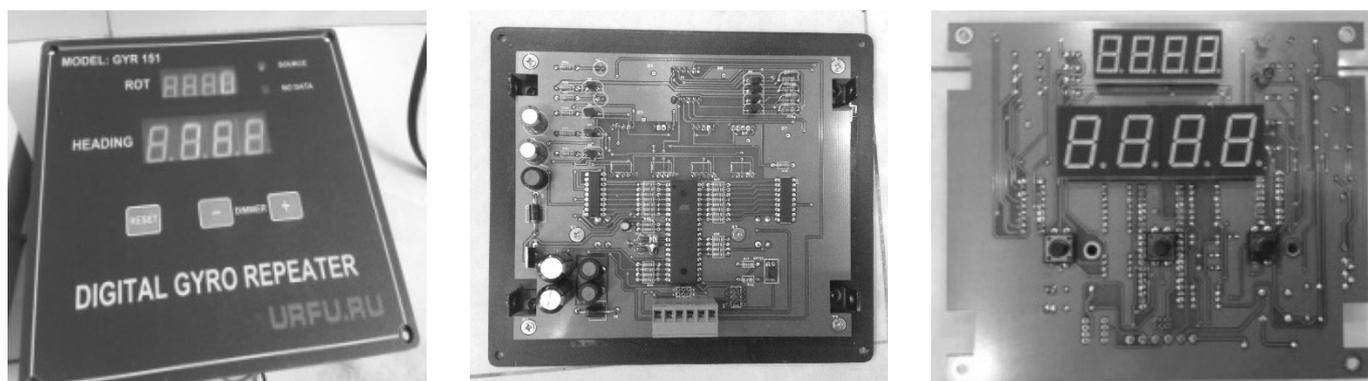


Рис. 5. Результат разработки цифровое устройство отображения

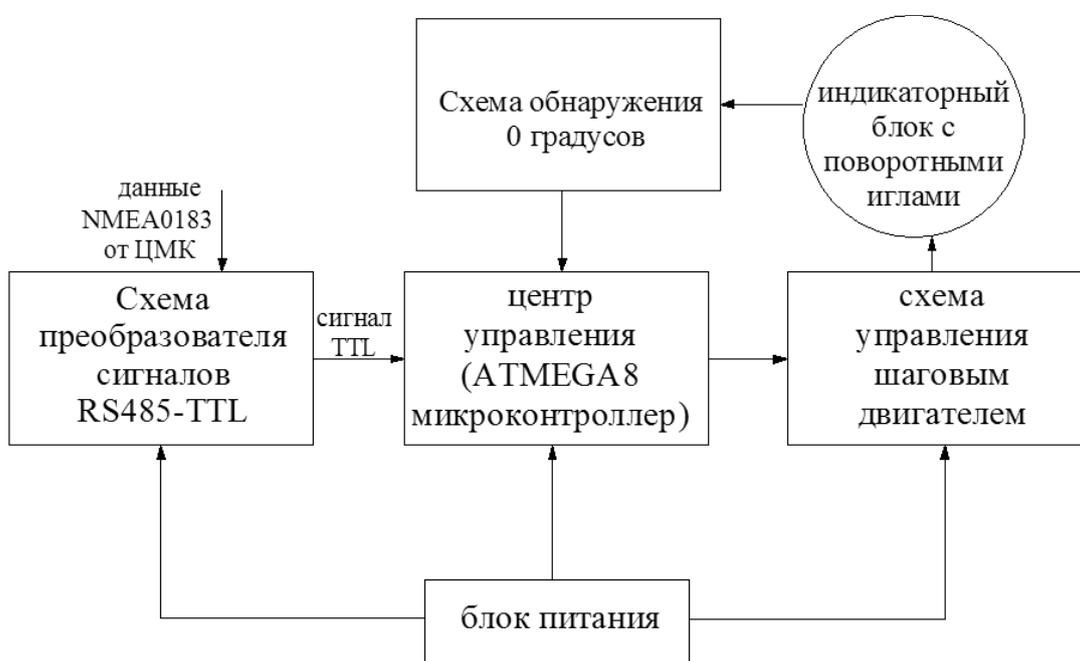


Рис. 6. Структура репитера гирокомпаса



Рис. 7. Результаты разработки репитера гирокомпаса



Рис. 8. Результат разработки буфера RS485-NMEA0183

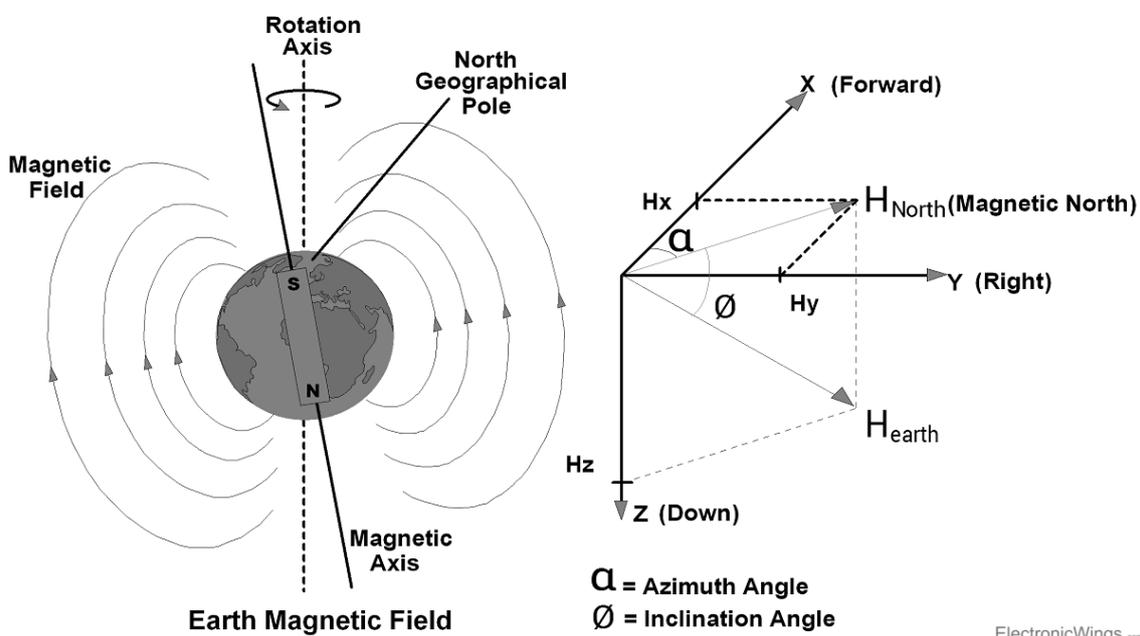


Рис. 9. Магнитное поле Земли

устройство отображения непрерывно получает от ЦМК пакеты данных стандарта NMEA0183 [18, 19], обрабатывает эти данные и отображает азимут корабля (направление его движения) и скорость его поворота на восьми семисегментными светодиодами. Изготовленное цифровое устройство отображения отличается надежностью и красотой дизайна, устойчивостью работы, удобством установки и наблюдения. Его основные параметры: входной сигнал пакетные данные NMEA0183 в формате стандарта RS485; влагозащищенность в соответствии со стандартом IPX6.

Полный вид цифрового устройства отображения показан на рис. 5.

Результат разработки репитера гироскопа

Структура репитера гироскопа показана на рис. 6. Результаты проектирования и изготовления оборудования репитера гироскопа — на рис. 7.

Репитер гироскопа изготовлен из основных компонентов, таких как микроконтроллер ATMEGA8[22], шаговый двигатель, вращающаяся игла и т.д. Информация поступает в формате NMEA 0183 по каналу связи RS-485[20]. Репитер гироскопа предназначен для отображения направления движения судна в форме «вращающихся стрелок». Во время работы микроконтроллер

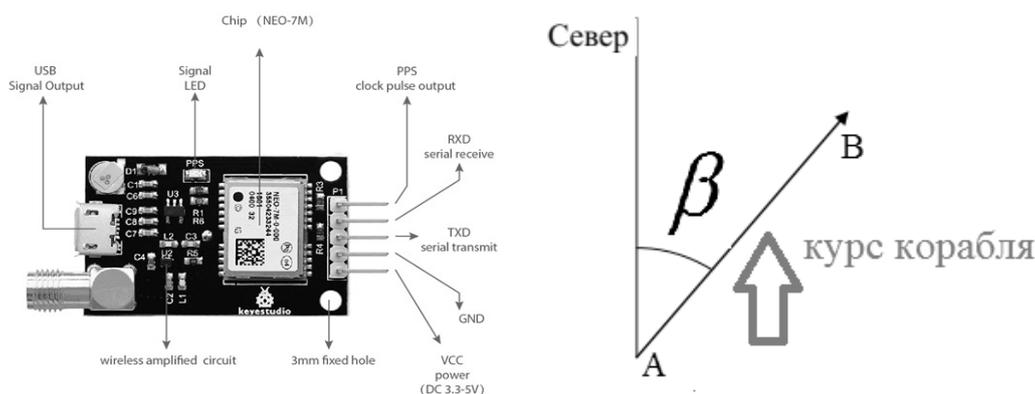


Рис. 10. Модуль NEO-7M и азимут β — направление движения корабля

ATMEGA8 непрерывно принимает пакеты данных компаса NMEA0183 от ЦМК, затем обрабатывает и выводит электрические импульсы для вращения шагового двигателя. При использовании зубчатого механизма с соответствующим передаточным числом игла устройства будет в правильном азимутальном положении. Преимущества этого устройства заключаются в его прочности, эстетичности, возможности выдерживать жесткие внешние условия эксплуатации. Недостатком этого устройства является то, что он сделан полностью в металлическом исполнении, что делает его изготовление сложным и дорогостоящим. Его основные параметры: входной сигнал данные в пакетах NMEA0183 в формате стандарта RS485; влагозащищенность по стандарту IPX6.

Результат разработки буфера RS485-NMEA0183

Результаты изготовления буферного устройства RS485-NMEA0183, как показано на рис. 8. Это устройство имеет функцию подключения всех устройств в системе в соответствии со стандартом сигнала NMEA0183 и может подключать ЦМК к другим системам на судне (система рулевого управления, система регистрации круизных данных и т.д.).

Метод обработки сигналов ЦМК

Расчет азимута на основе сигнала магнитного поля

ЦМК разработан с использованием цифрового датчика компаса HMC5883L. Это магниторезистивный трехосевой магнитометр с цифровым выходом внутри. HMC5883L обычно используется в таких устройствах, как телефоны, компасы и т.д. [23, 24]. Микроконтроллер ATMEGA128 непрерывно считывает данные из HMC5883 по протоколу I2C. HMC5883L включает в себя встроенный магниторезистивный датчик высокого разрешения

серии HMC118x и специализированную интегральную схему (ASIC), содержащую: усилитель, автоматический драйвер размагничивания, схему сброса смещения и 12-разрядный АЦП. HMC5883L использует три датчика для измерения магнитного поля Земли. Компоненты магнитного поля Земли (H_x , H_y) параллельны земной поверхности и используются для определения направления компаса. Для определения курсового угла или направления компаса используются только компоненты поля Земли X и Y (рис. 9). Уравнение (1) определяет азимут компаса [25]:

$$\alpha = \begin{cases} 90 - \arctan\left(\frac{H_x}{H_y}\right) * \frac{180}{\pi}, & \text{if } H_y > 0, \\ 270 - \arctan\left(\frac{H_x}{H_y}\right) * \frac{180}{\pi}, & \text{if } H_y < 0, \\ 180 & \text{if } H_y = 0, H_x < 0, \\ 0 & \text{if } H_y = 0, H_x > 0. \end{cases} \quad (1)$$

В уравнении (1) H_x , H_y — значения напряженности магнитного поля по осям x и y . Эти два значения содержатся в регистре HMC5883L; α — азимут, полученный обработкой сигналов от датчика HMC5883L.

Расчет азимута на основе сигнала позиционирования

Для получения сигналов позиционирования от спутников GPS [26] ЦМК использует модуль позиционирования NEO-7M. Этот модуль компактен и высокочувствителен, поддерживает большинство протоколов GPS и подходит для интеграции в устройство с печатной платой. Антенна приемника GPS закреплена в одной точке корабля, а выход антенны подключен к модулю NEO-7M. Схема сигнальных штырей модуля NEO-7M показана на рис. 10. Принцип определения азимута корабля, основанный на сигнале позиционирования, подобен принципу работы современных спутниковых компасов

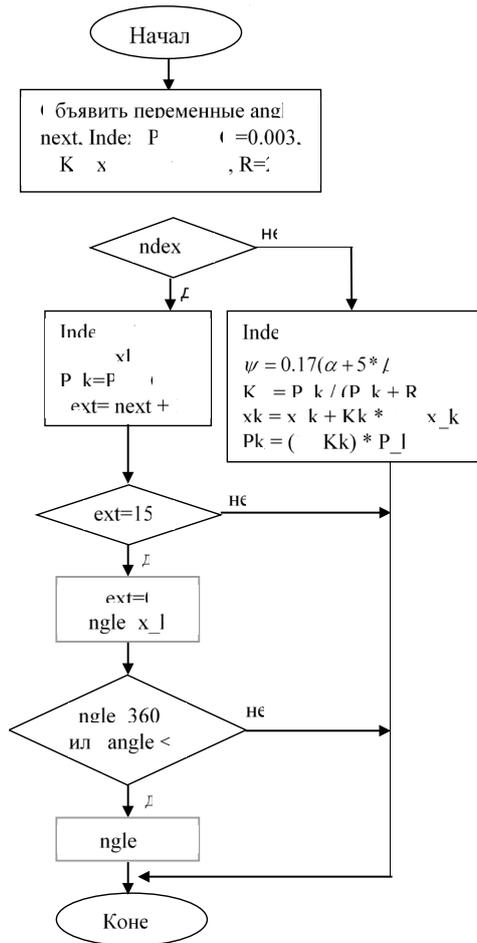


Рис. 11. Алгоритм фильтра Калмана для микроконтроллера ATMEGA128

[11]. Функция расчета азимута судна на основе датчика GPS действует только при движении судна. Этот метод нельзя использовать, когда корабль стоит на месте. Предположим, что корабль движется из положения А в В (рис. 10). Направление β движения судна определяется по следующей формуле [27, 28]:

$$\beta = \arctan 2(\Delta lon, \Delta lat). \tag{2}$$

На основе перечисленных значений компоненты Δlat и Δlon рассчитываются по формулам:

$$\Delta lat = h \frac{\tan(latB/2 + \pi/4)}{\tan(latA/2 + \pi/4)} \tag{3},$$

$$\Delta lon = \text{abs}(lonA - lonB). \tag{4}$$

В выражениях (3) и (4) величины $lonA$, $latA$, $lonB$ и $latB$ представляют собой широту и долготу судна в двух точках А и В. В процессе движения судна модуль NEO-7M непрерывно принимает сигналы со спутников и экспортирует пакеты данных NMEA0183, содержащие значения долготы и широты судна. Микроконтроллер

ATMEGA128 внутри ЦМК запрограммирован на считывание и отделение данных долготы и широты от модуля NEO-7M, а затем вычисляет азимутальное значение β в соответствии с уравнениями (2), (3) и (4).

Расчет значения азимута ψ на основе значений α и β

При движении корабля с большой скоростью, обработка сигнала от модуля NEO-7M дает более точную оценку направления движения судна. Но полученный азимут в результате обработки сигнала от датчика HMC5883L оказываются менее точными из-за помех, обусловленных движением корабля. Когда корабль движется с малой скоростью или стоит на месте, использование датчика HMC5883L оказывается более эффективным. Путем расчетов и фактического тестирования ЦМК авторы обнаружили, что наиболее точный совокупный выходной азимут ЦМК рассчитывается по формуле:

$$\psi = 0.17(\alpha + 5 * \beta). \tag{5}$$

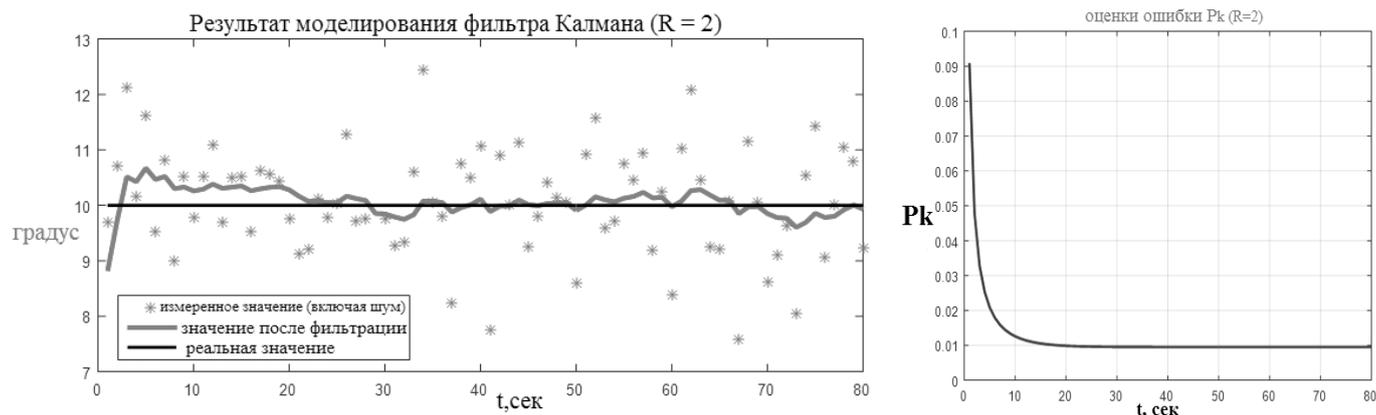


Рис. 12. Результаты моделирования фильтра Калмана и коэффициента P_k на ПО Matlab (в случае коэффициент $R = 2$)

Значение ψ в формуле (5) является нефильтрованным выходным значением ЦМК на основе обработки и расчета двух сигналов позиционирования и магнитного поля.

Алгоритм Калмана для обработки зашумленного выходного сигнала ЦМК

Структура алгоритма фильтра Калмана для микроконтроллера ATMEGA128 показана на рис. 11. Алгоритм состоит из двух повторяющихся фаз: предсказание и корректировка. Первая задача при запуске алгоритма — объявить и присвоить начальные значения переменным следующим образом: $angle=0$, $next=0$, $Index=0$, $P_k=0$, $P_{k-1}=0$, $Q=0.003$, $K_k=0$, $x_k=0$, $x_{k-1}=0$, $\psi=0$, $\alpha=0$, $\beta=0$, $R=2$. В алгоритме используется переменная $Index$ для выбора шага работы фильтра. Если $Index = 0$, то реализуются формулы предсказания. Если $Index = 1$, то реализуются формулы корректировки. В последнем случае, микроконтроллер обрабатывает и рассчитывает азимут на основе комбинации значений α и β и вычисляет коэффициенты K_k , x_k , P_k . Переменная $next$ определяет продолжительность одного цикла фильтрации. Если $next = 150$, выходной сигнал фильтра обновляется через каждые 3 секунды. Значение переменной $angle$ является выходным значением фильтра, которое формирует пакет данных NMEA0183 для передачи на устройства отображения «\$HEHDT, angle, T*YY». Здесь символы «HEHDT» являются символами, специфичными для данных NMEA0183 компаса, «YY» — контрольная сумма.

Результаты моделирования фильтра Калмана на Matlab показаны на рис. 12. В процессе моделирования фильтруемые значения азимута создаются суммой значения реального азимута (10 градусов) и случайного шума. Красная линия представляет выходное значение фильтра. В процессе моделирования на Matlab выявлено, что параметр фильтра $R = 2$ является наиболее под-

ходящим, когда красная линия ближе всего к черной линии (реальное значение). Параметр P_k (предсказание ошибки) характеризует скорость отклика фильтра. Согласно результатам на рис. 12, после 80 измерений P_k сходится к значению 0.01.

Алгоритм фильтрации с применением интервального подхода для микроконтроллера ATMEGA128 внутри ЦМК

Теория метода интервальной фильтрации представлена в предыдущих публикациях автора [17,29]. Алгоритм фильтрации с применением интервального подхода для микроконтроллера ATMEGA128 внутри ЦМК показан на рис. 13. Чтобы выполнить фильтрацию методом интервального подхода, программа использует 10 значений $\psi[i](i=0 \rightarrow 10)$ полученных за 10 раз обработки сигналов от датчиков HMC5883 и NEO-7M. Суть алгоритма фильтрации с применением интервального подхода состоит в том, чтобы найти два самых больших и самых маленьких числа двух массивов ($A[i] - e_{max}$) ($i = 0 \rightarrow 10$) и ($B[i] + e_{max}$) ($i = 0 \rightarrow 10$). После нахождения 2 самых больших и самых маленьких значений 2 массивов, значение азимута после фильтрации шума вычисляется по формуле:

$$\psi_T = 0,5 * (\psi_{max} + \psi_{min}) \quad (6)$$

а искомая оценка ее точности вычисляется как

$$d\psi = \psi_{max} - \psi_{min}. \quad (7)$$

Значение переменной ψ_T является выходным значением фильтра с устранением шума, которое в сочетании с необходимыми знаками формируется пакет данных NMEA0183 для передачи на устройства отображения. Структура такого пакета данных: «\$HEHDT, ψ_T , T*YY».

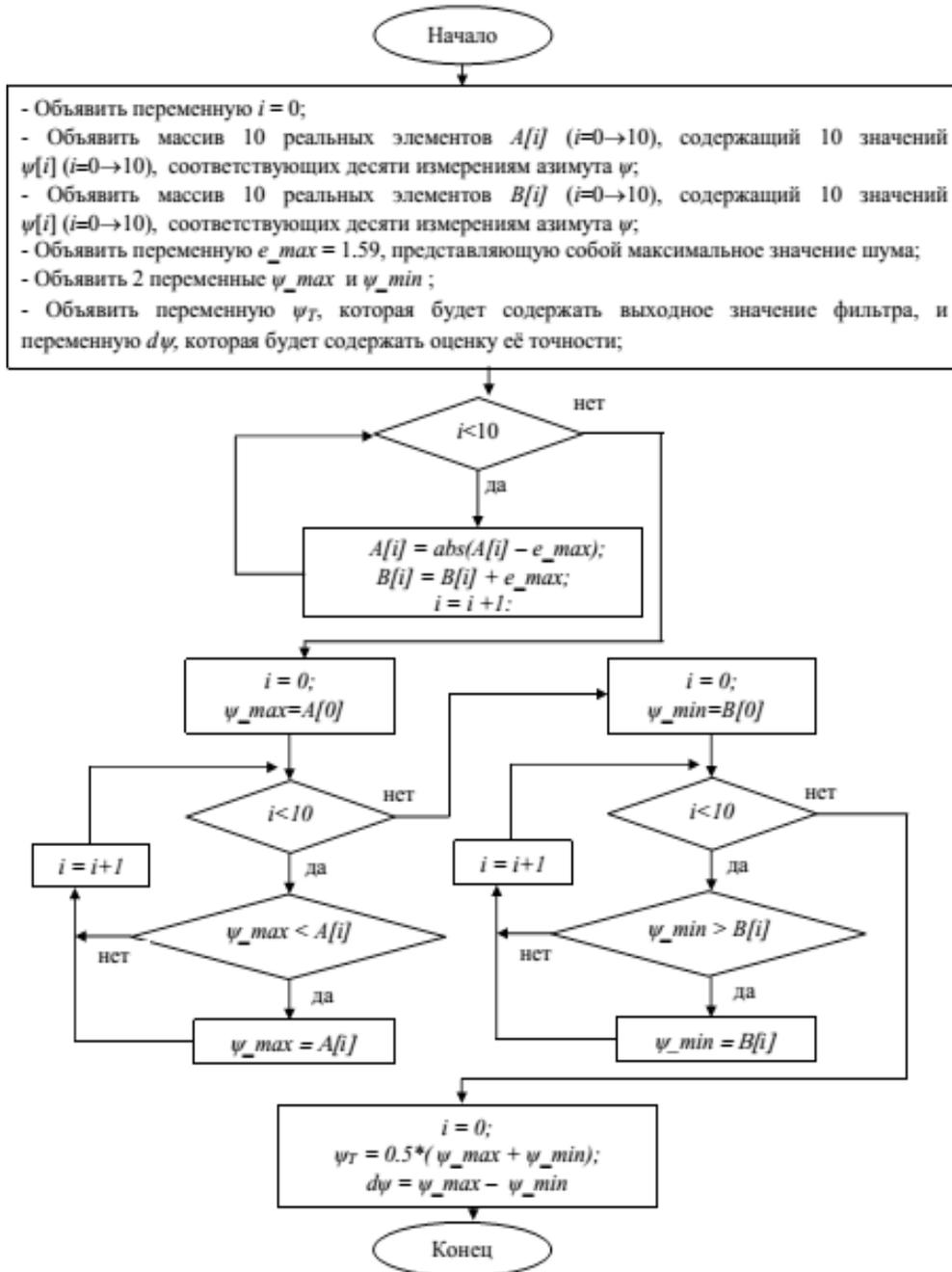


Рис. 13 Алгоритм фильтрации с применением интервального подхода для микроконтроллера ATMEGA128 внутри ЦМК

Результаты теста ЦМКС

Тестирование ЦМК

Для испытания ЦМК было создано на ПО С# специальное приложение (рис. 14), предназначенное для отображения характерных линий ЦМК и стандартного гироскопа корабля в виде графика с течением времени. Процесс испытания включает следующие шаги:

- ◆ перевести корабль в Северное направление в течение 200 секунд;
- ◆ повернуть корабль вправо на 20 градусов в течение 200 секунд, а затем сохранить данное направление в течение 200 секунд;
- ◆ продолжать поворот еще на 20 градусов в течение 200 секунд и сохранять полученное направление в течение оставшихся 200 секунд;
- ◆ зафиксировать изменения значений стандартного электрического компаса и ЦМК;

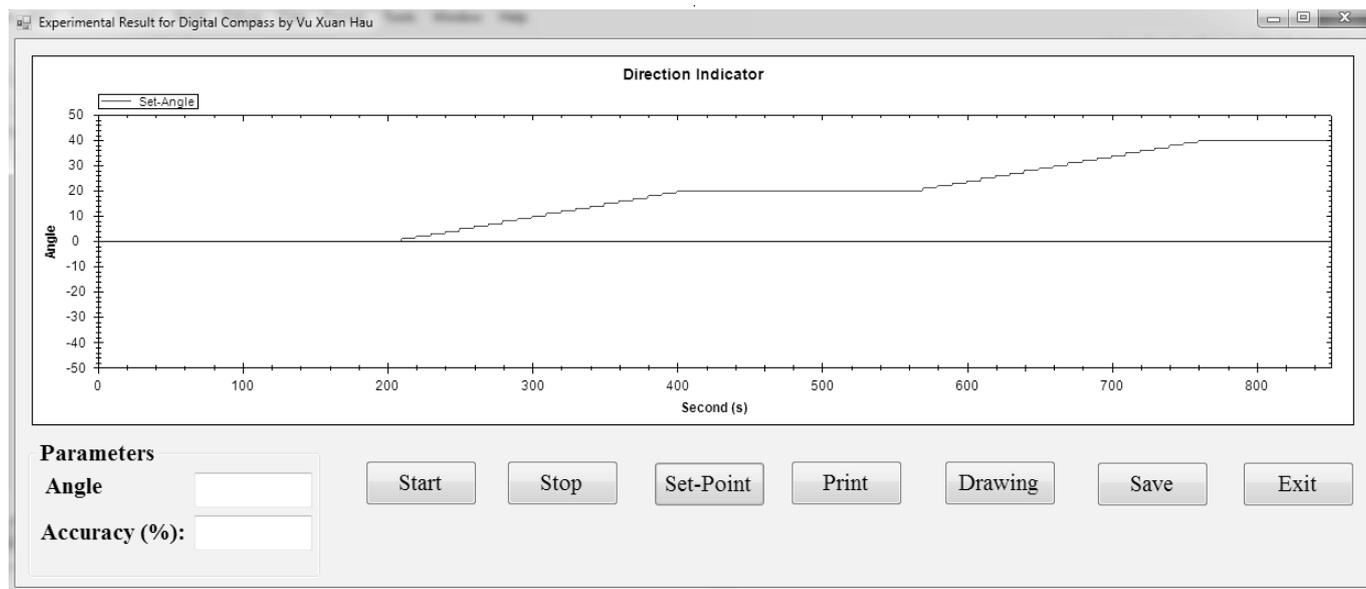


Рис. 14. Интерфейс ПО для тестирования ЦМК

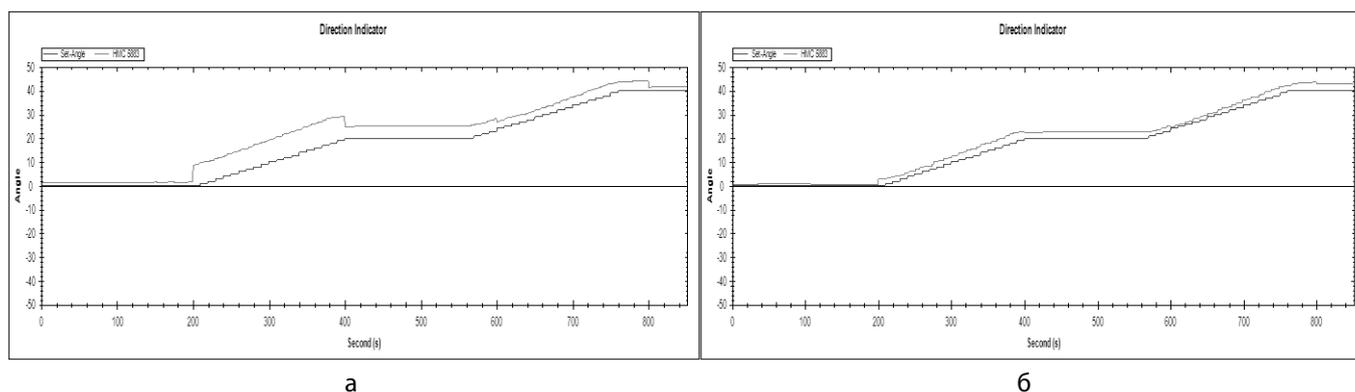


Рис. 15. Результаты теста, когда ЦМК использует только датчик HMC5883L (поворот корабля вправо): а — без фильтра Калмана; б — с фильтром Калмана

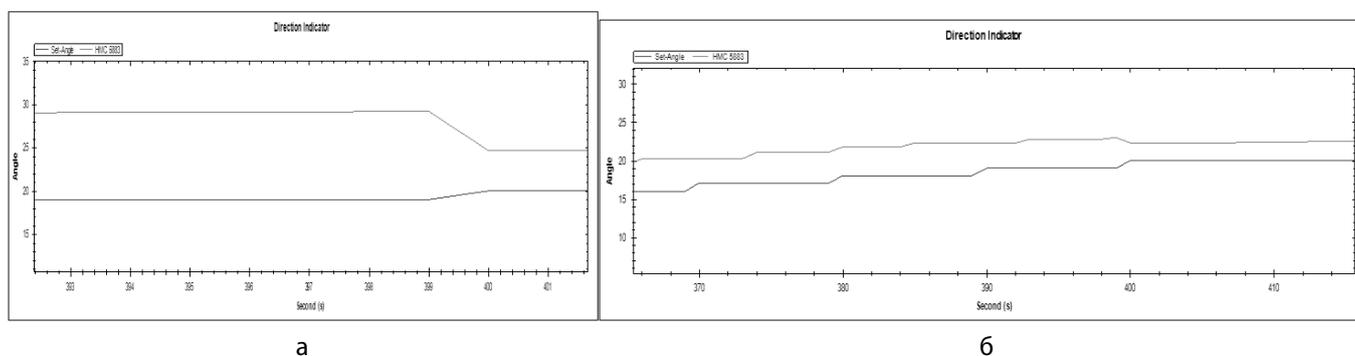


Рис. 16. График, показывающий максимальное отклонение, когда ЦМК использует только датчик HMC5883L (поворот корабля вправо): а — без фильтра Калмана; б — с фильтром Калмана

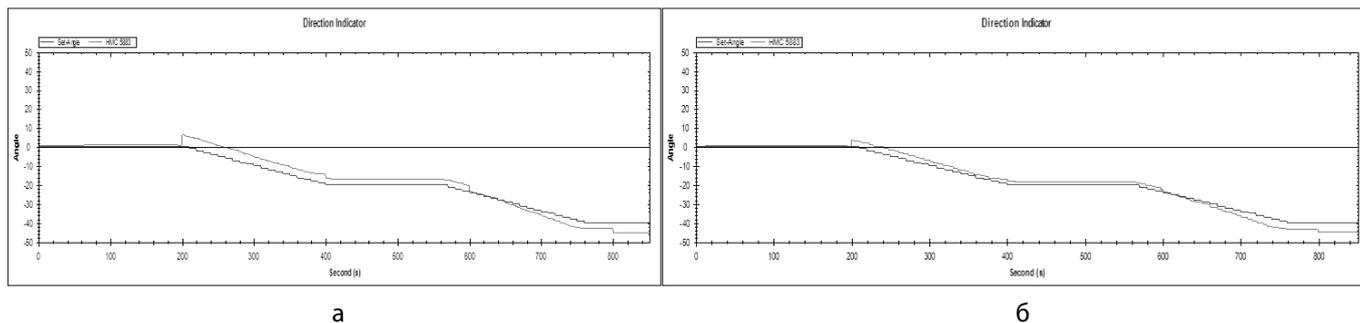


Рис. 17. Результаты теста, когда ЦМК использует только датчик HMC5883L (поворот корабля влево): а — без фильтра Калмана; б — с фильтром Калмана

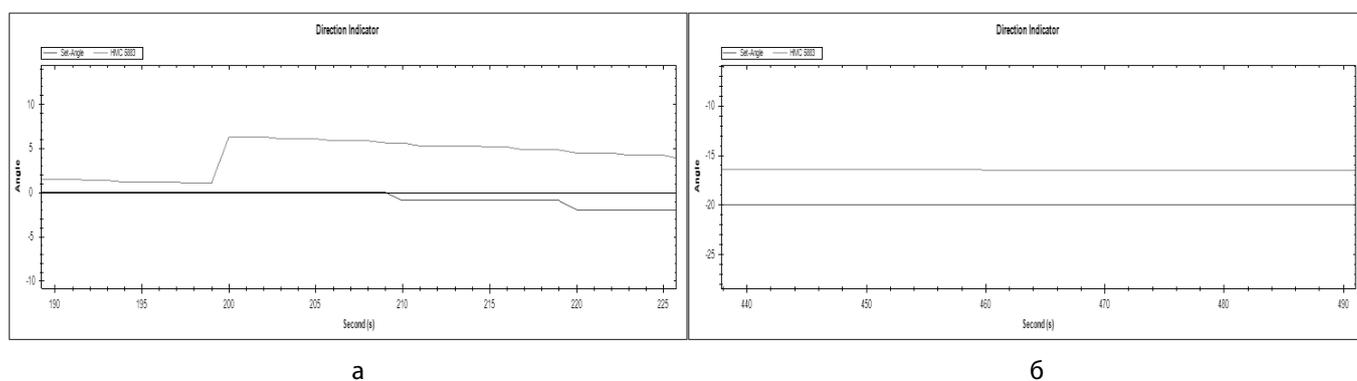


Рис. 18. График, показывающий максимальное отклонение, когда ЦМК использует только датчика HMC5883L (поворот корабля влево): а — без фильтра Калмана; б — с фильтром Калмана

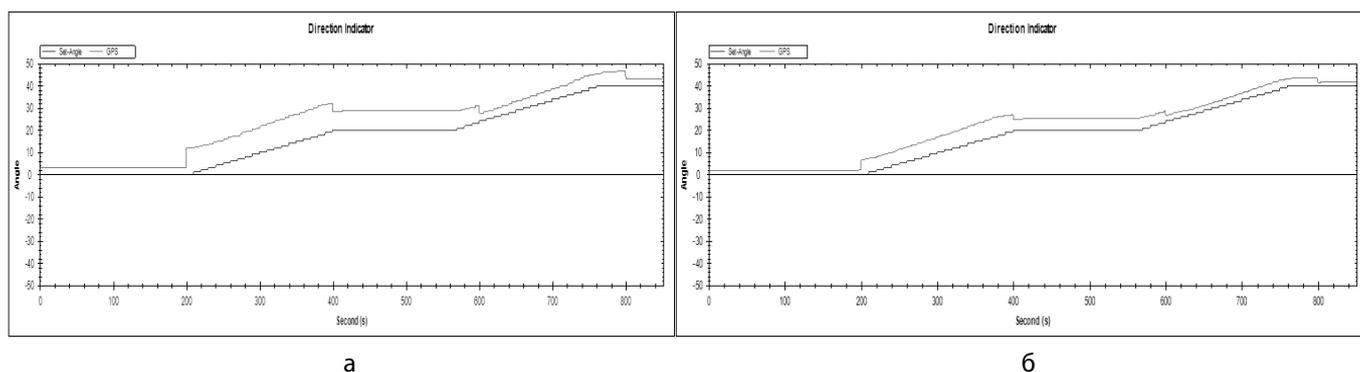


Рис. 19. Экспериментальные результаты, когда ЦМК использует только модуль NEO-7M; а — без фильтра Калмана; б — с фильтром Калмана

- ♦ повторить вышеуказанные операции с тестом поворота влево на 20 градусов.

Приведем результаты тестов в разных случаях в виде графиков характерных линий, в которых красная — характерная линия выхода ЦМК; синяя — характерная ли-

ния стандартного гирокомпаса корабля, отражающая желаемое значение азимута (ближайшее к истинному). В этой статье мы представляем результаты теста ЦМК в случае использования фильтра Калмана. Экспериментальные результаты для случая использования метода интервальных фильтров представлены в диссертации

Таблица 1. Результаты испытаний индикаторных устройств

Индикатор на компьютере, градусы	Показание индикаторного устройства, градусы	Погрешность, градусы	Оценка погрешности
0.0	0.1	0.1	хорошо
128.5	128.5	0.0	хорошо
250.1	250.2	0.1	хорошо
338.4	338.3	0.1	хорошо

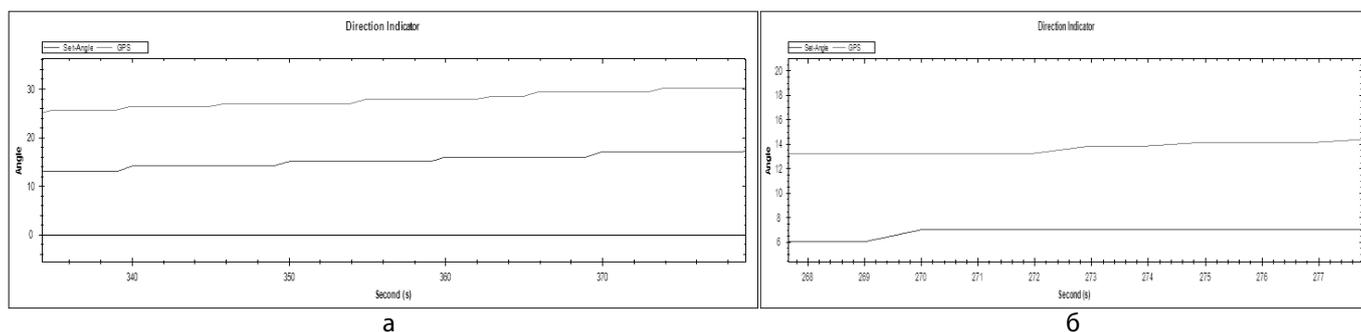


Рис. 20. На графике показано наибольшее отклонение, когда ЦМК использует модуль NEO-7M: а — без фильтра Калмана; б — с фильтром Калмана

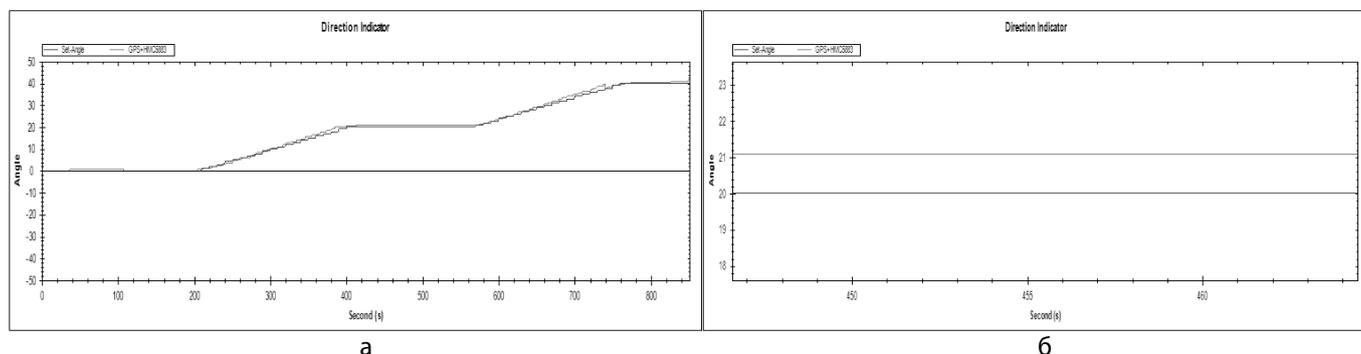


Рис. 21. Результаты теста, когда ЦМК одновременно использовани датчика



Рис. 22. Схема подключения компьютера и тестовых устройств (а), Интерфейс ПО для тестирования индикаторных устройств (б)

HMC5883L и модуля NEO-7M (с фильтром Калмана) (*a*), наибольшее отклонение измерений ЦМК от сигнала стандартного гирокомпас корабля при одновременном использовании датчика HMC5883L и модуля NEO-7M (*b*)

Подводим результаты теста ЦМК:

- ◆ В случае ЦМК использует только датчик HMC5883L, при работе без фильтра Калмана выходное значение ЦМК имеет большие погрешности (до 10 градусов), с помощью фильтра Калмана уровень погрешности существенно снижается (до 4 градусов).
- ◆ В случае ЦМК использует только модуль NEO-7M, при работе без фильтра Калмана выходное значение ЦМК имеет большие погрешности (до 14 градусов), с помощью фильтра Калмана уровень погрешности существенно снижается (до 7.5 градусов).
- ◆ При одновременном использовании датчика HMC5883L и модуля NEO-7M для изготовления ЦМК (и при использовании микроконтроллера ATMEGA128 ЦМК программы фильтра Калмана) выходной сигнал ЦМК имеет наименьшую погрешность по сравнению с выходным сигналом стандартного электрического компаса (1.1 градуса).

Тестирование индикаторных устройств в составе системы

Для проведения теста индикаторные устройства подключаются к компьютеру с помощью преобразователя USB485-RS485. На компьютере было установлена ПО (рис. 226), имеющее функции генерации сигнала компаса в формате NMEA0183 и передачи на индикаторные устройства. Схема подключения компьютера и тестовых устройств показана на рис. 23а. Результаты испытаний индикаторных устройств, представленные в табл. 1, показывают, что индикаторные устройства были разработаны в полном соответствии с техническими стандартами и могут использоваться на судах: значения азимута, отображаемые на устройстве и на компьютере, имеют небольшие отклонения.

Выводы

Использование в составе ЦМК магнитного датчика и модуля позиционирования с применением для устранения шума выходного сигнала методов фильтрации Канмана и интервальных оценок позволило максимально уменьшить отклонения измеренного азимута корабля от истинного. Разработанная ЦМКС привлекательна и идеально подходит для оснащения небольших судов во Вьетнаме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Морское судовождение / Г. Г. Ермолаев, Л. П. Андронов, Е. С. Зотеев и др. — 3-е изд., перераб. — Москва: Транспорт, 1970. — 375 с.
2. Воронов В. В. Магнитные компасы, теория, конструкция и девиационные работы / В. В. Воронов, Н. Н. Григорьев, А. В. Яловенко. — СПб: Элмор, 2004. — 192 с.
3. Лукомский Ю. А. Навигация и управление движением судов: учебник / Ю. А. Лукомский, В. Г. Пешехонов, Д. А. Скороходов. — СПб: Элмор, 2002. — 360 с.
4. Выбор и использование персональных навигаторов GPS [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://v-dorogu.narod.ru/article/kompassgps.htm>
5. Компас на морском судне [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.seaships.ru/compass.htm>
6. IMO Resolution A.382(X) Recommendations on performance standards for magnetic compasses. https://puc.overheid.nl/nsi/doc/PUC_2469_14/1/
7. Magnetic compasses carriage and performance standards, A./Res.382(X). IMO (1977). https://puc.overheid.nl/nsi/doc/PUC_2469_14/1/
8. International standard ISO 25862, Ships and marine technology — Marine magnetic compasses, binnacles and azimuth reading devices // First edition. 2009. № 05–15. P. 1–7.
9. Agubor C. K., Ezech G. N., Olubiwe M., Nosiri O. C. Design and Implementation of a Simple HMC6352 2-Axis-MR Digital Compass. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering (ISSN2250–2459, ISO 9001:2008 // Certified Journal. 2015. March. Volume 5. Issue 3.
10. Livada B., Vujić S., Radić D., Unkašević T., Banjac Z. Digital Magnetic Compass Integration with Stationary, Land-Based Electro-Optical Multi-Sensor Surveillance System, Sensors. 2019. № 19(19). P. 433111.
11. SATELLITE COMPASS Model SC-50, Manual document. https://www.em-schiffselektronik.de/upload/1360679_GPS%20Kompass%20Furuno%20SC%2050.pdf
12. Заявка на патент № 008665 РФ. Цифровая магнитная компасная система с коррекцией. Ву Суан Хау, Иванов В. Э. Заявитель и патентообладатель Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. Заявл. 06.02.2020.
13. HMC5883 Database Sheet (online). <https://datasheetspdf.com/pdf-file/795536/Honeywell/HMC5883/1>
14. Data Sheet u-blox 7 GNSS modules, Document number UBX-13003830, Revision R07, 11-Nov-2014. https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-7_DataSheet_%28UBX-13003830%29.pdf
15. ATmega128/L Datasheet — Microchip Technology. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/doc2467.pdf>
16. Kalman R. E. A new approach to linear filtering and prediction problems. Transactions of the ASME, Ser. D // Journal of Basic Engineering. 1960 № 82. P. 34–45.
17. Ву Суан Хау. Применение методов интервального анализа к цифровой обработке данных корабельного компаса / Ву Суан Хау, С. И. Кумков // Уральский радиотехнический журнал. 2018ю, Т. 2, № 4ю С. 7–19.
18. The NMEA0183 Protocol. <https://www.tronico.fi/OH6NT/docs/NMEA0183.pdf>

19. National Marine Electronics Association. <http://www.nmea.org>
20. Интерфейсы RS-485, RS-422 и RS-232 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.bookasutp.ru/Chapter2_3.aspx
21. ATmega16 Datasheet — Microchip Technology. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/doc2466.pdf>
22. Datasheet Atmega8L. https://www.mouser.com/datasheet/2/268/Atmel-2486-8-bit-AVR-microcontrollerATmega8_L_dat-1315266.pdf
23. Caruso M. J. Applications of magnetoresistive sensors in navigation systems // SAE Trans. 1997. № 106. P. 1092–1098.
24. Sipos M., Rohac J., Novacek P. Improvement of electronic compass accuracy based on magnetometer and accelerometer calibration // Acta Phys. Polonica. 2012. A 121. P. 945–949.
25. Русских М. Магнитометры: принцип действия, компенсация ошибок / Русских М. // Журнал РАДИОЛОЦМАН. 2012. Сентябрь. С. 31–38.
26. Larisa Dobryakova, Łukasz Lemieszewski, Eugeniusz Luszniok, Evgeny Ochir. The application of satellite compass for GNSS-spoofing detecting /Scientific Journals Maritime University of Szczecin, 37(109), pp. 28–33, ISSN1733–8670, 2014 <http://repository.am.szczecin.pl/handle/123456789/616>.
27. Calculate distance, bearing and more between Latitude/Longitude points [Online]. Available: <https://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html>
28. Bullock R. Great Circle Distances and Bearings Between Two Locations. 2007. June 5. [Online]. Available: https://dtcenter.org/met/users/docs/write_ups/gc_simple.pdf
29. Vu Xuan Hau. Filtration of Noised Information of Ship Digital Magnetic Compass. Interval and Regression Approaches / Vu Xuan Hau, S. I. Kumkov. Collection of Scientific Reports «Contemporary Problems of Mathematics and its Applications». International (49-th All-Russian) Youth School-Conference «SoProMat-2018». Institute of Mathematics and Mechanics Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, February 4–10, 2018. IMM UrBRAS (electronic publication)

© Ву Суан Хау (hauxuanhd@gmail.com), Иванов Вячеслав Элизбарович (v.e.ivanovekt@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ АУДИТА И МОНИТОРИНГА ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

FEATURES OF INFORMATION SECURITY AUDIT AND MONITORING IN DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEMS

**K. Goryun
S. Klyuev**

Summary. In the context of constant changes in the constituent components of a distributed information system, information security is a complex task. To date, in the works of scientists, insufficient attention has been paid to the audit and monitoring of information security in such systems. There is no audit and monitoring methodology, no system of criteria for evaluating the effectiveness of information security; it does not take into account the peculiarities inherent in distributed information systems, which in turn does not allow increasing the efficiency of information security systems in distributed information systems. The aim of this work is to systematize basic information about the stages of audit and monitoring, taking into account the features of their implementation in distributed information systems. When identifying the features of audit and monitoring activities in distributed information systems, methods of system analysis, logical induction and deduction were used. The features and problematic issues identified in the work related to the audit and monitoring in distributed systems can be used to justify the development of new models, methods and algorithms for auditing and monitoring information security of distributed information systems.

Keywords: information security, information security systems, audit and monitoring of information security, distributed information systems.

Горюн Кристина Николаевна

Преподаватель, ФГКОУ ВО «Краснодарский
университет Министерства внутренних дел
Российской Федерации»
kngoryun@yandex.ru

Клюев Станислав Геннадьевич

К.т.н., доцент, Краснодарское высшее военное
училище
s.g.klyuev@mail.ru

Аннотация. В условиях постоянного изменения составляющих компонентов распределенной информационной системы обеспечение безопасности информации является сложной задачей. На сегодняшний день в работах ученых недостаточно внимания уделено проведению аудита и мониторинга информационной безопасности в такого рода системах. Отсутствуют методика проведения аудита и мониторинга, система критериев оценки эффективности обеспечения информационной безопасности, не учитываются особенности присущие распределенным информационным системам, что в свою очередь не позволяет повысить эффективность функционирования систем обеспечения информационной безопасности в распределенных информационных системах. Целью данной работы является систематизация основных сведений об этапах аудита и мониторинга с учетом особенностей их проведения в распределенных информационных системах. При выявлении особенностей мероприятий аудита и мониторинга в распределенных информационных системах использовались методы системного анализа, логической индукции и дедукции. Выявленные в работе особенности и проблемные вопросы, связанные с проведением аудита и мониторинга в распределенных системах, могут быть использованы для обоснования разработки новых моделей, методов и алгоритмов аудита и мониторинга информационной безопасности распределенных информационных систем.

Ключевые слова: информационная безопасность, системы обеспечения информационной безопасности, аудит и мониторинг информационной безопасности, распределенные информационные системы.

При осуществлении обеспечения информационной безопасности (ИБ) распределенных информационных систем наряду с процессами реализации мер защиты информации, специализированной подготовки персонала и внедрения политики безопасности важное значение имеют процессы контроля и проверки состояния информационной безопасности. Данный контроль позволяет проверить целесообразность выбранных методов и средств защиты, а также выявить уязвимости в существующей информационной системе. Среди процессов контроля и проверки состояния

информационной безопасности особое место занимают аудит и мониторинг состояния ИБ, основной целью которых является выявления нарушений угроз безопасности информации и уязвимостей, а также формирование независимой оценки состояния информационной безопасности в информационных системах.

На настоящий момент значительное количество ученых освещали тему, посвященную аудиту и мониторингу ИБ. Например, в [1] автор рассматривает конкретные программные комплексы, предназначенные для прове-

дения аудита информационной безопасности, проводит их анализ и приходит к выводу, что при осуществлении аудита информационной безопасности в государственной организации в качестве критериев оценки рисков и управления ИБ выступают требования государственных и международных стандартов, либо анализ рисков. В [2] представлен обзор международных стандартов и практик по проведению аудита ИБ. Автор [3] в качестве средства проведения аудита ИБ рассматривает конкретное программное решение. В целом, в представленных научных работах имеют место решенные научные и практические задачи, однако, не четко определен систематизированный подход к проведению аудита и мониторинга состояния ИБ, классификация и методика проведения данных мероприятий. В большинстве своем авторы рассматривают процесс проведения аудита и осуществление мониторинга в узком направлении, например, проведение аудита в государственных органах как в [4], или исследуют определенный метод или этап, например, в подавляющем большинстве эксперименты по тестированию реальных информационных систем сводятся к «тестированию на проникновение» [5] или к проведению «инструментального аудита». В итоге отсутствуют систематизация знаний об этапах аудита, теоретические и практические принципы проведения аудита.

К тому же терминология и классификация мероприятий аудита и мониторинга, используемые в известных работах, являются достаточно противоречивыми и неоднозначными. Также стоит отметить отсутствие системного подхода в нормативно правовом регулировании вопросов связанных с проведением аудита и мониторинга состояния ИБ.

В сложившейся ситуации достаточно мало ученых рассматривают в качестве объекта мониторинга и аудита распределенные информационные системы.

Распределенная информационная система в соответствии с ГОСТ 34.321–96. «Информационные технологии. Система стандартов по базам данных. Эталонная модель управления данными» представляет собой информационную систему, объекты данных и/или процессы которой физически распределяются на две или более компьютерные системы (34.321–96, 1996).

Распределенные системы должны иметь возможность поддаваться расширению, или масштабированию. Эта характеристика является прямым следствием наличия независимых компонентов, но в то же время не указывает, каким образом эти компоненты на самом деле объединяются в единую систему. Распределенные системы обычно существуют постоянно, однако, некоторые их элементы могут временно выходить из строя. Пользователи и приложения не должны уведомляться

о том, что эти компоненты заменены или починены, или что добавлены новые части для поддержки дополнительных пользователей или приложений.

Распределенная система представляется пользователям как единая совокупность. Масштаб системы может измеряться по различным показателям:

1. система может масштабироваться по отношению к её размеру;
2. система может масштабироваться географически, пользователи и набор сервисов могут быть разнесены в пространстве;
3. система может быть разнесена в административном смысле, то есть работать в различных административно разделенных организациях.

Целью данной статьи является систематизация основных сведений об этапах аудита и мониторинга с учетом особенностей их проведения в распределенных информационных системах.

Как правило, аудит информационной безопасности подразделяется на следующие этапы:

- ◆ Подготовительный этап, включающий в себя выбор объекта, критериев и методов аудита, средств и способов аудита, определение объемов и масштаба аудита, установление сроков аудита.
- ◆ Основной этап — анализ состояния ИБ объекта, регистрация и проверка статистических данных и результатов измерений уязвимостей и угроз, оценка результатов проверки, формирование отчета по результатам проверки.
- ◆ На заключительном этапе происходит формирование рекомендаций по улучшению комплекса мер, направленных на повышение эффективности системы защиты и разработка плана по устранению имеющихся уязвимостей и недостатков в системе обеспечения ИБ.

Однако, когда речь идет о распределенных информационных системах возникает ряд нерешенных вопросов, связанных, например, с проведением инвентаризации аппаратного и программного обеспечения. Современные системы становятся крупногабаритными и динамичными. При наличии большого числа географически распределенных узлов, а также постоянно растущего числа мобильных пользователей трудно иметь четкое представление о том, какое реальное количество аппаратного и программного обеспечения имеется в конкретной информационной системе. Безусловно, возможно воспользоваться специализированным программным обеспечением, но это не решит проблему системного подхода к проведению аудита в распределенных информационных системах.

При осуществлении сбора информации о текущем состоянии, сведений об администрировании и сопровождении информационной системы необходимо учитывать сложность системы, которая определяется как количеством подсистем, так и разнообразием их типов и выполняемых функций; невозможность обеспечения эффективного контроля за доступом к ресурсам, распределенным на больших расстояниях; возможность принадлежности ресурсов сети различным владельцам; необходимость обеспечения гарантированной передачи информации по коммуникационной подсети. Такие сложные системы строятся как адаптивные, в которых обеспечивается постоянный контроль работоспособности элементов системы и возможность продолжения функционирования даже в условиях отказов отдельных подсистем.

Перед аудитором возникает ряд следующих задач, присущих именно процедуре проведения аудита в распределенных системах:

1. Выбрать методы, способы и средства проведения аудита, позволяющие осуществить анализ состава и структуры распределенной информационной системы в условиях постоянного изменения ее составляющих компонентов.
2. Выбрать систему критериев и показателей оценки эффективности функционирования системы обеспечения ИБ.
3. Провести оценку эффективности системы обеспечения ИБ с учетом постоянно меняющихся состава и структуры распределенной информационной системы.
4. Определить наиболее значимые элементы в распределенной информационной системе.

К сожалению, полностью решить вышеуказанные задачи по объективным причинам на данный момент не представляется возможным.

Если говорить о мониторинге информационной безопасности в информационных системах, то этот процесс представляет собой постоянное наблюдение и анализ результатов регистрации событий безопасности с целью выявления нарушений, угроз безопасности информации и уязвимостей в информационных системах.

Мониторинг информационной безопасности в информационной распределенной системе должен предусматривать выполнение следующих мероприятий: контроль за событиями безопасности и действиями пользователей, и состоянием защищенности информации, содержащейся в информационной системе; анализ и оценка функционирования системы защиты информации; периодический анализ изменения угроз безопасности информации в информационной системе.

Процессы сбора и обработки сведений выполняются из разных источников, таких как DLP-системы, IDS-системы, антивирусное программное обеспечение, журналы событий операционных систем. Чем больше и неоднороднее информационная система, тем больше может быть источников.

Для автоматизации процесса сбора и анализа информации о событиях безопасности, поступающих из различных источников целесообразно использовать систему мониторинга событий информационной безопасности, которая состоит из программно-аппаратной части (агенты мониторинга, сервер событий, хранилища данных); документационной части (набор документов, описывающих основные процессы, связанные с выявлением и реагированием на инциденты безопасности); кадровой составляющей (сотрудники, ответственные за работу с системой мониторинга ИБ).

В распределенных информационных системах мониторинг информационной безопасности осуществляется на следующих уровнях:

- ◆ уровень источников данных;
- ◆ уровень сбора данных;
- ◆ уровень хранения и обработки данных;
- ◆ уровень представления информации мониторинга потребителям.

Причем на каждом из перечисленных уровней должна быть обеспечена возможность реализации многомерности, то есть обеспечения вертикальной интеграции процесса мониторинга информационной безопасности в организационную структуру управления безопасностью организации, а также горизонтальную — по структурным элементам информационной системы; масштабируемость за счет подключения новых источников информации о событиях безопасности; адаптивность к новым компьютерным атакам и иным видам нарушений безопасности информации за счет развития правил сопоставления событий безопасности и регистрации нарушений безопасности информации, унификация протоколов взаимодействия различных элементов, участвующих в процессе мониторинга информационной безопасности.

Автоматизированный и непрерывный мониторинг безопасности является главным условием быстрого выявления и устранения угроз.

Тем не менее, при осуществлении мониторинга состояния ИБ возникают неразрешенные задачи, связанные с неоднородностью и неопределенностью структуры распределенной информационной системы, отсутствии системы критериев и оценок, позволяющих оценить эффективность защищенности системы, неопределенности воздействия угроз.

Таким образом, для повышения точности оценки эффективности функционирования систем обеспечения информационной безопасности распределенных информационных систем необходимо:

Во-первых, разработать динамическую модель осуществления аудита распределенной информационной системы с учетом изменения ее состава и структуры.

Во-вторых, разработать систему критериев, показателей и алгоритм оценки эффективности функционирования систем обеспечения информационной безопасности в распределенных информационных системах с учетом изменения ее состава и структуры, а также всех

факторов, воздействующих на безопасность защищаемой информации.

В-третьих, разработать метод выявления значимых элементов распределенной информационной системы и уязвимостей в системе обеспечения информационной безопасности для формулирования мер защиты в условиях неопределенности воздействия.

Только при наличии данных трех составляющих возможен системный подход к проведению аудита и мониторинга в распределенных информационных системах, позволяющий повысить эффективность защиты информационных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Серова А. Г. Теоретические основы и программные средства аудита // Системы Управления информационной безопасностью государственного учреждения, Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики, 2017. С. 560–569.
2. Сёмкина Н. С., Виды и методы проведения внутреннего аудита // Системы Управления Информационной Безопасностью Московский институт электроники и математики НИУ ВШЭ, 2017. С. 340–341.
3. Бутакова Н. Г. Интеграция средств мониторинга и аудита информационной безопасности корпоративной сети // Электронный Научный Журнал. 2017. № 4–1 (19). С. 152–155.
4. Ермаков А. С., Клименко А. П. Методы Аудита Информационной Безопасности Государственного Предприятия 2017. С. 8–14.
5. Чуб В. Молодой исследователь донна // Аудит безопасности информационной системы с использованием тестов на проникновение. 2018. № 6. С. 88–90.
6. Аверичников В. И., Рытов М. Ю., Кувылкин А. В., Рудановский М. В. // Аудит информационной безопасности органов исполнительной власти: учебное пособие. — М.: Флинта, 2011—100 с.
7. Кульба В. В., Шелков А. Б., Гладков Ю. М., Мониторинг и аудит информационной безопасности автоматизированных систем. — М.: ИПУ им. В. А. Трапезникова РАН, 2009—94 с.
8. Марков А. С., Цирлов В. Л., Барабанов А. В. Методы несоответствия средств защиты информации / под ред. А. С. Маркова. — М.: Радио и связь, 2012—192 с.
9. Хомяков В. А. Аудит как метод модернизации системы обеспечения информационной безопасности // Экономический вестник университета. 2013 № 2 С. 48–52.
10. Симонов С. Аудит безопасности информационных систем // Jet Info. 1999 № 9 (76). С. 3–24.
11. Котенко И. В., Степашин М. В. Анализ защищенности компьютерных сетей на основе моделирования действий злоумышленников и построении графа атак // Труды Института системного анализа РАН. 2007 Т. 31 С. 126–207.
12. Скабцов Н. Аудит безопасности информационных систем. — СПб.: Питер, 2018—272 с.

СИСТЕМА СЛИЯНИЯ ДАННЫХ IMU, GPS, LIDAR, СТЕРЕОКАМЕРЫ И МАГНЕТОМЕТРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ЛОКАЛИЗАЦИИ БЕСПИЛОТНОГО АВТОМОБИЛЯ

SYSTEM OF IMU, GPS, LIDAR, STEREO CAMERA AND MAGNETOMETER DATA FUSION FOR SELF-DRIVING CAR LOCALIZATION

A. Izvin

Summary. This work describes the localization system of an unmanned vehicle, which consists of IMU, GPS, LIDAR, stereo camera and magnetometer sensors. Unscented Kalman filter is responsible for merging the data produced by these sensors. System performance is tested on synthetic data generated by the Carla simulator. The car's state values predicted by the system are compared with the ground truth values. As a result of comparison it is established that the system determines the position, speed and direction of the vehicle with accuracy ± 4.13 cm, ± 0.08 m/s and ± 0.01 rad, respectively. This makes it possible to use that system in practice.

Keywords: localization, Kalman filter, GPS, IMU, stereo camera, LIDAR, magnetometer, unmanned vehicle, simulator, data fusion, Carla.

Извин Андрей Валерьевич

МГТУ им. Н. Э. Баумана, г. Москва
izvinav309@gmail.com

Аннотация. В данной работе описывается система локализации беспилотного автомобиля, которая состоит из сенсоров IMU, GPS, LIDAR, стереокамеры и магнетометра, а за слияние данных этих сенсоров отвечает сигма-точечный фильтр Калмана. Работоспособность системы тестируется на синтетических данных, сгенерированных с помощью симулятора Carla. Проводится сравнение значений состояния автомобиля, спрогнозированных системой, с их истинными значениями, в результате чего устанавливается, что система определяет позицию, скорость и направление движения автомобиля с точностями ± 4.13 см, ± 0.08 м/с и ± 0.01 рад соответственно, что говорит о возможности ее применения на практике.

Ключевые слова: локализация, фильтр Калмана, GPS, IMU, стереокамера, LIDAR, магнетометр, беспилотный автомобиль, симулятор, слияние данных, Carla.

Введение

В настоящее время, для решения задачи локализации беспилотных транспортных средств, широко используются относительно дешевые инерциальные измерительные модули (IMU). IMU модуль обычно состоит из гироскопа и акселерометра, которые позволяют измерять угловую скорость и ускорение движущегося объекта. Интегрирование показаний IMU бортовым компьютером, позволяет на высоких частотах обновлять данные о координатах, скорости и направлении движения автомобиля. Поскольку показания гироскопа и акселерометра подвержены воздействию шумов (например, проскальзывание шин), данные о положении, направлении и скорости движущегося объекта дрейфуют во времени [1]. Увеличение точности навигации за счет установки высокоточных IMU модулей, значительно увеличивает стоимость навигационных систем. Как показали современные исследования [2], для решения данной проблемы целесообразно использовать связку дешевых IMU модулей с вспомогательными навигационными системами и сенсорами, такими как: GPS, магнетометр, спидометр и др. Такой подход позволяет справиться

с проблемой падения точности навигации за счет слияния показаний IMU модуля с высокой частотой обновления и показаний вспомогательных модулей с низкой частотой обновления, измерения которых практически не зависят от времени.

Системы GNSS и GPS, в частности, хорошо подходят для роли вспомогательного модуля для IMU. Однако такие системы навигации имеют очень большую погрешность измерения позиции (от 3 до 10 метров), кроме того, в больших городах здания могут перекрывать спутниковые сигналы, что приводит к обрывам системы и падению точности. В работах [3–6] исследуется возможность применения стерео-камер для дальнейшего увеличения точности локализации, хотя такой подход и дает положительные результаты, нельзя забывать, что видеокamеры сильно зависят от освещенности окружающей среды. Для решения данной проблемы совместно с камерами можно использовать системы ночного видения, либо отказаться от камер в пользу лидаров, показания которых не зависят от освещенности, поскольку используют собственный световой луч для построения неструктурированного облака точек. Как было установ-

Таблица 1. частоты обновления сенсоров

Наименование сенсора	Частота обновления, Hz
IMU	100
Стерео-камера	60
Магнитометр	20
GPS	5
Lidar	10



Рис. 1. схема объединения измерений с GPS, IMU и лидаров

лено в работах [7–11], лидары способны значительно увеличить точность локализации.

Поскольку GPS, стереокамеры и лидары позволяют измерять только координаты и скорость движущегося объекта, но нам также нужно уточнять направление его движения, для синтеза действительно робастной системы навигации, требуется еще хотя бы один сенсор. В качестве такого сенсора предлагается использовать магнитометр (компас), который обычно входит в состав современных IMU модулей вместе с акселерометром и гироскопом.

Обычно слияние показаний нескольких сенсоров с целью корректировки ошибок измерения, проводят с помощью расширенного фильтра Калмана [12]. В настоящее время внимание исследователей приковано с сигма-точечному фильтру Калмана [13], ввиду следующих его преимуществ: отсутствие необходимости

расчета сложного якобиана, сохранение нелинейности модели вплоть до второго порядка, относительно малая вычислительная сложность.

Асинхронная схема слияния сенсоров

На рисунке 1 представлена схема объединения измерений с IMU, LIDAR, магнитометра и GPS при помощи сигма-точечного фильтра Калмана. Поскольку данные с IMU, поступают чаще, чем с GPS, LIDAR и магнитометра, то данная схема строится по асинхронному принципу. Если в данный момент времени нам доступны только измерения с IMU, то на их основе делается предсказание текущего состояния системы с последующей корректировкой по норме кватерниона направления, однако, если нам также доступны измерения с любого другого сенсора, то корректировка предсказания проводится с помощью этих измерений.

$$x = [p, v, q, b_a, b_\omega]^T_{16 \times 1} \tag{1}$$

$$x_t = f(x_{t-1}, u_{t-1}) + \varepsilon \tag{2}$$

$$x_t = \begin{bmatrix} p_{t-1} + v_{t-1}\Delta t + (C(q_{t-1})(f_{b,t-1}) + g) \frac{\Delta t^2}{2} \\ v_{t-1} + (C(q_{t-1})(f_{b,t-1}) + g)\Delta t \\ \cos\left(\frac{\|\omega_{b,t-1}\|\Delta t}{2}\right) I_4 + \omega_{b,t-1} \frac{\sin\left(\frac{\|\omega_{b,t-1}\|\Delta t}{2}\right)}{\|\omega_{b,t-1}\|} \\ b_{a,t-1} \\ b_{\omega,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_p \\ e_v \\ e_q \\ e_a \\ e_\omega \end{bmatrix} \tag{3}$$

Для иллюстрации последовательности, в которой будет проходить корректировка измерений, в таблице 1 представлены приблизительные частоты обновления сенсоров.

Координатные системы

Для решения задачи локализации транспортных средств выделяют следующие четыре координатных системы:

Геоцентрическая система координат, связанная с Землей (ECEF) — система координат с началом в центре масс Земли, ось Z которой проходит через точку истинного севера, ось X проходит через главный меридиан, а ось Y определяют таким образом, чтобы тройка координатных векторов была положительна (правило правой руки);

Глобальная система координат — координатная система север-восток-вниз (NED), ось X которой проходит через точку истинного севера, ось Y через точку истинного востока, а ось Z направлена к центру масс земли (вдоль направления гравитации);

Система координат, связанная с автомобилем — система координат, ось X которой проходит вдоль положительного движения автомобиля, ось Z указывает вверх, а ось Y влево.

Системы координат сенсоров автомобиля — после калибровки, совпадают с системой координат автомобиля.

Состояние автомобиля в конкретный момент времени можно описать следующими характеристиками:

позицией, скоростью и направлением. Каждая из этих характеристики представляется в виде вектора.

Векторы $p, v \in \mathbb{R}^3$ — соответственно характеризуют позицию и скорость автомобиля в глобальной системе координат относительно осей XYZ.

Вектор $q \in \mathbb{R}^4$ — характеризует поворот системы координат автомобиля относительно глобальной системы координат. Поворот хранится в виде единичного кватерниона, поэтому q состоит из векторной части $e = (q_1, q_2, q_3)^T \in \mathbb{R}^3$ и скалярной части $q_4 \in \mathbb{R}$. Норма вектора q равна единице:

$$\|q\| = 1$$

Поскольку, акселерометр и гироскоп имеют смещения показаний, которые можно моделировать процессом случайного блуждания, то нам требуется определить еще два вектора $b_a, b_\omega \in \mathbb{R}^3$, которые будут компенсировать смещения акселерометра и гироскопа, соответственно.

Все эти характеристики можно объединить в вектор состояния с размерностью 16×1 (1).

Модель процесса, устанавливающая связь между состоянием автомобиля в текущий момент времени t , и предыдущий момент времени $t - 1$, имеет следующий вид (2).

Где x_t — вектор состояния в момент времени t ;

x_{t-1} — вектор состояния в момент времени $t - 1$

ε — вектор ошибок;

$u_{t-1} = (f_{t-1}, w_{t-1})$ — показания акселерометра и гироскопа в момент времени $t - 1$.

$$C(q_{t-1}) = (q_{4,t-1}^2 - e_{t-1}^T e_{t-1}) I_3 + 2e_{t-1} e_{t-1}^T - 2q_{4,t-1} [e_{t-1}]_{\times} \quad (4)$$

$$\mathbb{C}[a] = \begin{bmatrix} -[a]_{\times} & a \\ -a^T & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$[a]_{\times} = \begin{bmatrix} 0 & -a_z & a_y \\ a_z & 0 & -a_x \\ -a_y & a_x & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$Q = \text{diag}(Q_p, Q_v, Q_q, Q_a, Q_{\mathbb{C}}) \quad (7)$$

$$\hat{y}_t = g(x_t) + e_m \quad (8)$$

$$\hat{p}_t = p_{cam} + e_{cam} \quad (9)$$

В данной работе используется следующая форма модели процесса (3).

Где Δt — приращение по времени;
 $g = (0, 0, -9.8)^T$ — вектор гравитационного ускорения;

$f_{b,t-1} = f_{t-1} - b_{a,t-1}$ — показания акселерометра с поправкой на их смещение;
 $\psi_{b,t-1} = \psi_{t-1} - b_{\omega,t-1}$ — показания гироскопа с поправкой на их смещение; $C(q_{t-1})$ — матрица поворота, соответствующая кватерниону q_{t-1} , и которая связана с ним выражением (4).

$\mathbb{C}[a]$ — это операция отображения вектора $a \in \mathbb{R}^3$ в кососимметричную матрицу, которая имеет вид (5).

$[a]_{\times}$ — в выражениях 4 и 5 — это операция отображения трехмерного вектора $a = (a_x, a_y, a_z)^T$ в виде кососимметричной матрицы (6).

Ошибка процесса представлена в виде вектора $e = (e_p, e_v, e_q, e_a, e_{\mathbb{C}})^T$. Каждая составляющая вектора ошибки — независима, моделируется функцией Гаусса со средним значением равным нулю, и имеет собственную матрицу ковариации. Таким образом, матрицу ковариации процесса можно выразить следующим образом (7).

Модели измерений

В момент, когда становятся доступны новые измерения с магнитометра, стерео-камеры, LIDAR или GPS, появляется возможность уточнить значения вектора состояния. В общем случае модель измерений имеет вид (8).

Где: \hat{y}_t — измерение сенсора;
 $g(x_t)$ — модель измерений;
 e_m — вектор ошибки измерений.

Каждому сенсору соответствует своя модель измерений в зависимости от специфики его работы.

Для того, чтобы получить положение автомобиля с помощью RGBD камеры, к двум последовательно снятым кадрам видео-потока применяется алгоритм ORB [14], в основе которого лежит комбинация детектора FAST [15] и дескриптора BRIEF [16] с некоторыми изменениями, после каждому дескриптору с одного изображения ставится в соответствие дескриптор с другого за счет сравнения расстояний между этими дескрипторами, в итоге, к полученным парам дескрипторов применяется алгоритм RANSAC для нахождения матрицы трансформации положения камеры за время снятия кадров. С помощью матрицы трансформации находится новое положение автомобиля, а формула измерений RGBD камеры принимает вид (9).

Где: p_{cam} — матрица кросс-ковариации;
 e_{cam} — матрица коэффициентов усиления;

Аналогичным образом происходит определение положения автомобиля с помощью LIDAR. Для этого к двум последовательно зарегистрированным облакам точек применяется алгоритм ICP (итерация по ближайшим точкам) [17], который требует приблизительную матрицу трансформации положения одного облака относительно другого, которую легко получить в результате сравнения вектора состояния автомобиля в момент регистрации первого облака и текущего нескорректированного

$$\hat{p}_t = p_{lidar} + e_{lidar} \tag{10}$$

$$\hat{p}_t = p_{gps} + e_{pgps} \tag{11}$$

$$\hat{v}_t = v_{gps} + e_{vgps} \tag{12}$$

$$\hat{\psi}_t = \psi_{mag} + e_{mag} = \arctan\left(\frac{2(q_2q_3 + q_1q_4)}{q_1^2 + q_2^2 - q_3^2 - q_4^2}\right) + e_{mag} \tag{13}$$

$$\mathbf{1} = \|\mathbf{q}\|^2 = q_1^2 + q_2^2 + q_3^2 + q_4^2 + e_{qat} \tag{14}$$

$$\hat{P}_{t-1} = L_{t-1}L_{t-1}^T \tag{15}$$

$$K = \mathbf{3} - N \tag{16}$$

$$x_{t-1}^{(0)} = \hat{x}_{t-1} \tag{17}$$

$$x_{t-1}^{(i)} = \hat{x}_{t-1} + \sqrt{N + K} col_i(L_{t-1}), i = 1 \dots N \tag{18}$$

$$x_{t-1}^{(i+N)} = \hat{x}_{t-1} + \sqrt{N + K} col_i(L_{t-1}), i = 1 \dots N \tag{19}$$

вектора состояния. Результатом выполнения алгоритма ISCP, является матрица трансформации между облаками точек, с ее помощью находится новое положение автомобиля, а формула измерений с LIDAR принимает вид (10).

Где: p_{lidar} — положение автомобиля в глобальной системе координат;
 e_{lidar} — ошибка измерений LIDAR.

С помощью GPS приемника измеряется скорость и позиция автомобиля в данный момент времени. Позиция приходит в виде широты, высоты и долготы (LLA), затем, она переводится в координатную систему ECEF, а после этого в глобальную систему координат. Модель измерений GPS состоит из уравнений позиции и скорости (11), (12).

Где: p_{gps} — положение автомобиля в глобальной системе координат;
 e_{pgps} — ошибка измерения позиции GPS приемником.

v_{gps} — положение автомобиля в глобальной системе координат;

e_{vgps} — ошибка измерения скорости GPS приемником.

Магнитометр измеряет магнитное поле Земли, с помощью которого находится угол рыскания автомобиля. Модель измерений магнитометра имеет вид (13).

Где: ψ_{mag} — угол рыскания автомобиля;
 e_{mag} — ошибка измерения угла рыскания магнитометром.

q_1, q_2, q_3, q_4 — параметры кватерниона направления движения;

Поскольку кватернион, который хранит направление движения автомобиля в векторе состояния — единичный, то можно добавить еще одну модель псевдо-измерений (14)

Где: $\|\mathbf{q}\|^2 = \mathbf{1}$ — норма кватерниона направления движения в квадрате;

$$\tilde{x}_t^{(i)} = f(x_{t-1}^{(i)}, u_{t-1}) + e \quad (20)$$

$$\sigma^{(i)} = \begin{cases} \frac{K}{N+K}, \text{ для } i = 0 \\ \frac{1}{2(N+K)}, \text{ для } i > 0 \end{cases} \quad (21)$$

$$\tilde{x}_t = \sum_{i=0}^{2N} \sigma^{(i)} \tilde{x}_t^{(i)} \quad (22)$$

$$Q_t = Q \Delta t^2 \quad (23)$$

$$\tilde{P}_t = \sum_{i=0}^{2N} \sigma^{(i)} (\tilde{x}_t^{(i)} - \tilde{x}_t) (\tilde{x}_t^{(i)} - \tilde{x}_t)^T + Q_t \quad (24)$$

e_{quat} — псевдо-ошибка измерения нормы кватерниона.

q_1, q_2, q_3, q_4 — параметры кватерниона направления движения.

Сигма-точечный фильтр Калмана (UKF)

UKF состоит из двух основных этапов: этапа предсказания и этапа корректировки. На этапе предсказания, каждый раз, когда становятся доступны измерения с IMU, происходит расчет сигма-точек для вектора состояния системы (15), (16), (17), (18), (19).

Где: \tilde{P}_{t-1} — матрица ковариации состояния системы;

L_{t-1} — матрица, полученная из матрицы ковариации с помощью разложения методом Холецкого.

\hat{x}_{t-1} — вектор состояния системы в предыдущий момент времени;

$x_{t-1}^{(i)}$ — сигма-точка вектора состояния;

$col_i(L_{t-1})$ — i -ый столбец матрицы;

N — число столбцов матрицы L_{t-1} ;

Далее, с помощью модели процесса (формула 3) и данных IMU- каждая сигма-точка обновляется, и с их помощью происходит расчет среднего значения вектора состояния и матрицы ковариации для текущего момента времени (20), (21), (22), (23), (24).

Где: Q_t — аддитивный белый шум процесса;

\tilde{x}_t — среднее значение вектора состояния;

\tilde{P}_t — матрица ковариации вектора состояния;

$\sigma^{(i)}$ — коэффициенты, требуемые для расчета среднего значения и матрицы ковариации;

На этапе корректировки происходит уточнение полученной матрицы ковариации и вектора состояния, используя одну из моделей измерений, описываемых формулами 8–14. Для этого, сначала рассчитывается новый сет сигма-точек из \tilde{x}_t и \tilde{P}_t , по формулам 15–19. Затем, эти сигма-точки проходят через модель измерения и, на их основе рассчитываются среднее значение и матрица ковариации измерения (25), (26), (27), (28), (29).

Где: $\tilde{x}_t^{(i)}$ — сигма-точка, полученная из \tilde{x}_t и \tilde{P}_t ;

R_t — аддитивный белый шум измерения;

\hat{y}_t — среднее значение вектора измерения;

\tilde{P}_Y — матрица ковариации вектора измерения.

Далее, идет расчет матрицы кросс-ковариации и матрицы коэффициентов усиления (30), (31).

Где: P_{xy} — матрица кросс-ковариации;

K_K — матрица коэффициентов усиления;

На последнем этапе слияния данных с сенсоров происходит расчет скорректированного значения вектора состояния системы и матрицы \tilde{x}_t ковариации \tilde{P}_t (32), (33).

Исследование точности работы системы

Для тестирования представленной системы, использовался набор данных, полученный имитацией езды

$$\hat{y}_t^{(i)} = g(\tilde{x}_t^{(i)}) + e_m \quad (25)$$

$$\sigma^{(i)} = \begin{cases} \frac{K}{N+K}, \text{ для } i = 0 \\ \frac{1}{2(N+K)}, \text{ для } i > 0 \end{cases} \quad (26)$$

$$\hat{y}_t = \sum_{i=0}^{2N} \sigma^{(i)} \hat{y}_t^{(i)} \quad (27)$$

$$R_t = R_{t-1} \Delta t^2 \quad (28)$$

$$\hat{P}_Y = \sum_{i=0}^{2N} \sigma^{(i)} (\hat{y}_t^{(i)} - \hat{y}_t) (\hat{y}_t^{(i)} - \hat{y}_t)^T + R_t \quad (29)$$

$$P_{xy} = \sum_{i=0}^{2N} \sigma^{(i)} (\tilde{x}_t^{(i)} - \tilde{x}_t) (\hat{y}_t^{(i)} - \hat{y}_t)^T \quad (30)$$

$$K_k = P_{xy} P^{-1} \quad (31)$$

$$\hat{x}_t = \tilde{x}_t + K_k (y_t - \hat{y}_t) \quad (32)$$

$$\hat{P}_t = \check{P}_t - K_k \hat{P}_Y K_k^T \quad (33)$$

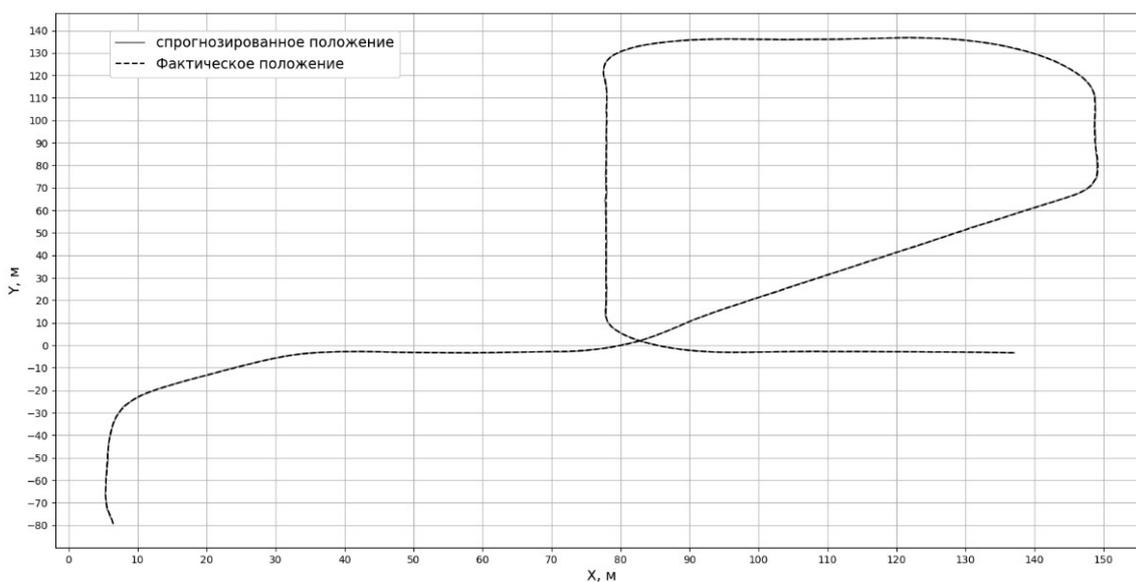


Рис. 2. Маршрут движения (вид сверху)

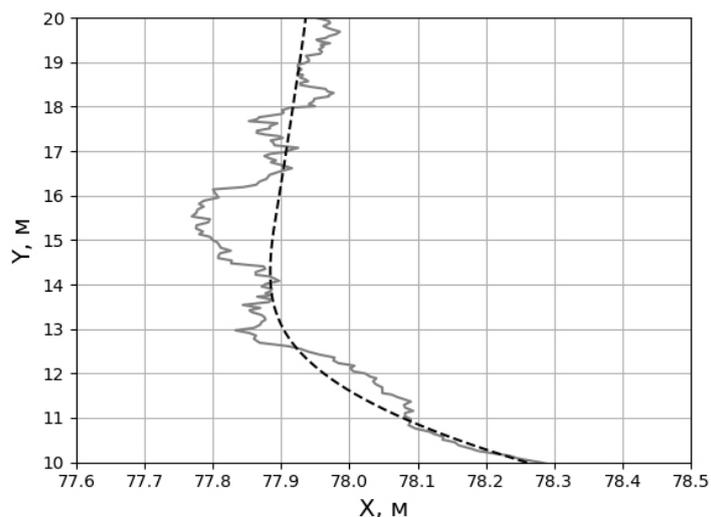


Рис. 3. Участок маршрута движения

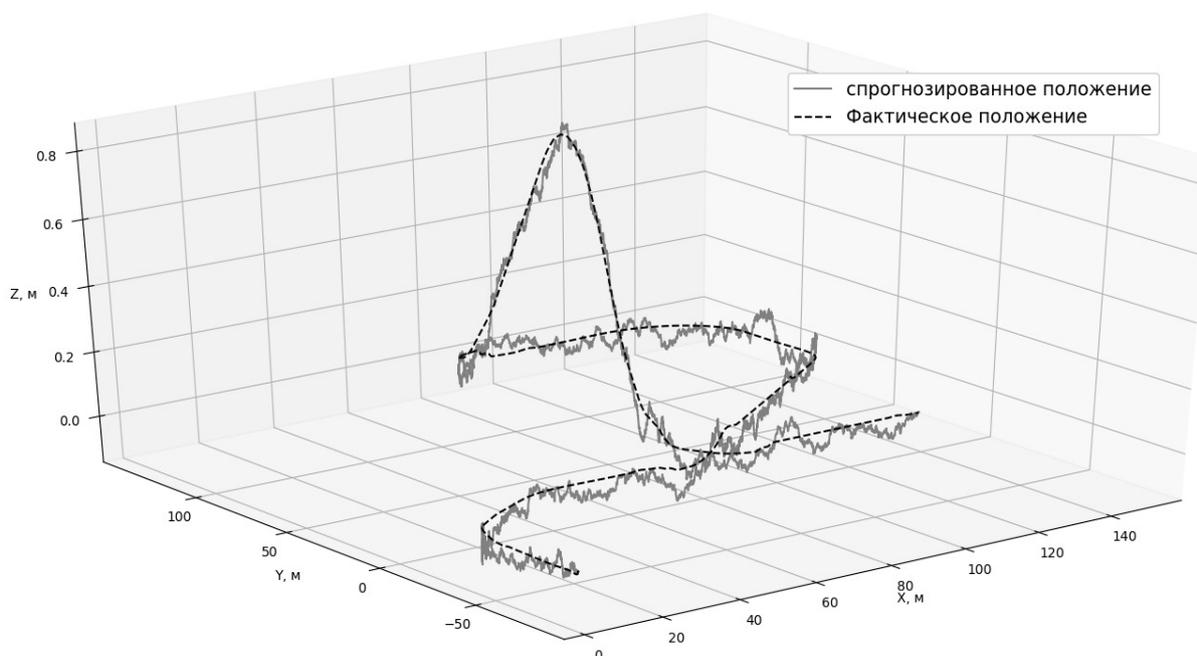


Рис. 4. Маршрут движения в 3-х мерном виде

беспилотного автомобиля, с заданным набором сенсоров, по виртуальной карте города, в среде симулятора Carla[18]. В результате, был сгенерирован маршрут, представленный на рисунке 2.

Для наглядной демонстрации точности локализации автомобиля, на рисунке 3 представлен отрезок маршрута движения, на котором представлены фактическое положение автомобиля, и положения, которой сгенерировал локализатор.

На рисунке 4 можно наблюдать тот же маршрут, что и на рисунках выше, но в трехмерном виде, что позволяет оценить точность локализации по оси Z.

Оценки позиции, направления и скорости автомобиля представленной в статье системой, сравнивались с истинными значениями данных параметров, выдаваемых симулятором Carla. Результаты организованы в виде графиков ошибок (рисунок 5), с границами 3σ , которые характеризуют интервал,

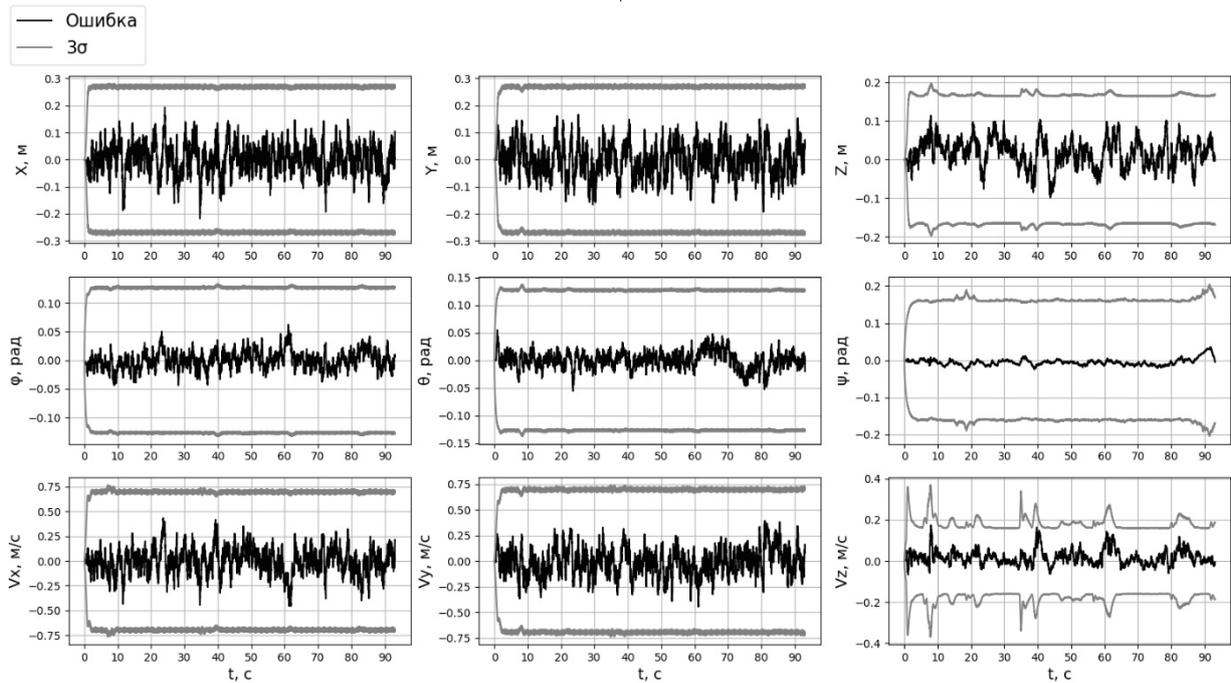


Рис. 5. Ошибки оценки состояния системы

за пределы которого ошибка практически не должна выходить.

Заключение

Представленная в данной работе система позволяет проводить оценку позиции, скорости и направления движения беспилотного автомобиля с точностями

± 4.13 см, ± 0.08 м/с и ± 0.01 рад соответственно. Большое число разнородных сенсоров, используемых в системе, должно обеспечить высокую надежность локализации при разных природных условиях, а также в условиях, когда данные с одного или нескольких датчиков зашумлены, или не поступают вообще. Таким образом, высокая точность и надежность системы позволяют сделать вывод о возможности ее применения на практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. D.J. Biezad. Integrated Navigation and Guidance Systems. AIAA Education Series, Reston, VA, 1999.
2. R. van der Merwe and E. A. Wan. Sigma-point kalman filters for nonlinear estimation and sensor-fusion — application to integrated navigation. AIAA guidance, navigation, and control conference, Providence, Rhode Island, August 2004.
3. Tao, Z.; Bonnifait, P.; Fremont, V.; Ibanez-Guzman, J. Mapping and localization using gps, lane markings and proprioceptive sensors. In Proceedings of the IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems, Tokyo, Japan, 3–7 November 2013; pp. 406–412.
4. Schindler, A. Vehicle self-localization with high-precision digital maps. In Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicle Symposium, Gold Coast, Australia, 23–26 June 2013; pp. 141–146.
5. Gruyer, D.; Belaroussi, R.; Revilloud, M. Map-aided localization with lateral perception. In Proceedings of the 2014 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), Dearborn, MI, USA, 8–11 June 2014; pp. 674–680.
6. Pandey, G.; McBride, J.R.; Eustice, R. M. Ford campus vision and LiDAR data set. Int. J. Rob. Res. 2011, 30, 1543–1552.
7. Zhao, G.Q.; Yuan, J.S. Curb detection and tracking using 3D-LIDAR scanner. In Proceedings of the 19th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), Orlando, FL, USA, 30 September–3 October 2012.
8. Huang, A.S.; Teller, S. Lane boundary and curb estimation with lateral uncertainties. In Proceedings of the 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, St. Louis, MO, USA, 10–15 October 2009; pp. 1729–1734.
9. Hervieu, A.; Soheilian, B. Road side detection and reconstruction using LIDAR sensor. In Proceedings of the 2013 IEEE on the Intelligent Vehicles Symposium (IV), Gold Coast, Australia, 23–26 June 2013; pp. 1247–1252.
10. Yeonsik, K.; Chiwon, R.; Seung-Beum, S.; Bongsob, S. A Lidar-based decision-making method for road boundary detection using multiple Kalman filters. IEEE Trans. Ind. Electron. 2012, 59, 4360–4368.

11. Kim, Z. Robust lane detection and tracking in challenging scenarios. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* 2008, 9, 16–26.
12. D.B. Kingston. Implementation issues of real-time trajectory generation on small uavs, 2004.
13. R. van der Merwe and E. A. Wan. Sigma-point kalman filters for probabilistic inference in dynamic state-space models. *Workshop on advances in machine learning*, Montreal, Canada, 2003.
14. Ethan Rublee, Vincent Rabaud, Kurt Konolige, Gary Bradski: "ORB: an efficient alternative to SIFT or SURF", *Computer Vision (ICCV)*, IEEE International Conference on. IEEE, pp.2564–2571, 2011.
15. Rosten, Edward, Tom Drummond: "Machine learning for high-speed corner detection", 9th European Conference on Computer Vision (ECCV), pp.430–443, 2006.
16. Michael Calonder, Vincent Lepetit, Christoph Strecha, Pascal Fua, "BRIEF: Binary Robust Independent Elementary Features", 11th European Conference on Computer Vision (ECCV), pp.778–792, 2010.
17. Besl P.J., McKay N. D. A method for registration of 3-D shapes. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, pp.239–256, 1992.
18. Alexey Dosovitskiy, German Ros, Felipe Codevilla, Antonio Lopez, Vladlen Koltun. CARLA: An Open Urban Driving Simulator // 1st Conference on Robot Learning. 2017.

© Извин Андрей Валерьевич (izvinav309@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ANYLOGIC ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИИ ВНУТРЕННЕЙ ЛОГИСТИКОЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

Коновалов Михаил Дмитриевич

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
m.konovalev98@yandex.ru

APPLICATION OF THE ANYLOGIC SIMULATION ENVIRONMENT IN THE ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF INTERNAL LOGISTICS OF THE ENTERPRISE

M. Konovalev

Summary. This article shows the application of the Anylogic simulation environment in the organization and management of logistics in production. To date, improving the efficiency of production logistics is one of the most important tasks solved at a modern enterprise. Currently, to improve the efficiency of logistics, enterprises are automating intra-factory transport flows.

Keywords: logistics system, discrete event modeling, RGV, simulation modeling, Anylogic.

Аннотация. В данной статье показано применение среды имитационного моделирования Anylogic при организации и управлении логистикой на производстве. На сегодняшний день повышение эффективности логистики производства является одной из важнейших задач, решаемых на современном предприятии. В настоящее время для повышения эффективности логистики предприятия проводят автоматизацию внутризаводских транспортных потоков.

Ключевые слова: логистическая система, дискретно-событийное моделирование, RGV, имитационное моделирование, Anylogic.

Имитационное моделирование даёт возможность проводить изменение подобных автоматизированных систем быстрее и с минимальными расходами, так как нет необходимости проводить дорогостоящие эксперименты на реальном объекте.

Качество результатов использования имитационного моделирования напрямую зависит от:

- ◆ понимания структуры и процессов, связанных с объектом моделирования;
- ◆ уровня владения инструментами системного анализа;
- ◆ компетенций в области имитационного моделирования.

Для демонстрации возможностей имитационного моделирования будет приведено описание логистиче-

ской системы, приведен перечень видов имитационного моделирования, выбор типа моделирования, описание модели системы, проведён эксперимент с разными конфигурациями системы.

В нашем случае логистической системой является система по доставке коробок переключения передач (КПП) из зоны буфера к зоне работы оператора подсорти двигателя с КПП на автомобильном заводе. Ниже представлена схема системы (Рис.1).

Система состоит из двух зон:

- ◆ зоны буфера;
- ◆ зоны работы оператора.

Платформа является реализацией RGV (Rail Guided Vehicle), т.е. телеги, движущейся вдоль направляющей.

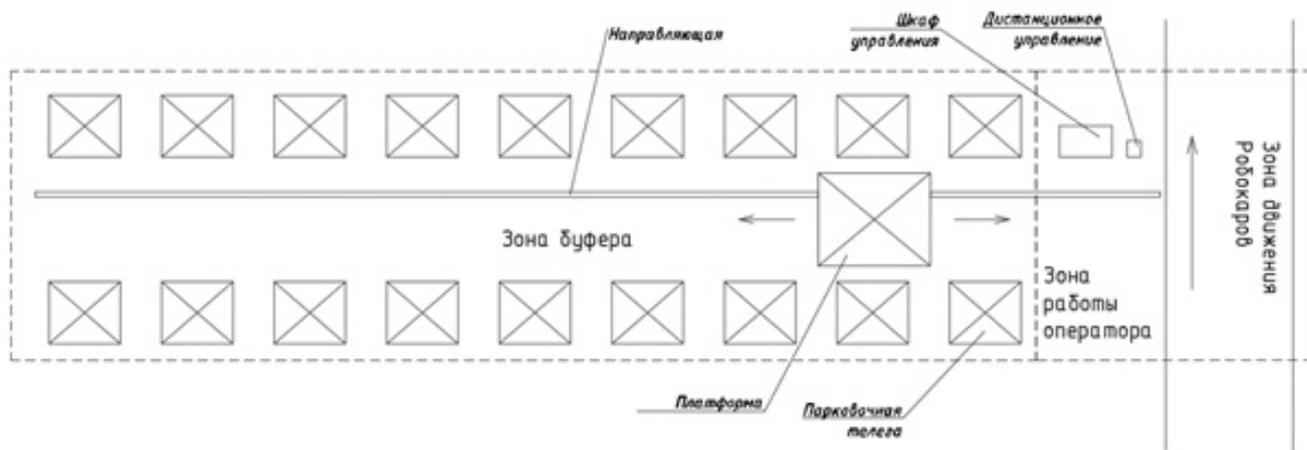


Рис. 1. Схема системы

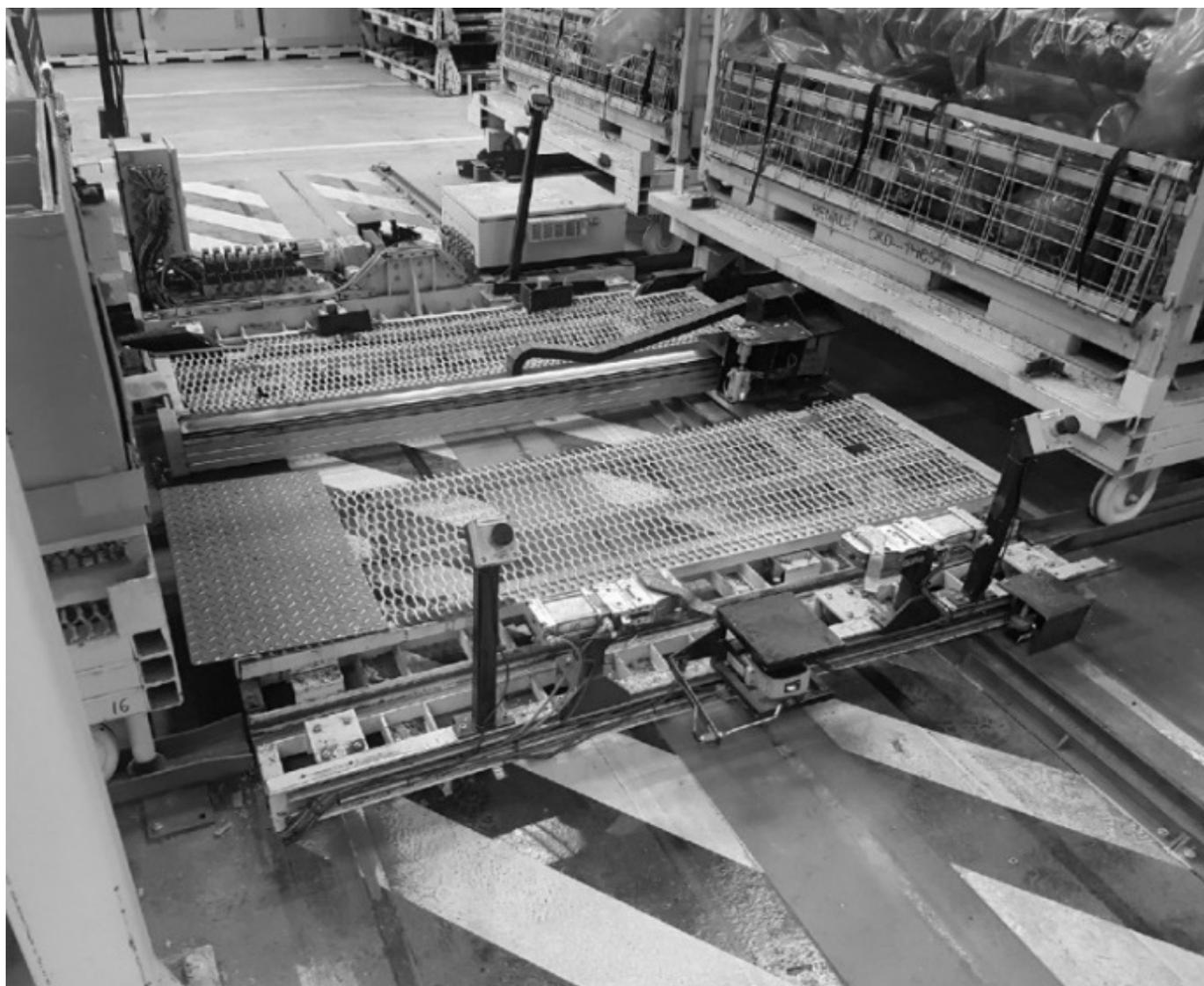


Рис. 2. Платформа Voh-to-operator в зоне буфера



Рис. 3. Подходы имитационного моделирования



Рис. 4. Модель Басса

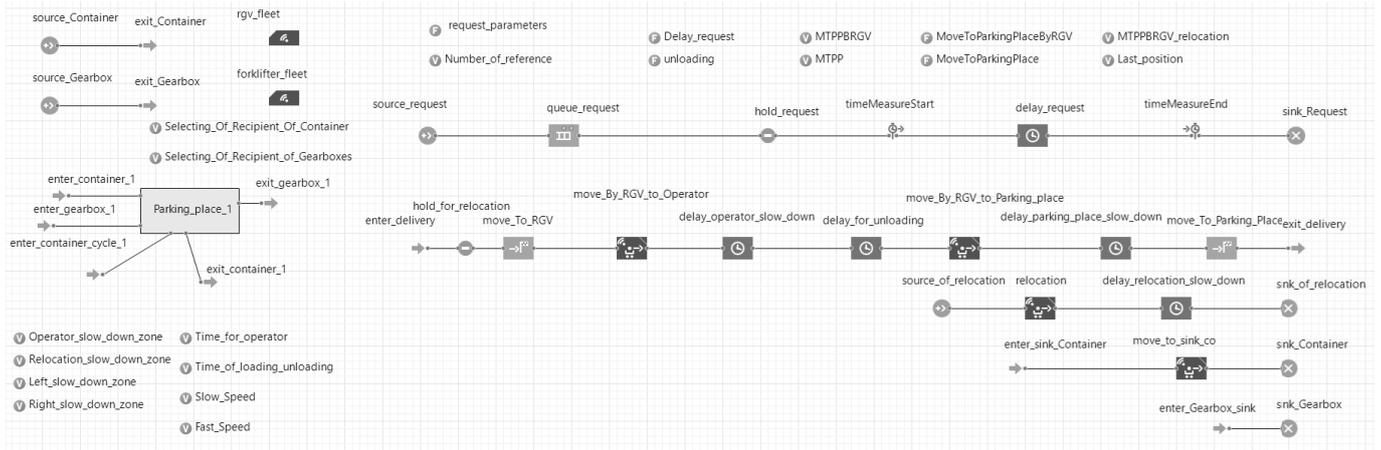


Рис. 5. Фрагмент рабочего поля агента Main

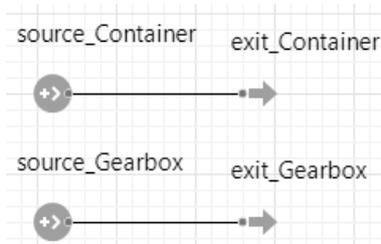


Рис. 6. Создание агентов

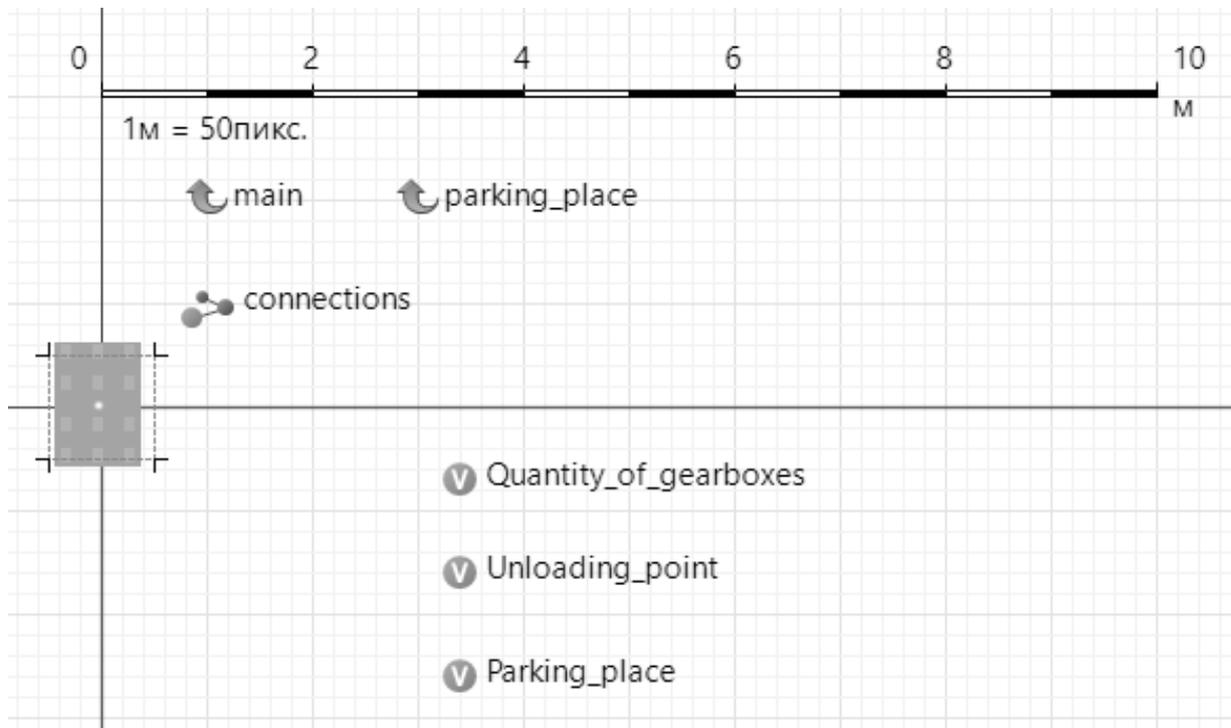


Рис. 7. Рабочее поле агента Container

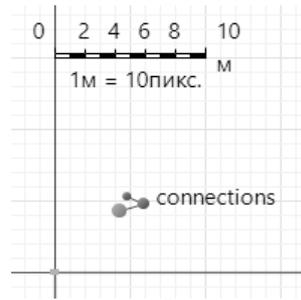


Рис. 8. Рабочее поле агента Gearbox

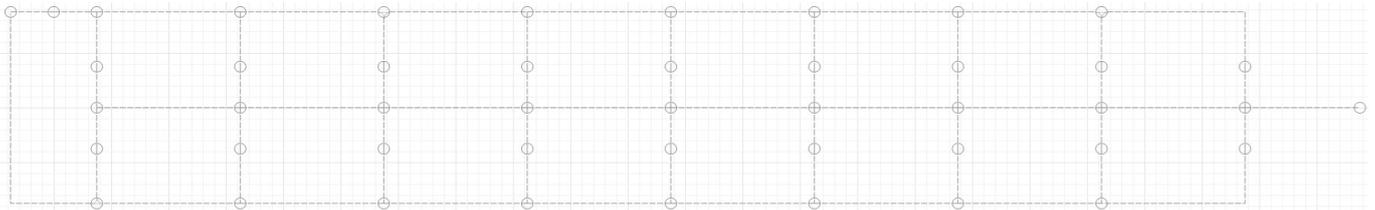


Рис. 9. Разметка пространства системы

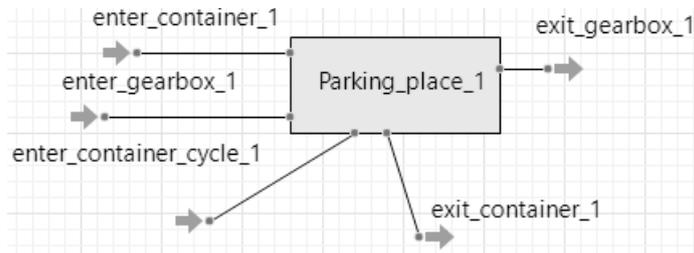


Рис. 10. Parking_place_1

В зоне буфера находятся парковочные зоны с тарой в них. В зоне работы оператора расположен шкаф управления и дистанционное управления.

В настоящий момент система доставляет 32 коробки в час. Необходимо, чтобы система доставляла 40 коробок в час. Далее проведём подбор нужного типа имитационного моделирования.

На Рис. 2 представлены изображения Платформы в зоне буфера.

Существует три вида имитационного моделирования: Дискретно-событийное моделирование, системная динамика, агентное моделирование Рис. 3 [1].

Системная динамика — парадигма, позволяющая моделировать сложные системы на высоком уровне

абстракции без учёта мелких деталей. Примером моделируемых систем может быть модель распространения нового продукта по Бассу Рис. 4.

Агентное моделирование направлено на исследование децентрализованных систем. Индивидуальное поведение участников системы определяет поведение всей системы. Агент — элемент системы, обладающий автономным поведением, может взаимодействовать с окружающим миром и, исходя из заложенных правил, принимать самостоятельные решения и изменяться. Данный тип моделирования используется для задач коммуникативного характера и моделирования технологических процессов, где проще описать индивидуальное поведение каждого объекта, чем проектировать общий рабочий процесс.

В дискретно-событийном моделировании функционирование системы представляется как ряд со-

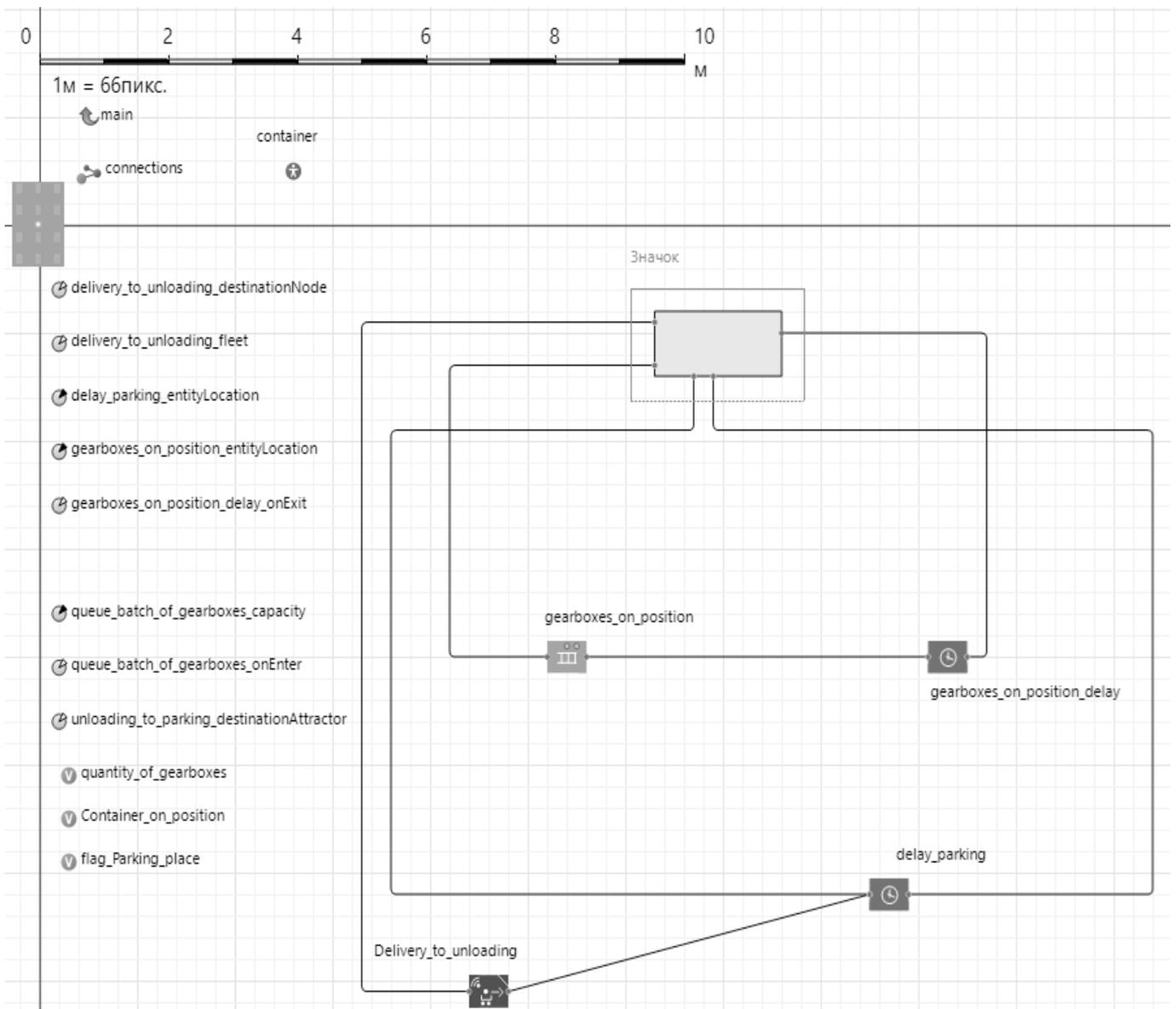


Рис. 11. Рабочее поле агента Parking_place

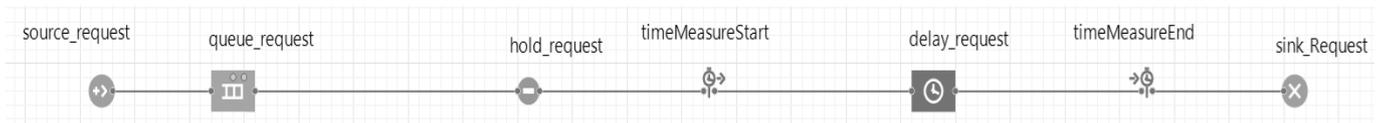


Рис. 12. Обработка запроса доставки тары

бытий, выстроенных в хронологическом порядке. В данном типе моделирования процесс — это временная задержка между началом и завершением процесса. Удобно описывать бизнес-процессы, задачи, связанные с производственными процессами и логистикой.

Мы используем дискретно-событийное моделирование, так как оно идеально подходит для моделирования процессов внутренней логистики предприятия.

Рассмотрим структуру модели системы в среде имитационного моделирования Anylogic [2][3].



Рис. 13. Доставка тары к оператору и возврат

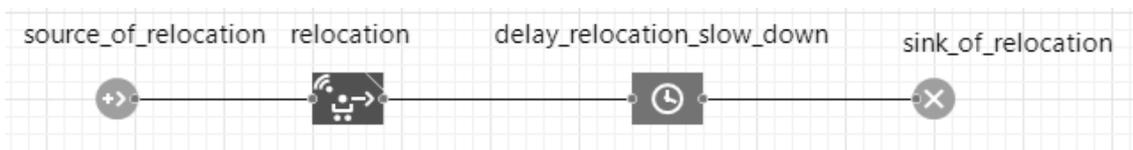


Рис. 14. Диаграмма смены позиции платформы

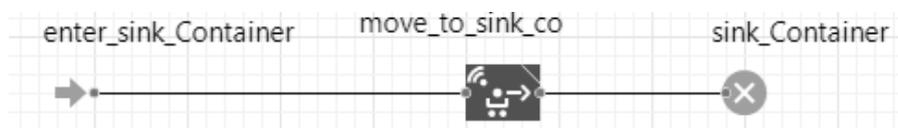


Рис. 15. Удаление Container

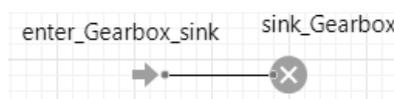


Рис. 16. Удаление Gearbox

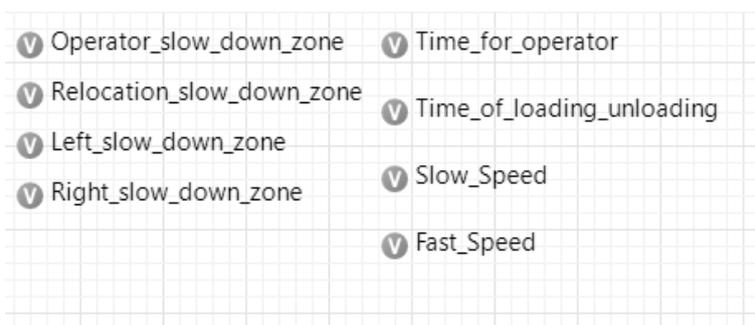


Рис. 17. Переменные на рабочем поле main

На Рис. 5 представлен фрагмент рабочего пространства агента Main.

На Рис. 6 представлено создание агентов Container и Gearbox.

Агенты Container и Gearbox обладают своими рабочими полями, на которых показаны переменные агентов

и их графическая реализация (в начале координат). Они представлены на Рис. 7 и Рис. 8 соответственно.

Агент Parking_place является реализацией нестандартного блока и имитирует работу парковки и в нашей модели их 18. Можно менять их количество. Также мы можем блокировать парковку, просто не посылая запросы на доставку тары из этой парковки. Также есть

возможность менять расположение парковки на модели. Таким образом есть возможность моделировать различные конфигурации реальной системы, создавая новые конфигурации модели. Разметка пространства представлена на Рис. 9. На Рис. 10 представлен пользовательский блок `Parking_place_1`.

Рабочее поле агента `Parking_place` представлено на Рис. 11.

Также в данной модели существуют: процесс обработки запроса на доставку, процесс доставки тары к оператору, процесс смены позиции платформы, процесс удаления агента `Gearbox` и агента `Container`. Диаграммы представлены на рис. 12, рис. 13, рис. 14, рис. 15, рис. 16.

Кроме этого мы можем менять значения переменных, отвечающих за динамику работы платформы рис. 17.

Далее проведём серию экспериментов с различными конфигурациями модели, где будем менять значение переменной `Fast_Speed`.

Для повышения производительности системы, будем менять значение скорости платформы. Процесс изменения скорости нашей системы технически является трудоёмким и пагубно влияет на логистические процессы. Применение имитационного моделирования позволяет

подобрать необходимое значение параметра быстрее, без лишних тестовых прогонов реальной системы и избавляет нас от лишних расчётов.

За значение скорости платформы отвечает переменная `Fast_Speed` и даётся в метрах в секунду. Текущее значение `Fast_Speed = 0.6` м/с и платформа доставляет 32 коробки в час.

Проведём ряд экспериментов, в результате которых получим необходимую скорость платформы. Учтём, что шаг увеличения скорости составляет 0.05 м/с, и зададим `Fast_Speed = 0.80` м/с. Будет доставлено 39 коробок за час, что меньше заданной производительности. Задав значение скорости `Fast_Speed = 0.85` м/с будет доставлено 40 коробок. Новое значение скорости позволило достичь заданной производительности.

В данной статье было рассмотрено применение имитационного моделирования для внутривозвездских логистических систем. Было дано описание логистической системы, перечислены виды имитационного моделирования и дано их краткое описание и области применения, выбран типа моделирования, описана модель системы и проведены эксперименты для данной системы. Таким образом, были внесены изменения в реальную систему без лишних трудозатрат и потерь времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Муха В. С. Вычислительные методы и компьютерная алгебра: учеб.-метод. пособие. — 2-е изд., испр. и доп. — Минск: БГУИР, 2010. — 148 с
2. Строгалев В.П., Толкачева И. О. Имитационное моделирование. — МГТУ им. Баумана, 2008. — С. 697–737.
3. Карпов, Ю.Г., Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. — СПб: БХВ-Петербург, 2006. — 400 с

ВЫБОР ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ОПТИМАЛЬНОГО ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

CHOOSING A PROGRAMMING LANGUAGE FOR PARALLEL IMPLEMENTATION OF ALGORITHMS AND SOFTWARE TOOLS FOR OPTIMAL PARAMETRIC SYNTHESIS

A. Lagunova

Summary. This article is devoted to the choice of a programming language for the development of effective parallel algorithms and software tools for optimal parametric synthesis, as well as to the analysis of the relevance of parallel computing. The main methods of this research are a literary review of domestic and foreign scientific works, comparison of programming languages, and selection of the most optimal variant using the hierarchy analysis method. In the course of this work, the main advantages and disadvantages of several of the most commonly used programming languages are identified, and the choice of Python as a priority language is justified.

Keywords: high-level language, parallel programming, hierarchy analysis, information technology, Python, Java, C++.

Лагунова Алина Дмитриевна

schimka_06@mail.ru

Аспирант, Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, г. Владивосток

Аннотация. Данная статья посвящена выбору языка программирования для разработки эффективных параллельных алгоритмов и программных средств оптимального параметрического синтеза. Основными методами данного исследования является литературный обзор отечественных и зарубежных научных работ, сравнение языков программирования и выбор наиболее оптимального варианта с помощью метода анализа иерархий. В ходе данной работы выявлены основные преимущества и недостатки нескольких наиболее часто используемых языков программирования, обоснован выбор языка Python в качестве приоритетного, а также произведен разбор актуальности параллельных вычислений на языке Python.

Ключевые слова: язык высокого уровня, параллельное программирование, анализ иерархий, информационные технологии, Python, Java, C++.

В современном мире все более быстрыми и интенсивными темпами развиваются цифровые и информационные технологии. Практически во всех сферах внедряются абсолютно новые, а также усовершенствуются прежние технические аппараты и средства. Программирование является одной из основных сфер деятельности большинства современных организаций и предприятий [9, 7,10]. Основная часть работы программистов непосредственно связана с написанием исходного кода на различных языках программирования. Каждый язык имеет свои особенности, достоинства и недостатки, поэтому крайне важно правильно выбрать язык программирования для решения конкретной задачи.

На сегодняшний день нет общепринятой систематической таксономии языков программирования. Тем не менее, существует множество черт, по которым можно провести классификацию: поколение; высокий или низкий уровень языка; парадигма программирования и т.д. Для решения задачи разработки эффективных параллельных алгоритмов и программных средств оптимального параметрического синтеза наиболее логично

выбрать мультипарадигмальный язык высокого уровня 5-го поколения. Наиболее популярными языками, удовлетворяющими требованиям, согласно IEEE Spectrum [19], являются Python, Java и C++. Рассмотрим краткую характеристику данных языков.

Python. Является альтернативой стандартным вычислительным и математическим пакетам (Mathematica, Octave, MatLab и пр.), однако имеет привычную семантику языка и большое число библиотек. Из всех интерпретируемых языков Python выделяется большим и активным сообществом научных расчетов. Особенно широкое распространение данный язык получил в связи с появлением улучшенных библиотек, что сделало его серьезным конкурентом в решении задач манипулирования данными. Является мультипарадигмальным (3 парадигмы: функциональная, процедурная, объектно-ориентированная). По типу обрабатываемых данных — вычислительный. Распространяется бесплатно.

C++. Предоставляет возможности функционального и объектно-ориентированного программирования,

Таблица 1. Матрица парных сравнений критериев отбора

	Науч. вычисления	Кроссплатформенность	Параллельные вычисления	Скорость	Лицензия	Доп. функции	Простота освоения
Научн. вычисления	1	4	4	5	5	7	7
Кроссплатформенность	1/4	1	1	3	4	5	7
Параллельные вычисления	1/4	1	1	2	3	5	6
Скорость	1/5	1/3	1/2	1	2	4	4
Лицензия	1/5	1/4	1/3	2	1	4	4
Доп. функции	1/7	1/5	1/5	1/4	1/4	1	1/2
Простота усвоения	1/7	1/7	1/7	1/4	1/4	2	1

Таблица 2. Матрицы парных сравнений для каждого решения

	Научные вычисления			Кроссплатформенность			Параллельные вычисления		
	Python	C++	Java	Python	C++	Java	Python	C++	Java
Python	1	4	7	1	4	1	1	1/4	1/7
C++	1/4	1	2	1/4	1	1/4	4	1	1/3
Java	1/7	1/2	1	1	4	1	7	3	1

	Скорость			Лицензия			Доп. функционал			Простота освоения		
	Python	C++	Java	Python	C++	Java	Python	C++	Java	Python	C++	Java
Python	1	1/5	1/2	1	8	1	1	1/2	1/2	1	1/4	1/3
C++	5	1	1/3	1/8	1	1/8	2	1	1	4	1	1/3
Java	2	3	1	1	8	1	2	1	1	3	3	1

не потеряв при этом способность низкоуровневого взаимодействия с аппаратным обеспечением. За счёт чего реализуется производительность и гибкость при создании ПО. Высокий порог освоения языка за счёт сложной спецификации и необходимости самостоятельного контроля за ресурсами при выполнении программы. Является мультипарадигмальным (3 парадигмы: функциональная, процедурная, объектно-ориентированная). По типу обрабатываемых данных — символьный. Не является бесплатным.

Java. Подходит для большинства задач программирования. Уникальная адаптивность и универсальность Java сделали его языком программирования для многих компаний-разработчиков программного обеспечения по всему миру. Гибкая система безопасности. Является мультипарадигмальным (5 парадигм: объектно-ориентированная, обобщенная, процедурная, аспектно-ориентированная, конкурентная). Распространяется бесплатно.

Для определения наиболее подходящего языка воспользуемся методом анализа иерархий [8]. Основная задача, в рамках которой решается проблема выбора языка программирования, сформулирована следующим образом: «Разработка эффективных параллельных

алгоритмов и программных средств оптимального параметрического синтеза». Для принятия решения, сформулируем критерии выбора, соответствующие цели поставленной задачи:

- ◆ Поддержка основных операций для научных вычислений.
- ◆ Кроссплатформенность
- ◆ Реализация параллельных вычислений
- ◆ Скорость работы
- ◆ Стоимость/лицензия
- ◆ Расширенный функционал в виде дополнительных функций обработки и отображения
- ◆ Простота освоения языка

Следует оговориться, что описываемые в рамках данной статьи критерии и условия отбора являются частным случаем и могут применяться в общем случае только с некоторыми оговорками.

Матрица парных сравнений для критериев отбора выглядит следующим образом (Таблица. 1). Вычисляем наибольшее собственное число (λ_{max}), нормализованный собственный вектор (W), индекс согласованности (ИС) и уровень общей связности (ОС). Усредненный индекс согласованности M для матриц 7×7 , согласно [8], равен 1.32.

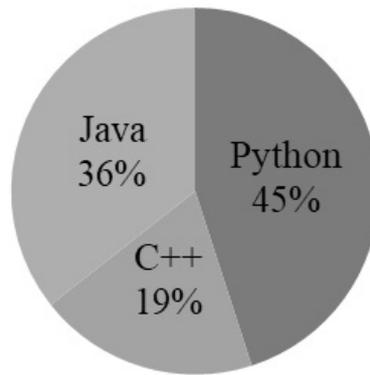


Рис. 1. Соотношение значений приоритета выбора языков

$$\lambda_{max} = 7.54; W = \begin{pmatrix} 0.4083 \\ 0.1876 \\ 0.1646 \\ 0.0979 \\ 0.0757 \\ 0.0304 \\ 0.0353 \end{pmatrix};$$

$$ИС = \frac{7.544-7}{7-1} = 0.0072; ОС = \frac{0.0072}{M} = 0.055$$

Согласно [8], уровень общей связности (ОС) не должен быть более 10%, чтобы данные могли считаться согласованными и им можно было доверять. В нашем случае, уровень общей связности — 5,5%, что является более чем приемлемым показателем и говорит о высокой достоверности данных.

Для составления матриц парных сравнений для каждого из рассматриваемых решений была использована информация об основных характеристиках языков и сравнение их по различным характеристикам, представленные в работах [16,17,18,12,14, 11]. Оценка альтернатив на основе полученной информации представлена в виде матриц парных сравнений (см. Таблица 2). Для каждой матрицы были высчитаны: максимальное собственное значение, собственный вектор, индекс согласованности и уровень общей связности. Вектор общих уровней связности:

$$\overline{OC} = (0.015, 0, 0.027, 0.002, 0, 0, 0.086)$$

Стоит отметить, что все значения уровней связности получились менее 10%, а средняя связность модели равна 2.3%, что говорит о высоком уровне согласованности данных, т.е. полученным результатам абсолютно точно можно доверять.

Осуществляя иерархический синтез, получаем следующий вектор решений: R = (0.4470, 0.1926, 0.3540)

Соотношение высчитанных значений приоритета выбора представлено на Рис. 1. Таким образом, опираясь на все полученные результаты, сделан выбор в пользу языка Python.

Параллельные вычисления в Python

Согласно данным, представленным в таблице 2, можно выделить критерий возможности и доступности параллельных вычислений как наиболее слабое звено Python. Разберем этот момент несколько подробнее и докажем, что хотя Python и проигрывает Java и C++ по этому параметру, тем не менее, параллельное программирование в Python показывает достаточно хорошие результаты в увеличении производительности и скорости работы программы, особенно в целях разработки алгоритмов оптимального параметрического синтеза.

Актуальность параллельного программирования связана с увеличением спроса на компьютеры, работающие с все более высокой скоростью. Примерами данных заказчиков являются фармацевты, ежедневно разрабатывающие лекарственные препараты посредством компьютерного тестирования. Астрономы, пытающиеся восстановить историю Вселенной, начиная с большого взрыва и заканчивая сегодняшним днем. Разработчики летательных аппаратов и БПЛА смогли бы получать более точные результаты при проведении тестирования своих комплексов и установок, не создавая при этом огромные полигоны и проводя экономически-невыгодные исследования. Однако, не смотря на рост мощности современного компьютера, его мощности никогда не хватит для проведения расчетов с колоссальным количеством данных, используемых в научно-исследовательских работах. На сегодняшний день в различных сферах деятельности существует множество задач со сложным нелинейным характером, оптимальное решение которых достаточно трудно-вычислимо с помощью классических

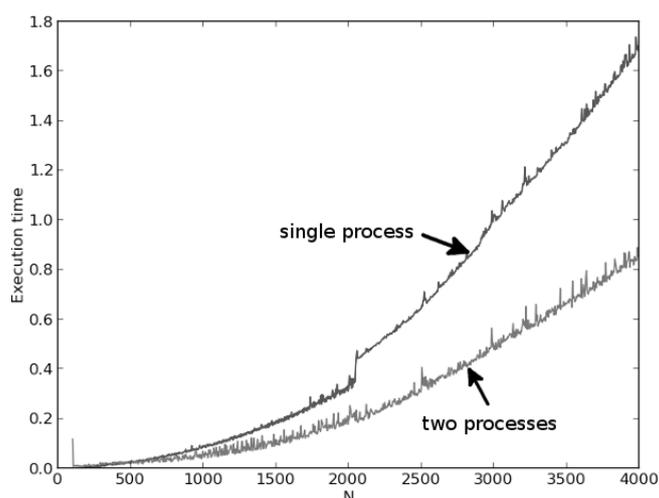


Рис. 2. Время работы однопроцессной и двухпроцессной программы

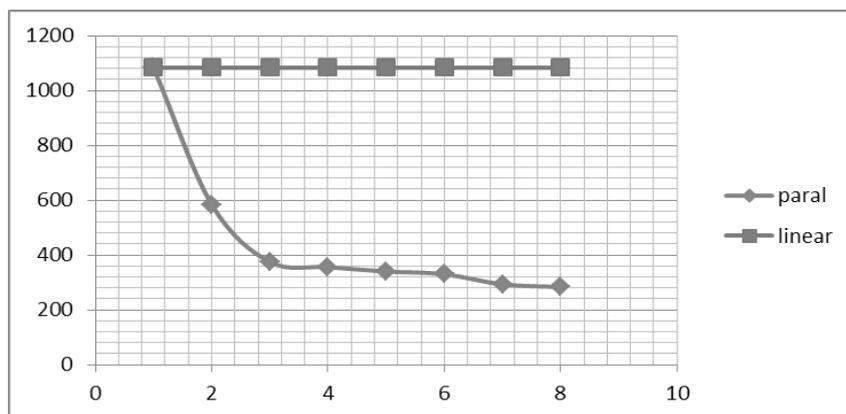


Рис. 3. Время работы (сек.) линейного и параллельного алгоритма для сетки 11 млн. элементов на 4х-ядерном ПК с количеством потоков от 1 до 8

методов вариационного и дифференциального исчисления средствами обычных последовательных ЭВМ. Одним из способов решения подобных задач является параллельное программирование [1,2].

С появлением многоядерных процессоров стала общепотребительной практика распространять нагрузку на все доступные ядра. Существует два основных подхода в распределении нагрузки: использование процессов и потоков [3]. Использование нескольких процессов фактически означает использование нескольких программ, которые выполняются независимо друг от друга. Программированием это решается с помощью системных вызовов `exec` и `fork`. Такой подход создает большие неудобства в управлении обмена данными между этими программами. В качестве альтернативы существует другой подход — создание многопоточных программ. Об-

мен данными между потоками существенно упрощается. Но управление такими программами усложняется, и вся ответственность ложится на программиста.

На данный момент Python имеет несколько библиотек и функций для параллельных вычислений. Преследуя цель выполнения приложением нескольких задач одновременно, возможно использование потоков (`threads`) или процессов (`processes`) [13,15]. Данные методы позволяют приложением производить в одну и ту же единицу времени множество задач.

В Python есть стандартная библиотека `subprocess`, которая упрощает управление другими программами, передавая им опции командной строки и организуя обмен данными через каналы (`pipe`). Посмотрим на график ускорения расчетов с помощью `subprocess` в задаче на-

хождения функции, зависящей от расстояния между парами N точек в трехмерном пространстве (см. Ри.2)

В работе [6] решение оптимизационной задачи методом сеток сводится к распараллеливанию программы на несколько потоков посредством библиотеки multiprocessing. Данная библиотека в неявном для программиста виде распределяет потоки по ядрам. Результаты работы алгоритма для разного количества потоков представлены на рисунке 3.

Из графика видно, что лучшие результаты дало распараллеливание на 8 потоков — 283 сек, что в 3,82 раза быстрее линейных расчетов (1083 сек). Однако в многопоточных программах усложняется контроль за обменом данными между потоками. Глобальные ресурсы требуется остерегаться от одновременного доступа со стороны нескольких потоков, с целью сохранности их целостности. Следовательно, наиболее актуально использование процессов, а не потоков.

Одной из наиболее актуальных с целью реализации параллельных вычислений для языка Python является библиотека MPI (mpi4py), в явном виде работающая с каждым ядром и процессом. Использование данной библиотеки для решения оптимизационных задач с помощью стохастических алгоритмов GWO и BA было представлено в работах [4,5]. Использование параллельных вычислений позволило значительно увеличить точность расчетов и скорость работы программы.

Кроме рассмотренных выше существует и другие библиотеки для параллельных вычислений, однако на данный момент они не являются широко используемыми в силу некоторых своих особенностей. Тем не менее, как уже говорилось выше, Python имеет огромную и регулярно пополняющуюся базу различных библиотек, функционал которых постоянно расширяется и улучша-

ется. Более того, указанные выше данные о проигрыше в скорости вычислений по сравнению с другими языками являются усредненной оценкой для общих тестовых задач. Тем не менее, в зависимости от поставленной задачи различие в скорости может оказаться абсолютно незначительным. Таким образом мы потенциально имеем большое количество эффективных способов для параллельной реализации вычислений.

Заключение

В современном мире программирование является важной частью практически в любых сферах деятельности большинства современных организаций и предприятий, поэтому выбор языка программирования для разработки ПО является очень важным вопросом. Однако в зависимости от поставленной задачи критерии отбора приоритетного языка могут значительно отличаться.

В данной работе были рассмотрены языки программирования Python, Java и C++, а также произведен выбор языка для разработки эффективных параллельных алгоритмов и программных средств оптимального параметрического синтеза. Согласно результатам, полученным с помощью метода анализа иерархий, для данной задачи наиболее оптимальным языком разработки является Python. Поскольку параллельные вычисления в Python являются самым слабым критерием отбора (по сравнению с C++ и Java), также были подробно рассмотрены непосредственно сами способы их реализации и применение для решения оптимизационных задач. Согласно выше приведенным данным, параллельная реализация алгоритмов решения поставленной задачи на языке Python позволяет значительно увеличить скорость работы и точность расчетов, удовлетворяя при этом всем остальным требованиям. Проигрыш в скорости работы другим языкам при этом является незначительным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов О.В., Катуева Я. В. Технология параллельных вычислений в задачах анализа и оптимизации / О. В. Абрамов, Я. В. Катуева // Проблемы управления. — 2003. № 4. — С. 11–15
2. Диго Г.Б., Диго Н. Б., Катуева Я. В. Применение детерминированных критериев в задачах стохастической оптимизации / Г. Б. Диго, Н. Б. Диго, Я. В. Катуева // Многопроцессорные вычислительные системы. — 2006. — № 2(12). С. 82–88
3. Копылов М.С., Бирюков Е. Д. Использование многопоточности в сценариях, написанных на языке Python, в системах автоматизированного проектирования трёхмерной графики // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2018.
4. Лагунова А. Д. Алгоритм N-стай серых волков (GWO(N)) / А. Д. Лагунова // Международный академический вестник. — 2020. — № 1(45). — С. 48–59
5. Лагунова А. Д. Параллельные вычисления как способ повышения эффективности алгоритма летучих мышей (BA) / А. Д. Лагунова // Сборник статей IX Международной научно-практической конференции «Инновационное развитие науки и образования». — 2020. — С. 78–87
6. Лагунова А.Д., Назаров Д. А. Параллельный алгоритм решения задачи оптимального параметрического синтеза на основе метода сеток // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». — 2018. — Т. 1. — С. 255–258
7. Маркин А.С. применение языков программирования на предприятии / А.С. Маркин // VIA SCIENTIARUM — Дорога знаний. — 2019. — № 4. — С. 17–22
8. Саати Т. Принятие решений методом анализа иерархий // М.: Радио-Связь. — 1994—278 с.

9. Чернецов А. М. Возможности параллельного программирования в математических пакетах // Программные продукты и системы. 2016.
10. Фишер Й., Машков В. А., Литвиненко В. И. Применение языка программирования Python для решения задач самодиагностики на системном уровне / Й. Фишер, В. А. Машков, В. И. Литвиненко // Электротехнические и компьютерные системы. — 2015. — № 17 (93). — С. 48–54
11. Шкарбан А. С. Выбор языка программирования для задачи анализа данных методом анализа иерархий [Электронный ресурс] // Nauka-rastudent.ru. — 2016. — No. 02 (26). URL: <http://nauka-rastudent.ru/26/3208/> (дата обращения: 24.06.2020)
12. Alzahrani N., Vahid F., Edgcomb A., Nguyen K., Lysecky R. Python Versus C++: An Analysis of Student Struggle on Small Coding Exercises in Introductory Programming Courses / N. Alzahrani, F. Vahid, A. Edgcomb, K. Nguyen, R. Lysecky // SIGCSE: Proceedings of the 49th ACM Technical Symposium on Computer Scienc. — 2018. — P. 86–91
13. Andrews, G. R. Fundamentals of multithreaded, parallel and distributed programming, Moscow: Williams, 2003.
14. Ezenwoye O. What Language? The Choice of an Introductory Programming Language [Электронный ресурс] / O. Ezenwoye // IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). — 2018. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8658592> (дата обращения: 24.06.2020)
15. Voevodin V. V. Parallel computing. Saint Petersburg: BHV-Petersburg, 2002.
16. About C++ [Электронный ресурс]. URL: <https://isocpp.org/> (дата обращения: 24.06.2020)
17. About Java [Электронный ресурс]. URL: <https://www.java.com/ru/about/> (дата обращения: 24.06.2020)
18. About Python [Электронный ресурс]. URL: <https://www.python.org/about/> (дата обращения: 24.06.2020)
19. IEE SPECTRUM [Электронный ресурс]: Interactive: The Top Programming Languages — 2019. URL: <https://spectrum.ieee.org/static/interactive-the-top-programming-languages-2019> (дата обращения: 24.06.2020)

© Лагунова Алина Дмитриевна (schimka_06@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Владивосток

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОЛА ЧЕЛОВЕКА ПО ЕГО ПОЧЕРКУ

Мясоутов Рамиль Хамзиевич

Аспирант, Волгоградский Государственный

Университет

ramilmyasoutov@yandex.ru

CREATION OF A SYSTEM FOR RECOGNIZING A PERSON'S GENDER BY HIS HANDWRITING

R. Myasoutov

Summary. This paper proposes a solution to the problem of identifying a person's gender by his handwriting. To solve this problem, the author suggests using a system complex consisting of several parts using neural networks and probabilistic — static decision-making methods. The work demonstrates a prototype of this system and also describes the overall interaction of submodules. Various methods for solving the classification problem using neural networks are considered and a comparative characteristic of the operation of each of the methods is given.

Keywords: convolutional neural networks, decision-making methods, handwriting analysis, computer vision.

Аннотация. В данной работе предлагается решение проблемы идентификации пола человека по его почерку. Для решения данной проблемы автор предлагает использовать системный комплекс, состоящий из нескольких частей, использующих нейронные сети и вероятностно — статические методы принятия решений. В работе продемонстрирован прототип данной системы, а также описано общее взаимодействие подмодулей. Рассматриваются разные методы решения задачи классификации с помощью нейронных сетей, а также приведена сравнительная характеристика работы каждого из методов.

Ключевые слова: сверточные нейронные сети, методы принятия решений, анализ рукописного текста, компьютерное зрение.

Введение

В процессе расследования преступлений нередки случаи получения потерпевшими анонимных писем с угрозами, оставленными злоумышленниками. Также нередки ситуации, когда на местах преступления находятся некие заметки, расписки или записки подозреваемых. В подобных случаях следователям приходится прибегать к почерковедческим исследованиям, так как это может помочь получить дополнительную информацию о подозреваемом. К сожалению, данный процесс может занимать до 15 дней, в зависимости от сложности текста.

Сегодня методы компьютерного зрения позволяют решать разнообразные задачи, которые позволяют ускорить рутинную работу. Цель данной работы заключается в создании системы, которая могла бы с минимальным участием человека решать задачу распознавания пола человека на основе рукописного текста.

I Структура системы

На рисунке 1. приведена диаграмма компонентов проектируемой системы. Кратко опишем работу каждого блока. Модуль ввода данных обеспечивает загрузку исследуемого снимка рукописного текста. Далее, полученное изображение передается в модуль

сегментации. Данный модуль состоит из двух основных подмодулей. С помощью алгоритма сегментирования текста на слова[1] модуль сегментации автоматически разбивает текст на слова, предоставляя возможность пользователю скорректировать результат, в случае необходимости. После этого пользователь вручную разбивает слова на буквы, идентифицируя эти буквы вручную. Выполнив все шаги на этапе сегментирования, полученные данные передаются в модуль анализа букв. На этом этапе с помощью нейронных сетей[2] формируется набор гипотез относительно того, кем были написаны буквы в этом тексте. Собрав все необходимые операции, результат работы передается в модуль принятия решений. На этом этапе система с помощью вероятностно-статических методов принимается решение относительно изучаемого образца. В данной статье будет подробно описана работа модулей анализа букв и принятия решений.

II Сбор данных

Для решения поставленной задачи, на первом шаге было необходимо собрать достаточное количество материала для обучения нейронной сети. Согласно методике определения пола исполнителей кратких рукописных текстов[3], большая часть признаков, которые определяют различие между мужскими и женскими текстами, содержатся в местах соединяющие буквы, либо в распо-

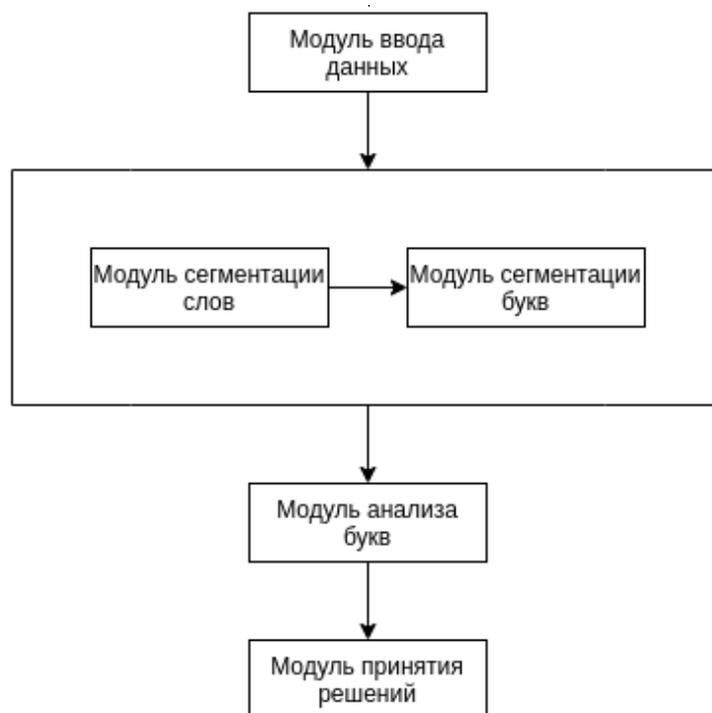


Рис. 1

58	Пол (М/Ж):	М	Возраст:	24
<p>Разрезая носом воды, ходят в море пароходы. Дуют ветры яростные, гонят лодки парусные.</p>				
<p><i>Разрезая носом воды, ходят в море пароходы Дуют ветры яростные, гонят лодки парусные</i></p>				

Рис. 2

ложении самих букв, в слове или тексте. Исходя из этого, для подбора лучшей выборки для обучения необходимо было обучать нейронную сеть на буквах, которые были выделены из текста, а не на буквах, которые были написаны отдельно. Также, согласно сформированному списку признаков[3], был определен набор букв, которые имеют наибольшее количество признаков. Это 22 буквы: а, б, в, г, д, е, ж, з, и, к, л, м, н, о, п, р, с, т, у, ч, ш, я. На основе заданных требований были сформированы анкеты, в которых опрашиваемым предлагалось переписать вручную указанный текст, а также указать свой пол и возраст. Пример анкеты (Рис. 2):

В результате было собрано 420 анкет, на основе которых далее проводились исследования, среди кото-

рых 215 были заполнены мужчинами, а 205 женщинами в возрасте от 19 до 50 лет.

Далее с помощью алгоритма сегментирования[1] полученные тексты были разбиты на слова, а после, вручную, на буквы. В результате были получены изображения букв, содержащие информацию о поле и возрасте человека, написавшего эту букву.

III Обучение нейронной сети

На основе полученных данных была сформирована выборка для обучения. План обучения заключался в том, чтобы для каждой буквы собрать экземпляры написанные мужчинами и женщинам, а после передать этот спи-



Рис. 3

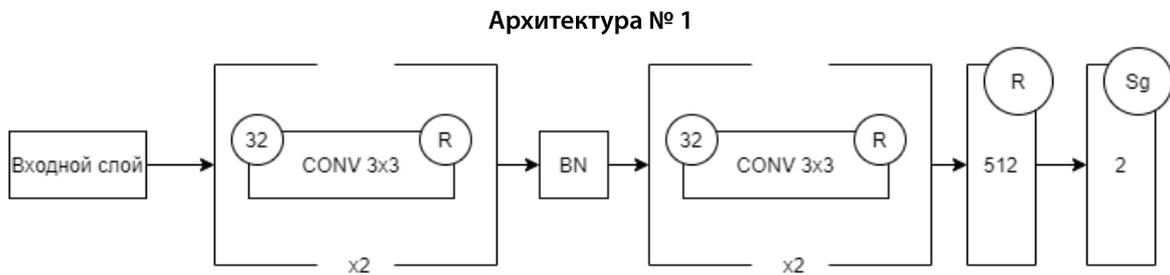


Рис. 4

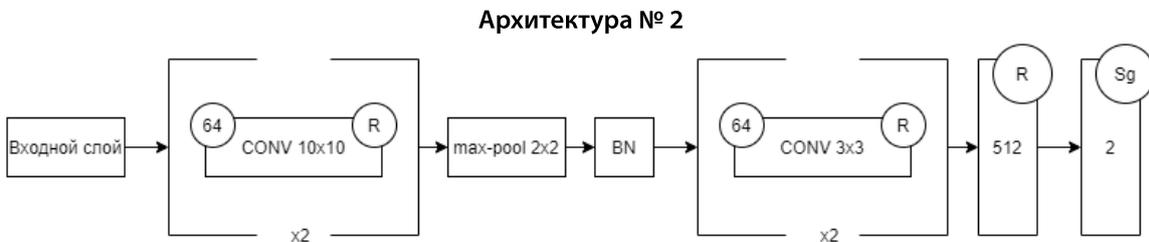


Рис. 5

сок на вход нейронной сети. Было рассмотрено 5 разных архитектур: 3 широко используемых для классификации изображений — LeNet[4], AlexNet[5], VGG16[5], и 2 собственных. Рассмотрим архитектуры собственных нейронных сетей, согласно легенде (Рис. 3)

Для каждой буквы была обучена нейронная сеть, поэтому общая точность выбранной архитектуры вычислялась как среднее арифметическое всех результатов для выбранной архитектуры.

Для каждой из сети были использованы разные алгоритмы оптимизации с различным количеством эпох для обучения. Для вычисления точности использовалась метрика “ассигасу” [6], которая вычисляла отношение количество верных предсказаний по отношению ко всем предсказаниям. Для функции потерь[7] была выбрана средняя квадратичная ошибка:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2.$$

Таблица 1

Архитектура	Точность на обучающей выборке	Точность на тестовой выборке
AlexNet	72%	51%
LeNet	63%	51%
VGG16	54%	49%
Архитектура № 1	72%	53%
Архитектура № 2	72%	49%

В итоге были выбраны следующие 5 лучших результатов:

Анализ результатов показывает, что не всегда усложнение архитектуры приводит к улучшению результатов, довольно простая Архитектура № 1 дала лучший результат. В итоге было принято решение использовать для каждой буквы ту архитектуру, которая давала наиболее точный результат. Такой подход позволил повысить точность до 77% и 57% на обучающей и тестовой выборках соответственно.

IV Алгоритм принятия решения

После получения результатов для каждой буквы, необходимо принять решение относительно всех результатов, поэтому было решено воспользоваться вероятностно-статическими методами принятия решения. Был рассмотрен метод Байеса[8].

Результаты работы нейронной сети на предыдущем этапе можно представить в виде двух векторов: $\vec{m} = (m_1, \dots, m_n)$ и $\vec{f} = (f_1, \dots, f_n)$, где векторы \vec{m} и \vec{f} содержат вероятности того, что символ S_i был написан мужчиной или женщиной. Для каждой конкретной буквы может содержаться несколько результатов, так как буквы могут повторяться. На первом шаге сгруппируем все буквы по классам. Классом будем называть буквы в алфавите. Иными словами, если в тексте встречаются три буквы "а", две буквы "б" и несколько букв "с", то будет полагать, что в тексте существуют только три класса K_i . Для каждого класса вычислим вероятность того, что все его элементы были написаны мужской или женской рукой. Положим, что диагноз D_1 говорит о том, что текст написан мужчиной, а D_2 женщиной. Исходя из этих утверждений согласно обобщенной формуле Байеса:

$$P(D_i / K^*) = \frac{P(D_i) P(K^* / D_i)}{P(D_s) P(K^* / D_s)}$$

вычислим вероятности диагнозов D_i для каждого класса K_i :

$$P(D_1 / K^*) = \frac{P(D_1) P(K^* / D_1)}{P(D_2) P(K^* / D_2) + P(D_1) P(K^* / D_1)}$$

$$P(D_2 / K^*) = \frac{P(D_2) P(K^* / D_2)}{P(D_2) P(K^* / D_2) + P(D_1) P(K^* / D_1)}$$

Получим вектора вероятностей для каждого класса K_i : $\vec{M} = (P(K_1), \dots, P(K_n))$ и $\vec{F} = (P(K_1), \dots, P(K_n))$. Далее для каждого класса вычислим его вес. Вес будем вычислять по формуле:

$$W_{k_i} = \frac{l_{k_i}}{L},$$

где l_{k_i} — количество повторений буквы в классе K_i , а L — общее число букв в тексте. После этого, вычислим вероятность написания всего текста мужчиной или женщиной. Воспользуемся критерием Байеса. Будем полагать, что диагноз D_1 говорит о том, что текст написан мужчиной, а D_2 женщиной, тогда:

$$D_1 = \sum_{i=0}^{len(K_i)} W_{K_i} M_i$$

$$D_2 = \sum_{i=0}^{len(K_i)} W_{K_i} F_i$$

тогда корректным диагнозом будет $\max(D_1, D_2)$.

Таким образом, в данной работе была рассмотрена проблема распознавания пола человека на основе рукописного текста. Была описана работа основных компонентов

системы, а также их взаимодействие на каждом из этапов. Конечно, точность идентификации на данный момент нельзя назвать высокой, но работа по улучшению продолжается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мясоутов Р. Х. Анализ рукописного текста в задаче идентификации пола на основе рукописного текста. // Сборник трудов ежегодной научно-практической конференции «Интеллектуальные информационные системы» ИИС-2019, Воронеж, 10–13 декабря 2019 г. ВГУ, 2019. Ч. 1. С. 43–46.
2. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс — М.: Вильямс, 2006. — 995с.
3. Методика определения пола исполнителя кратких рукописных текстов. Министерство внутренних дел СССР. Учебное пособие. 1990 г.
4. Sheng Fang. Review of LeNet-5: How to design the architecture of CNN // Towards Data Science. 2020. URL: <https://towardsdatascience.com/review-of-lenet-5-how-to-design-the-architecture-of-cnn-8ee92ff760ac> (дата обращения 20.04.2020)
5. Raimi Karim. Illustrated: 10 CNN Architectures // Towards Data Science. 2019. URL: <https://towardsdatascience.com/illustrated-10-cnn-architectures-95d78ace614d> (дата обращения 20.04.2020)
6. Accuracy metrics // Keras. URL: https://keras.io/api/metrics/accuracy_metrics/ (дата обращения 21.04.2020)
7. Losses // Keras. URL: https://keras.io/api/losses/regression_losses/#meansquarederror-class (дата обращения 22.04.2020)
8. А.П. Науменко, И. С. Кудрявцева, А. И. Одинец, Вероятностно-статистические методы принятия решений: теория, примеры, задачи. — Омск: ОмГТУ, 2018—8с.

© Мясоутов Рамиль Хамзяевич (ramilmyasoutov@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Волгоградский государственный университет

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ВАРИАНТОВ СТРУКТУР ПОДСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ ОБМЕНА ДОКУМЕНТИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИИ

APPROACHES TO EVALUATION OF VARIANTS OF MANAGEMENT SUBSYSTEM STRUCTURES OF DOCUMENTED INFORMATION EXCHANGE SYSTEM

A. Petrov
S. Nikolsky
S. Krivcov
S. Koryagin
A. Suslov
D. Ksenofontov

Summary. The article considers the approaches to the evaluation of options for the structure of the management subsystem of the system of exchange of documented information (SODI). The efficiency coefficient of the SODA node is considered as a generalized index expressing the relationship of the soda control subsystem with the tasks solved at the soda node.

Keywords: system for the exchange of documented information, the coefficient of health of the host system for the exchange of documented information, the options for the structure of subsystem management system for the exchange of documented information.

Петров Антон Владимирович

Адъютант, ФГКВУ ВО «Военная академия связи
им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого»
(г. Санкт Петербург)
89850701007@yandex.ru

Никольский Сергей Валентинович

К. воен. н., с. н. с., ФГКВУ ВО «Военная академия
связи им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого»
(г. Санкт Петербург)
staskriv1979@yandex.ru

Кривцов Станислав Петрович

Старший преподаватель, ФГКВУ ВО «Военная
академия связи им. Маршала Советского
Союза С. М. Будённого» (г. Санкт Петербург)
staskriv@mail.ru

Корягин Сергей Александрович

Командир батальона, в/ч 28331
bagrationspb@yandex.ru

Суслов Артем Николаевич

ФГКВУ ВО «Военная академия связи им. Маршала
Советского Союза С. М. Будённого» (г. Санкт Петербург)
uccstp@mail.ru

Ксенофонтов Дмитрий Анатольевич

Адъютант, ФГКВУ ВО «Военная академия связи
им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого»
(г. Санкт Петербург)
dm.ksenofontov@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются подходы к проведению оценки вариантов структур подсистемы управления системы обмена документированной информации (СОДИ). Рассмотрен коэффициент работоспособности узла СОДИ как обобщенный показатель, выражающий взаимосвязь подсистемы управления СОДИ с задачами, решаемыми на узле СОДИ.

Ключевые слова: система обмена документированной информации, коэффициент работоспособности узла системы обмена документированной информации, варианты структуры подсистемы управления системы обмена документированной информации.

Постоянный рост объемов информации, необходимой для принятия управленческих решений приводит к необходимости получать, обрабатывать и хранить все большее количество документированной информации. Традиционные методы работы с документами становятся при этом малоэффективными.

В настоящее время потребности в обмене документированной информацией обеспечиваются:

- ◆ сетью телеграфной связи;
- ◆ сетью факсимильной связи;
- ◆ системой электронной почты в сети межвидовой системы обмена электронной корреспонденцией ВС РФ;
- ◆ системой электронной почты в сети закрытого сегмента (ЗС) сети передачи данных (СПД) ВС РФ;
- ◆ системой электронного документооборота ВС РФ в конфиденциальном сегменте СПД МО РФ.

Основным направлением развития документальной связи заключается в создании системы обмена документальной информацией — единой защищённой телекоммуникационной инфраструктуры, базирующейся на существующих разнородных технологиях, каналах и трактах и обеспечивающей гарантированную и безопасную передачу документированной информации.

При проведении исследования любой системы важно определиться с ее структурой, понимаемой как состав элементов (подсистем), устойчивыми связями и отношениями между ними, упорядоченными и организованными для функционирования системы.

Одной из функциональных подсистем системы обмена документированной информацией, обеспечивающая определенные функции управления и обслуживания процесса обмена документированной информацией, является подсистема управления.

Структура подсистемы управления формируется применительно к условиям функционирования СОДИ, при необходимости осуществляется ее изменение во времени и пространстве. Следовательно, ее можно признать одновременно стабильной (топологически устойчивой) и переменной. Это выражает единство устойчивости и изменчивости структуры подсистемы управления СОДИ.

При оценке вариантов структур подсистемы управления системы обмена документированной информацией в условиях одних и тех же допущений, и ограничений, обстановки центральным является вопрос о выборе показателей, численные значения которых позволили бы объективно определить различные ва-

рианты структур подсистемы управления исследуемого объекта.

На основании того, что задача формирования набора показателей (критериев) является достаточно трудной проблемой и может быть предметом самостоятельного исследования, предлагается использовать ранее сформулированные и апробированные показатели при оценке функционирования систем управления защищенных узлов связи с учетом показателей старшей системы — системы связи (СС).

При этом показатель решения каждой задачи должен быть согласован с показателями решения задачи вышестоящего уровня, которая связана с данной задачей по последовательности решения в процессе управления.

Смысловое содержание показателя должно отражать его основное значение и требования, которые предъявляются к нему со стороны старшей системы. Последнее обстоятельство отражает суть системного подхода в решении поставленной задачи [1].

Под критерием в работе понимается необходимый и (или) достаточный признак (условие), (классификация или выбор) структуры подсистемы управления системы обмена документированной информацией по значениям одного или нескольких частных показателей [2].

Требования к критерию:

- ◆ определенность, обеспечивающая однозначность толкования;
- ◆ результативность, то есть возможность оценки (классификации) при любых допустимых значениях критериальных показателей.

На основании вышеизложенного, всю совокупность показателей, которые чаще всего используются при исследовании функционирования системы военной связи, можно разбить на три уровня, позволяющих оценивать структуры подсистем управления системы обмена документальной информацией по этапам их жизненного цикла.

В качестве показателей первого уровня, выступают показатели, характеризующие СОДИ с точки зрения системы более высокого уровня — системы связи, элементом которой она является.

К ним следует отнести:

- ◆ математическое ожидание числа исправных каналов на узле СОДИ, функционирующих в интересах обмена документальной информацией;

- ♦ количество информационных направлений документальной связи, проходящих через узел СОДИ;
- ♦ пропускная способность каналов на узле СОДИ, функционирующих в интересах обмена документальной информацией;
- ♦ степень автоматизации процессов коммутации и распределения каналов документальной связи.

Второй уровень оценки характеризует основные оперативно-технические возможности подсистемы управления СОДИ. Данный уровень является связующим, так как он дает возможность установить зависимость между показателями первого уровня и функционально-техническими характеристиками системы управления узла СОДИ.

В качестве показателей на данном уровне выступают:

- ♦ коэффициент работоспособности узла СОДИ;
- ♦ цикл оперативного управления на узле СОДИ;
- ♦ вероятность своевременного выполнения отдельных операций в цикле оперативного управления узлом СОДИ;
- ♦ математическое ожидание времени выполнения отдельных операций (составляющих) цикла управления узлом СОДИ.

Показателями третьего уровня выступают характеристики СОДИ и управляющей деятельности должностных лиц узла СОДИ.

К их числу относятся объем и время передачи управляющей информации, время, затраченное на сбор информации состояния, коэффициент загрузки должностных лиц узла СОДИ.

В принципе, перечисленные показатели всех трех уровней могут быть количественно рассчитаны и полностью характеризуют подсистему управления СОДИ.

Выбор показателя для оценки различных вариантов структур подсистемы управления СОДИ предлагается осуществить с учетом следующих предпосылок:

- ♦ оценка качества управления обменом документированной информацией проводится по показателю, который достаточно полно характеризует исследуемую систему или процесс;
- ♦ он должен учитывать все основные особенности и свойства исследуемой системы, а также условия ее функционирования и взаимодействия с внешней средой.

Кроме того, при использовании математических методов исследования, желательно, чтобы он был единственным.

С учетом вышеизложенного, наиболее полную характеристику степени соответствия подсистемы управления СОДИ своему целевому предназначению дает коэффициент работоспособности ($K_{р\text{бм}}$) узла СОДИ.

Этот показатель обладает достаточной общностью и универсальностью, характеризует узел связи с оперативно-технической точки зрения, а его заданное значение определяется требованиями системы управления к системе связи.

Данный показатель отражает способность узла СОДИ сохранять свое основное предназначение в различных ситуациях за счет своевременной реакции системы управления узлом СОДИ.

Расчет коэффициента работоспособности узла СОДИ проводится в следующей последовательности:

- ♦ на первом этапе пользуясь математическим аппаратом теории совпадений [6], используя методику, подробно описанную и апробированную в [4], определяется возможность влияния системы управления на узле СОДИ на устойчивость направлений документальной связи, обеспечиваемых от узла СОДИ при заданиях $K_{\text{унци}}, t_{\text{ос}}, t_{\text{нс}}$ [7, 1].

С этой целью используется выражение:

$$K'_{\text{унци}} = \frac{\bar{t}_{\text{ос}} - \tau}{\bar{t}_{\text{ос}} + \tau_{\text{нс}}} \exp\left(-\frac{\bar{t}}{\tau_{\text{ос}}}\right) = \frac{\bar{t}_{\text{ос}} - \tau}{\bar{t}_{\text{ос}} + \tau_{\text{нс}}} \exp\left(-\frac{\bar{t}}{\tau_{\text{ос}}}\right)$$

при $0 < \bar{t} < \bar{t}_{\text{нс}}$ (2.12)

где: $K'_{\text{унци}}$ — коэффициент устойчивости i -го направления связи с учетом длительности цикла управления;
 $\bar{t}_{\text{ос}}$ — среднее время исправной работы направления связи;
 \bar{t} — среднее время цикла управления.

Анализ выражения (2.12) показывает, что

при $\tau \rightarrow 0$ $K'_{\text{унци}} \rightarrow K_{\text{унци}}$, а при $\tau \rightarrow t_{\text{нс}}$ $K'_{\text{унци}} \rightarrow 0$.

Следовательно, чем короче цикл управления, тем выше реальная устойчивость направления связи. Тогда $\alpha = K'_{\text{унци}}$

$K_{\text{унци}}$ будет отражать степень влияния подсистемы управления на работоспособность управляемой системы- системы обмена документальной информацией.

На втором этапе на основании подхода, изложенного в [3] и апробированного в [1] определяется математическое ожидание числа исправных каналов на направле-

нии связи с учетом влияния деятельности цикла управления.

На основании вышеизложенного имеем:

$$M^I[n] = \sum K^I_{инс_i} * N_{кан_{нс_i}} \quad (2.13)$$

с учетом (2.12) данное выражение имеет вид

$$M^I[n] = \sum_{i=1}^I \frac{\bar{\tau}_{ос-\tau}}{\bar{\tau}_{ос} + \bar{\tau}_{нс}} \exp\left(-\frac{\bar{\tau}}{\bar{\tau}_{ос}}\right) N_{кан_{нс_i}} \quad (2.14)$$

На основании вышеизложенного, коэффициент работоспособности узла связи как зависимость математического ожидания числа исправных каналов на узле СОДИ от длительности цикла управления будет определяться:

$$K_{р\text{обт}} = \frac{\sum_{i=1}^N M^I[n]}{M[n]_{\text{ТР}}} \quad (2.15)$$

где:

$M[n]_{\text{ТР}}$ — требуемое математическое ожидание числа исправленных каналов на узле СОДИ,

N — количество направлений связи на узле СОДИ.

Критерием способности узла СОДИ выполнять свое основное предназначение будет служить максимальное значение коэффициента работоспособности.

Следовательно, коэффициент работоспособности узла СОДИ является обобщенным показателем, в котором характеристики, определяющие функционирование узла СОДИ, учитываются наряду с характеристиками оперативного управления узлом СОДИ. При этом численные значения являются связующими, дающими возможность установить зависимость между требованиями, предъявленными системой связи к узлам связи по пропускной способности и обеспечения выполнения указанных требований системы управления на данных узлах связи.

Особенностью подсистемы управления СОДИ является функционирование в масштабе реального времени.

С целью получения количественной оценки качества прогнозирования, осуществляемого при принятии решений должностными лицами органов управления узла СОДИ в процессе оперативного управления может быть использован вспомогательный показатель — коэффициент обоснованности решения.

Данный показатель позволяет судить об уровне подготовленности принимаемых решений должностными лицами на узле СОДИ.

Для оценки обоснованности используется методика, подробно описанная и апробированная в [4]. При этом

выражение для оценки обоснованности принимаемого решения имеет вид:

$$I = m / (m_0 * \Gamma_{\text{п}}^2) \quad (2.16)$$

где: I — коэффициент обоснованности решения;
 m_0 — число вариантов, которое необходимо рассмотреть;
 m — число реально рассмотренных вариантов;
 $\Gamma_{\text{п}}$ — номер для будущего функционирования узла СОДИ.

Только тот вариант решения может считаться рациональным, величина показателя коэффициента работоспособности узла СОДИ которого максимальна. Если таких вариантов два и более, то появляется необходимость в оптимизации по показателю «затраты».

Военно-экономическая оценка вариантов структуры подсистемы управления СОДИ может быть проведена путем определения затрат на содержание должностных лиц и технических средств в течении определенного времени без учета воздействия на него неблагоприятных факторов (выход из строя ДЛ и технических средств, восполнение потерь). За интервал времени принят календарный год.

При этом, стоимость используемых при работе ДЛ средств управления определяется по формуле:

$$C_a = \sum_{i=1}^k C_{ai} * m_i \quad (2.17)$$

где: C_{ai} — стоимость i -го образца техники;
 m_i — количество i -х образцов;
 k — количество типов средств.

Стоимость содержания техники рабочем состоянии составляет 5% от первоначальной стоимости в год.

$$C_{ca}^{\text{год}} = 0,05 C_a \quad (2.18)$$

Стоимость содержания ДЛ органов управления определяется:

$$C_{\text{дл}} = \sum_{j=1}^N C_{\text{дл}j} \quad (2.19)$$

где: $C_{\text{дл}j}$ — стоимость содержания j -го ДЛ в течении года;
 N — количество ДЛ в органах управления УС.

Тогда суммарные расходы на содержание подсистемы управления СОДИ будут равны:

$$C_{cy} = 0,05(\sum_{i=1}^k C_{ai} * m_i) + \sum_{j=1}^N C_{\text{дл}j} \quad (2.20)$$

Вариант структуры подсистемы управления СОДИ удовлетворяет требованиям (является искомым), если при $K_{роб} \rightarrow \max, C_{cy} \rightarrow \min$.

Таким образом, наличие основного и вспомогательных показателей позволяет судить о степени соответствия вариантов структуры подсистемы управления СОДИ предъявляемым требованиям, а их численные значения позволяют выбрать структуру подсистемы управления СОДИ для практической реализации.

Выводы

1. Принадлежность подсистемы управления СОДИ к классу сложных систем, функционирующих в условиях высокодинамичной внешней среды, определяет наличие совокупности показателей, характеризующих особенности построения и функционирования СОДИ, различные стороны управления СОДИ. Наиболее обобщенным по-

казателем, выражающим взаимосвязь подсистемы управления СОДИ с задачами, решаемыми на узле СОДИ, выступает коэффициент работоспособности УС. Однозначная связь цикла управления с пропускной способностью узла СОДИ позволяет рассматривать в качестве обобщенного показателя при оценке подсистем управления СОДИ на узле СОДИ и производить исследование объекта во взаимосвязи с вышестоящей системой (системой связи) с возможностью оценки выполнения требований этой системы на исследуемом объекте.

2. Выбор рациональной структуры подсистемы управления СОДИ из множества возможных вариантов осуществляется в два этапа, декомпозируя каждый ряд частных задач. Это дает возможность находить более перспективные пути решения общей задачи, а также позволяет использовать для решения этой задачи известные математические методы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы общей теории систем. — С-Пб., ВАС, 1992, 248 с.
2. Построение локальных вычислительных сетей в общевойсковом соединении для обеспечения открытой документальной связи на основе средств широкополосного доступа и линий проводной связи. Мякотин А. В., Орлова Л. И., Кривцов С. П., Чеботарев В. И. Информационные технологии и телекоммуникации. 2018. Т. 6. № 1. С. 55–62.
3. Совершенствование сети документальной связи (оборота) в общевойсковом соединении на основе сетей широкополосного доступа Будаева Н. В., Красовский А. А., Кривцов С. П., Орлова Л. И. В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2018). VII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция. Санкт Петербург, 2018. С. 105–110
4. Седакин Н. М. Избранные вопросы теории случайных импульсных потоков. — Л., ЛКВВИА, 1963, 177 с.

© Петров Антон Владимирович (89850701007@yandex.ru), Никольский Сергей Валентинович (staskriv1979@yandex.ru),
Кривцов Станислав Петрович (staskriv@mail.ru), Корягин Сергей Александрович (bagrationspb@yandex.ru),
Суслов Артем Николаевич (uccstr@mail.ru), Ксенофонтов Дмитрий Анатольевич (dm.ksenofontov@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЗНАНИЙ ИЗ МЕДИЦИНСКИХ ТЕКСТОВ

Погодин Руслан Сергеевич

Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет
ruspog@gmail.com

AUTOMATED KNOWLEDGE RETRIEVAL FROM MEDICAL TEXTS

R. Pogodin

Summary. The article is devoted to the development and application of model theory methods for extracting and formal representing of knowledge from medical documents. The purpose of the research is to automate the filling of the knowledge base with information from texts written in a natural language. The hypothesis is the possibility of applying I. A. Melchuk's theory "Meaning — text". To extract knowledge, we used methods of converting natural language sentences into quantifier free formulas in the form of fragments of atomic diagrams. Then the formulas were programmatically formalized in machine-readable JSON format. As a result, we implemented a software system interacting with the knowledge base of the IACPaaS cloud platform. For testing we used texts of medical articles describing diseases, their treatment and diagnostics.

Keywords: knowledge retrieval, expert systems, knowledge base, atomic diagram.

Аннотация. Статья посвящена разработке и применению теоретико-модельных методов для извлечения и формального представления знаний из текстов медицинских документов. Цель исследования — автоматизация наполнения базы знаний информацией из текстов, написанных на естественном языке. В качестве гипотезы рассматривается возможность применения теории И. А. Мельчука «Смысл — текст». Для решения задачи извлечения знаний используются методы преобразования предложений естественного языка в бескванторные формулы логики предикатов в виде фрагментов атомарных диаграмм. Затем производится программная формализация формул в машиночитаемый формат JSON. В результате работы была реализована программная система, взаимодействующая с базой знаний облачной платформы IACPaaS. Для тестирования использовались тексты медицинских статей с описанием болезней, их лечения и диагностики.

Ключевые слова: инженерия знаний, теоретико-модельные методы, извлечение знаний, экспертная система, база знаний, атомарная диаграмма.

Идея использовать экспертные системы для постановки диагноза и назначения лечения не нова: ещё в восьмидесятых годах прошлого столетия была разработана MYCIN — экспертная система для диагностики бактериальных инфекций [1]. Однако подобные системы не получили широкого распространения по причине необходимости ручного набора информации.

В данной статье рассматривается способ решения этой проблемы: автоматизированное извлечение информации из медицинских текстов и наполнение базы знаний этой информацией.

За основу представления семантики текстов медицинских статей была взята теория И. А. Мельчука «Смысл текст» [4]. Суть этой теории в рассмотрении глаголов в качестве многоместных предикатов, а других слов предложения в качестве аргументов этих предикатов.

Например, предложение «Одним из основных симптомов парагриппа является ларингит» может быть представлено в виде четырёхместного предиката: «Является (Что: ларингит, Чем: симптомом, Каким: одним из основных, Чего: парагриппа)». При этом каждый аргумент предиката имеет свой тип, который определяется вопросом (что?, чем?, каким?, чего?).

На основе данной теории был разработан теоретико-модельный подход к решению задачи извлечения знаний [2]. Для формализации знаний вводятся понятия атомарного предложения и атомарной диаграммы.

Рассмотрим модель $\mathcal{A} = \langle A, \sigma \rangle = \langle A, P_1, \dots, P_n, c_1, \dots, c_k \rangle$, где

A — основное множество модели;

σ — сигнатура, включающая в себя символы предикатов (P_1, \dots, P_n) и констант (c_1, \dots, c_k);

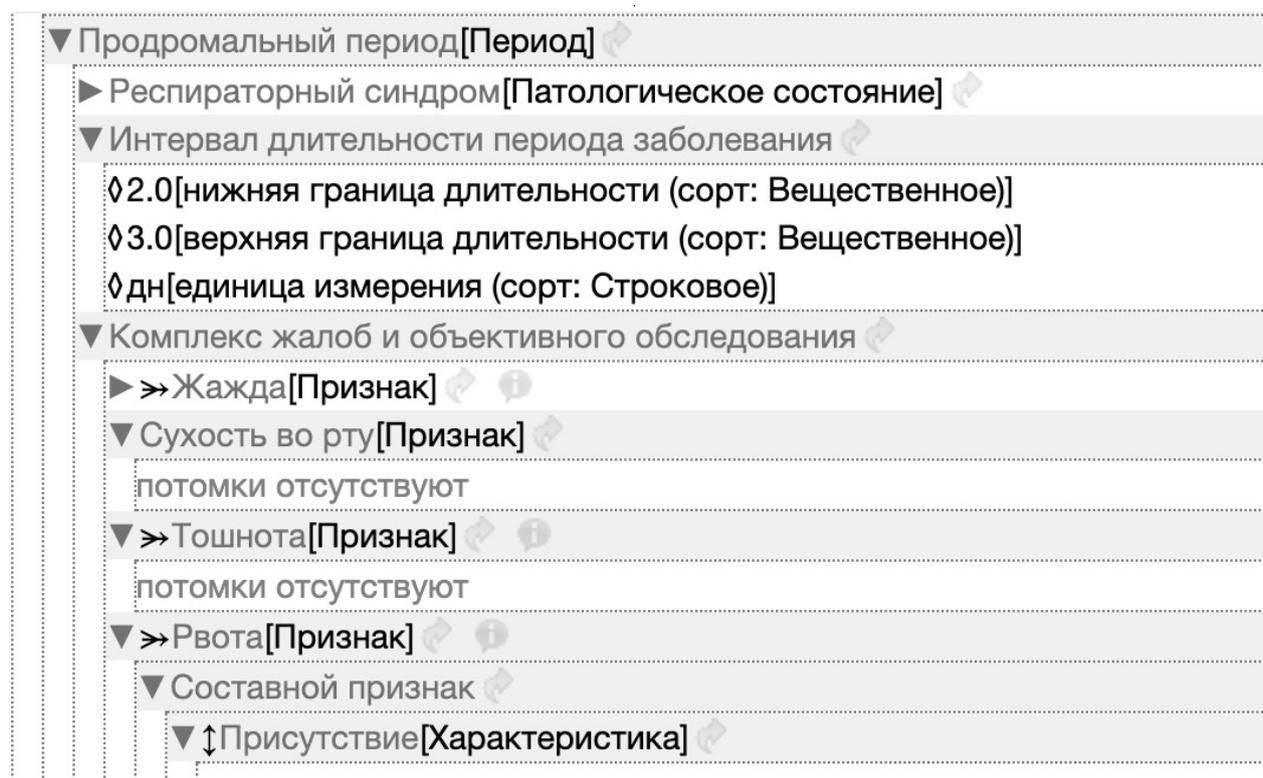


Рис. 1. Пример результата работы программы

$S(\sigma)$ — множество предложений сигнатуры σ ;

Предложение φ — атомарное, если $\varphi = (c_1 = c_2)$, либо $\varphi = (c_1 < c_2)$, либо $\varphi = P(c_1, \dots, c_n)$, либо $\varphi = P_i(c_1, \dots, c_n)$, где $P_i, c_1, \dots, c_n \in \sigma$

$AD(\mathcal{A}) = \{\varphi \in S(\sigma) \mid \mathcal{A} \models \varphi \text{ и } \varphi \text{ — атомарное}\}$ — атомарная диаграмма модели \mathcal{A} . Любое подмножество $A \subseteq AD(\mathcal{A})$ — фрагмент атомарной диаграммы.

Мы рассматриваем представление знаний в виде конечных фрагментов атомарных диаграмм, в которых предложения имеют вид $P(c_1, \dots, c_n)$. Таким образом, согласно теории «Смысл — текст», весь текст мы формализуем в виде конечного набора предикатов с аргументами-константами.

Преобразование текста в машиночитаемый формат состоит из нескольких этапов:

1. Составление словарей.
2. Преобразование предложений во фрагменты атомарных диаграмм.
3. Преобразование многоместных предикатов в двуместные.
4. Разбор однородных членов предложений в двуместных предикатах.
5. Построение смыслового дерева.

На первом этапе составляются словари слов русского языка, глаголов русского языка, медицинских и анатомических терминов.

Медицинские термины необходимы для рассмотрения таких словосочетаний как «дыхательные пути», «головная боль», «половой цикл» в качестве единого целого, то есть, в качестве одной константы, которая будет передаваться аргументом в предикаты.

Отдельный словарь глаголов необходим для определения предикатных символов. Стоит отметить, что некоторые общеупотребимые глаголы и слова/словосочетания/символы объединяются в группу, представляемую определённым предикатным символом. Например, глагол «является» объединяется со словосочетанием «представляет собой», символом «—», а также пропущенным глаголом (глагол считается пропущенным, если его нет в грамматической основе) в предикатный символ «ЯВЛЯЕТСЯ», так как все они несут один и тот же смысл.

На втором этапе предложения текста преобразуются во фрагменты атомарных диаграмм. Вначале производится первичный анализ предложений, в ходе которого анализируются слова и сопоставляются со словами из словарей. В результате этого анализа получается набор констант и предикатов, при этом каждый предикат

кат должен иметь дополнительный параметр — идентификатор, чтобы в дальнейшем можно было построить взаимосвязи описаний субъектов. Кроме того, в сигнатуру должны быть добавлены уникальные константы, которые будут использоваться как аргументы в качестве этих идентификаторов. Далее, используя введенные константы и предикаты, предложения преобразовываются во фрагменты атомарных диаграмм. Например, предложение «Острый холецистит представляет собой острое воспаление желчного пузыря» преобразовывается в предикат ЯВЛЯЕТСЯ (идентификатор субъекта, Что: Острый холецистит, Чем: воспаление, Чего: желчного пузыря, Каким: острое).

Стоит отметить, что однородные члены, объединённые запятыми, связками «и», «или», «от ... до», «больше, чем», «такие как» и т.п., будут являться единой константой. Также в сигнатуру будут добавлены двуместные предикатные символы «ЯВЛЯЕТСЯ_ЧАСТЬЮ», «ОБЪЕДИНЁН_В_И», «ОБЪЕДИНЁН_В_ИЛИ», «ДИАПАЗОН_ОТ», «ДИАПАЗОН_ДО», «ЧАЩЕ», «РЕЖЕ». Это нужно, чтобы в дальнейшем можно было получить информацию об объединениях и диапазонах по определённым шаблонам. Более подробно это будет рассмотрено в описании четвёртого этапа.

В результате второго этапа мы получаем формулы в виде предикатов разной местности. Использовать в автоматической обработке знания, представленные в таком виде, не очень удобно, поэтому проводится третий этап — преобразование многоместных предикатов в двуместные [5]. Для этого используются введенные на предыдущем этапе идентификаторы: поскольку у предиката есть этот идентификатор, мы можем разбить этот предикат на несколько двуместных и ассоциировать каждый двуместный предикат с этой же константой, таким образом не потеряв взаимосвязь. Например, предикат ЯВЛЯЕТСЯ (идентификатор субъекта, Что: Острый холецистит, Чем: Воспаление, Чего: желчного пузыря, Каким: острое) будет преобразован в несколько двуместных предикатов:

- ◆ ЯВЛЯЕТСЯ (идентификатор субъекта, Острый холецистит),
- ◆ ЧЕМ (идентификатор субъекта, воспаление),
- ◆ ЧЕГО (идентификатор субъекта, желчного пузыря),
- ◆ КАКИМ (идентификатор субъекта, острое).

На четвёртом этапе производится разбор однородных членов. В сигнатуру модели добавляются дополнительные константы-идентификаторы однородности, которые в дальнейшем займут места констант с однородными членами предложения. В свою очередь константы разобьются на однородные члены и будут построены предикаты объединений и диапазонов, сим-

волы которых были добавлены на втором этапе. Первым аргументом таких предикатов будет идентификатор однородности, а вторым — сама константа, полученная при разбиении константы с однородными членами. Например, предикат ДЛИТСЯ (идентификатор субъекта, от 2 до 7 дней) преобразуется в несколько предикатов:

- ◆ ДЛИТСЯ (идентификатор субъекта, идентификатор диапазона),
- ◆ ДИАПАЗОН_ОТ (идентификатор диапазона, 2 дней),
- ◆ ДИАПАЗОН_ДО (идентификатор диапазона, 7 дней).

На финальном этапе строится смысловое дерево, в котором корень дерева — название болезни, ветви — предикаты, не концевые вершины — константы-идентификаторы, а концевые вершины — смысловые константы. Далее это дерево может транслироваться в любой формат данных по заданным правилам.

В рамках данной работы была разработана программная система, состоящая из следующих модулей:

- ◆ модуль наполнения базы слов;
- ◆ модуль преобразования предложений в многоместные предикаты LogicText [3];
- ◆ модуль преобразования многоместных предикатов в двуместные;
- ◆ модуль постобработки констант с однородными данными;
- ◆ модуль построения дерева знаний, модуль взаимодействия с системой IACaaS;
- ◆ workflow-модуль, оперирующий всем процессом преобразования данных.

Модули написаны на языках Java и C# и взаимодействуют между собой по протоколу HTTP. В качестве базы данных для хранения промежуточных результатов используется PostgreSQL. Экспорт инфоресурсов в IACaaS производится по протоколу HTTP в формате JSON. На этапе экспорта производится дополнительная обработка дерева знаний для соответствия со схемой данных, ожидаемых облачной платформой.

Таким образом, подход к извлечению знаний из медицинских текстов, основанный на теории «Смысл текст», показал свою состоятельность. Скорость автоматического преобразования текста в машиночитаемый формат намного превышает скорость выполнения данной работы человеком. Недостатком системы является несовпадение падежей, однако это не критическая проблема, так как смысл текста не теряется, и эксперт может внести грамматические корректировки. В дальнейшем систему можно развивать для обработки более сложных оборотов русского языка путём введения специальных предикатов, обрабатывающих такие паттерны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Buchanan B.G., Shortliffe E. H. Rule Based Expert Systems: The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project / B. G. Buchanan, E. H. Shortliffe // Addison-Wesley. — 1984. — P. 133–146.
2. Махасоева О.Г., Пальчунов Д. Е. Автоматизированные методы построения атомарной диаграммы модели по тексту естественного языка / О. Г. Махасоева, Д. Е. Пальчунов // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Информационные технологии. — 2014. — Т. 12, вып. 2. С. 64–73.
3. Махасоева О.Г., Пальчунов Д. Е. Программная система построения атомарной диаграммы модели по тексту естественного языка. / О.Г. Махасоева, Д. Е. Пальчунов // Св-во о гос. рег. программы для ЭВМ No 2014619198 от 10.09.2014.
4. Мельчук И. А. Опыт теории лингвистических моделей «Смысл Текст». / И. А. Мельчук // Школа «Языки русской культуры». — М. — 1999.
5. Ненашева Е.О., Пальчунов Д. Е. Разработка автоматизированных методов преобразования предложений естественного языка в бескванторные формулы логики предикатов / Е. О. Ненашева, Д. Е. Пальчунов // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Информационные технологии. — 2017. — Т. 15, вып. 3. С. 55–60.

© Погодин Руслан Сергеевич (ruspog@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Новосибирск

СИСТЕМА БИОУПРАВЛЕНИЯ ТРЕНАЖЕРОМ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОДВИЖНОСТИ КИСТИ

SIMULATOR BIO CONTROL SYSTEM FOR RESTORING BRUSH MOBILITY

**I. Stebakov
D. Shutin
V. Romanov**

Summary. The article addresses the issue of biofeedback with a simulator to restore brush mobility. A method based on the classification of the positions of the brush using the registration of electromyographic signals is proposed. A description of the simulator's operating principle is presented. The results of modeling the control system are shown. To confirm the applicability of the proposed method, an experiment was conducted to classify the positions of the brush by a neural network.

Keywords: rehabilitation, rehabilitation simulator, classification, neural networks, biocontrol.

Стебаков Иван Николаевич

ФГБОУ ВО «Орловский государственный
университет имени И. С. Тургенева»
chester50796@yandex.ru

Шутин Денис Владимирович

К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Орловский
государственный университет имени И. С. Тургенева»
rover.ru@gmail.com

Романов Владислав Владимирович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный
университет имени И. С. Тургенева»
vlad162615@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается вопрос биоуправления тренажером для восстановления подвижности кисти. Предлагается метод, основанный на классификации положений кисти с помощью регистрации электромиографических сигналов. Представлено описание принципа действия тренажера. Показаны результаты моделирования системы управления. Для подтверждения применимости предложенного метода проведен эксперимент по классификации положений кисти нейронной сетью.

Ключевые слова: реабилитация, реабилитационный тренажер, классификация, нейронные сети биоуправление.

Введение

Лучезапястный сустав является одним из самых сложных в теле человека. Нарушения двигательной сферы в лучезапястном суставе значительно усложняют выполнение повседневных действий, и ведет к ухудшению качества жизни людей с такими нарушениями. Максимально эффективное восстановление двигательных функций достигается не только качественным лечением, но и комплексным подходом к реабилитации [1]. Одним из самых распространенных методов двигательной реабилитации является механотерапия. Механотерапия является важной составляющей физической реабилитации благодаря её тонизирующему и трофическому воздействию на опорно-двигательный аппарат человека, формированию функциональных компенсаций, обратному благоприятному развитию атрофических и дегенеративных процессов, нормализации функциональной целостности и деятельности организма [2]. Также в настоящее время в РФ существует проблема недостаточного уровня оказания помощи по медицинской

реабилитации в амбулаторных условиях. В связи с этим активно разрабатываются новые комплексные методики реабилитации, включающие применение современных технологий, среди которых роботизированные тренажеры [3]. В работах [4,5] представлен обзор существующих решений, а также разработанный реабилитационный тренажер для восстановления подвижности кисти.

Целью данной статьи является разработка системы биоуправления реабилитационным тренажером для восстановления подвижности кисти при помощи регистрации электромиографических (ЭМГ) сигналов. При применении биоуправления осуществляется полный контроль процесса разработки кисти лечащим врачом, без непосредственного контакта с пациентом. Такой подход может применяться в условиях повышенной эпидемиологической и экологической опасности. Также возможно управление процессом разработки самим пациентом в комфортном ему режиме. Другим применением этой технологии является запись программ тренировок для последующего многократного использования.

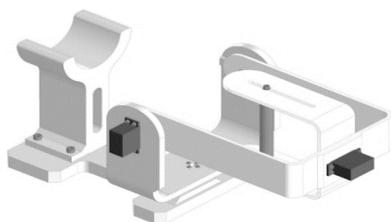


Рис. 1. 3D-модель тренажера

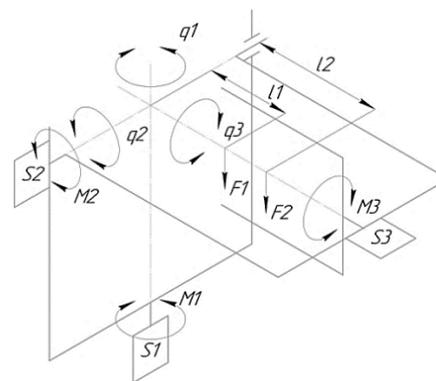


Рис. 2. Расчетная схема тренажера

Кроме того, на основе сбора данных о мышечной активности можно производить анализ процесса восстановления и диагностировать двигательные отклонения. **Предлагаемая система биоуправления роботизированным тренажером реализуется с использованием классификации положений кисти на основе сигналов ЭМГ датчиков.** В статье приводится обоснование выбора метода для классификации положений кисти, описание тренажера и принцип управления его работой. Также представлен эксперимент по классификации движений запястья с использованием искусственной нейронной сети.

Выбор метода классификации положений кисти

Одним из основных приложений алгоритмов машинного обучения в восстановительной медицине является классификация набора данных по заданной разметке. Набор данных может представляться измерениями датчиков или физиологических параметров человека, рентгеновскими и другими снимками [6–8].

Помимо классификации в машинном обучении популярной задачей является регрессия, которая заключается в прогнозировании некоторого набора данных. В этом случае на выходе системы получается набор действительных чисел. Например, при определении положения кисти с помощью классификации алгоритм сможет определить одно из заданных распознаваемых положений, в то время как регрессия позволит получить углы отклонения кисти от некоторого начального положения [9,10].

Одним из наиболее перспективных источников информации для анализа движений человека является электромиография — метод исследования биоэлектрических потенциалов, возникающих в скелетных мышцах человека и животных при возбуждении мышечных волокон. Электромиографические сигналы являются одним

из источников информации для организации эффективного реабилитационного лечения на основе методов машинного обучения [10–12].

Для проведения анализа алгоритмов машинного обучения был взят набор данных из статьи [12], включающий в себя измерения 8 каналов ЭМГ для 7 различных классов: 5 классов движений отдельных пальцев, 1 класс жест победы и 1 класс для расслабленной руки. Для сравнения были выбраны следующие методы классификации: логистическая регрессия, метод опорных векторов и нейронная сеть прямого распространения. Логистическая регрессия является наиболее простым из методов классификации данных и ее преимуществом является простота разработки и высокое быстродействие. Метод опорных векторов является более мощным инструментом для классификации, однако данный метод неустойчив к шуму в данных и требует подбора параметров. Нейронные сети позволяют достичь наивысшей точности, однако более сложны для вычислений. При внедрении классификатора для решения реальных задач выбирают тот, который отвечает требуемой точности и является более быстродейственным. Была получена следующая точность при тестировании: логистическая регрессия — 61.45%, метод опорных векторов — 82.19%, двухслойная нейронная сеть — 90.9%. Авторы рассматриваемого набора данных применяли метод опорных векторов, метод k-ближайших соседей и многослойную нейронную сеть [12]. Лучший результат также показала нейронная сеть. Была получена точность 95% при обучении и 92% при онлайн тестировании, что соответствует результатам, полученным в данной статье. Таким образом, **для классификации будет использоваться нейронная сеть, так как приведенный выше сравнительный анализ показал ее эффективность.**

Описание тренажера

Была разработана 3D-модель тренажера (рисунок 1), в котором предусмотрено три вида движения в лучеза-

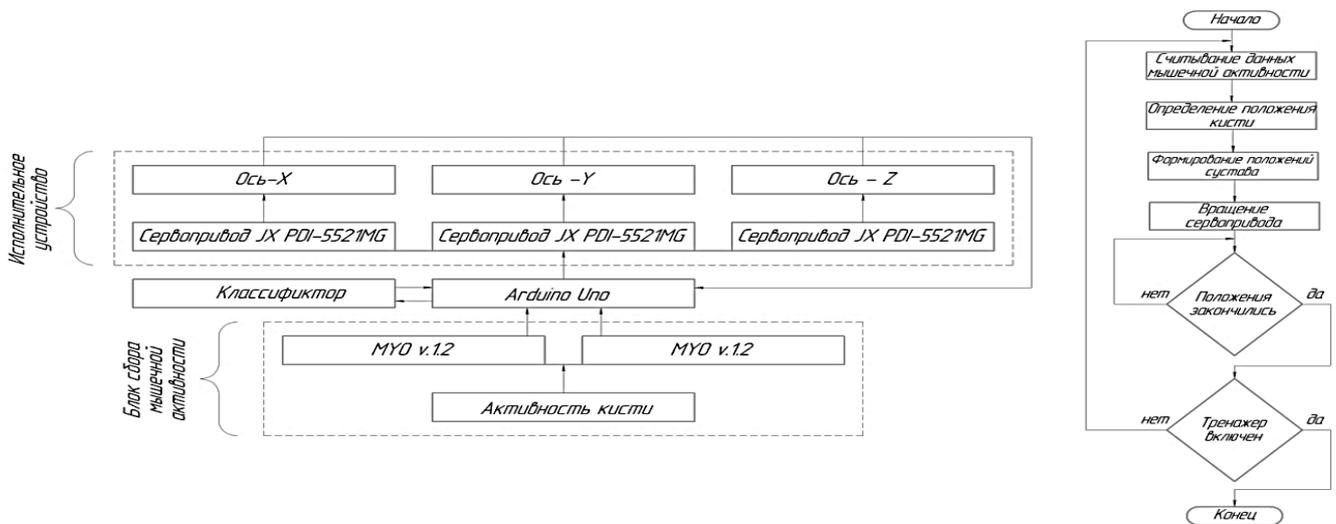


Рис. 3. Структурно-функциональная схема

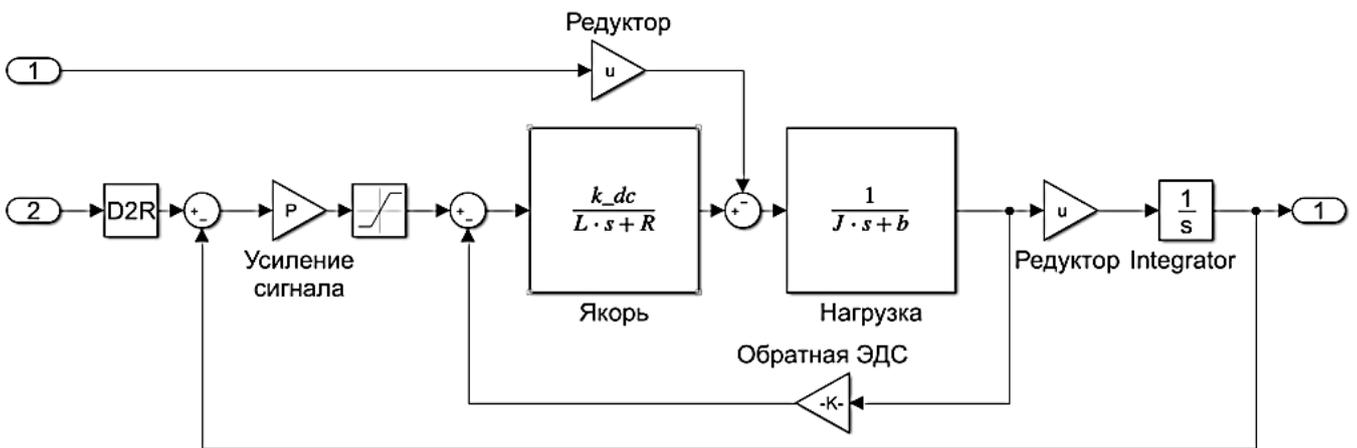


Рис. 4. Модель сервопривода

пястном суставе: отведение-приведение (ось q1) от -45° до 45° , сгибание-разгибание (ось q2) от -60° до 60° , пронация-супинация (ось q3) от 0° до 180° .

На рисунке 2 представлена расчетная схема тренажера, где S1, S2, S3 — приводы, q1, q2, q3 — обобщенные координаты, M1, M2, M3 — моменты приводов, F1, F2 — силы тяжести, l1, l2 — плечи сил F1, F2.

Для анализа системы управления тренажера была составлена динамическая модель на основе уравнения Лагранжа 2-го рода. При построении динамической модели были приняты следующие допущения: трение не учитывается; каждая ось рассматривается отдельно; не учитывается сопротивление движению в суставе.

Уравнения Лагранжа 2-го рода в обобщенных координатах:

$$\begin{aligned} J_1 \cdot \ddot{q}_3 &= M_3; \\ J_2 \cdot \ddot{q}_2 &= M_2 + (F_1 l_1 + F_2 l_2) \cos(q_2); \\ J_3 \cdot \ddot{q}_3 &= M_3. \end{aligned} \tag{1}$$

На рисунке 3 представлена структурно-функциональная схема.

Данные активности кисти считываются с помощью ЭМГ датчиков и передаются на контроллер. Далее осуществляется классификация положения кисти с помощью алгоритма, реализованного на контроллере или ПК. Контроллер формирует набор промежуточных по-

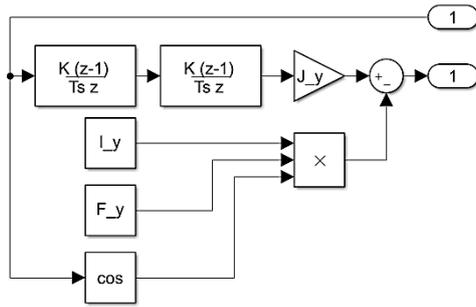


Рис. 5. Модель оси q2

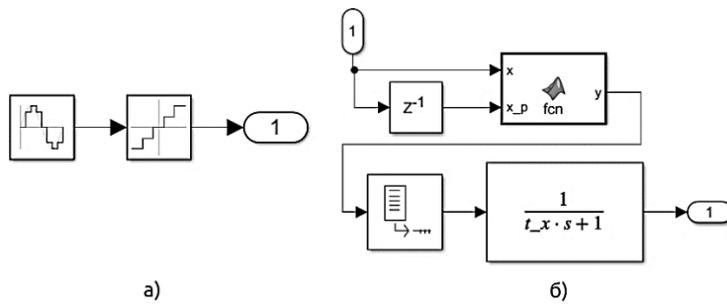


Рис. 6. Процесс дискретизации синусоидального сигнала

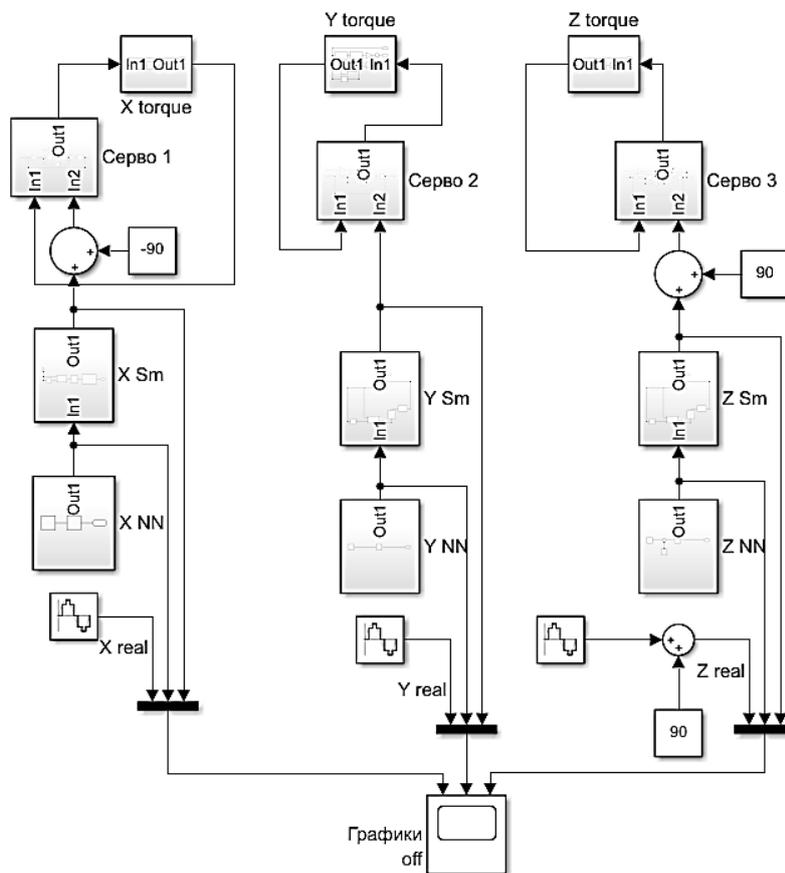


Рис. 7. Общий вид модели управления тренажером

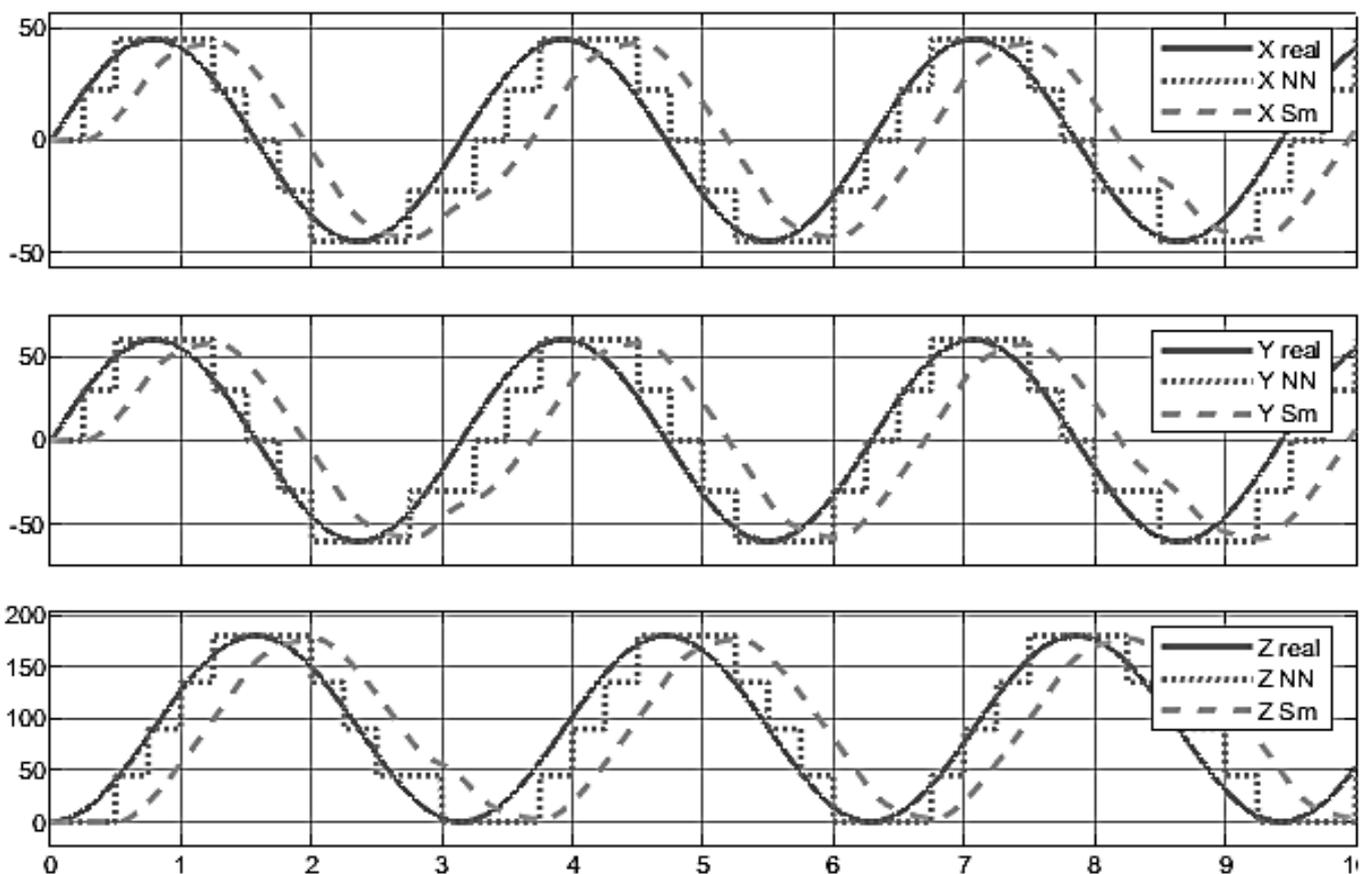


Рис. 8. Результаты моделирования

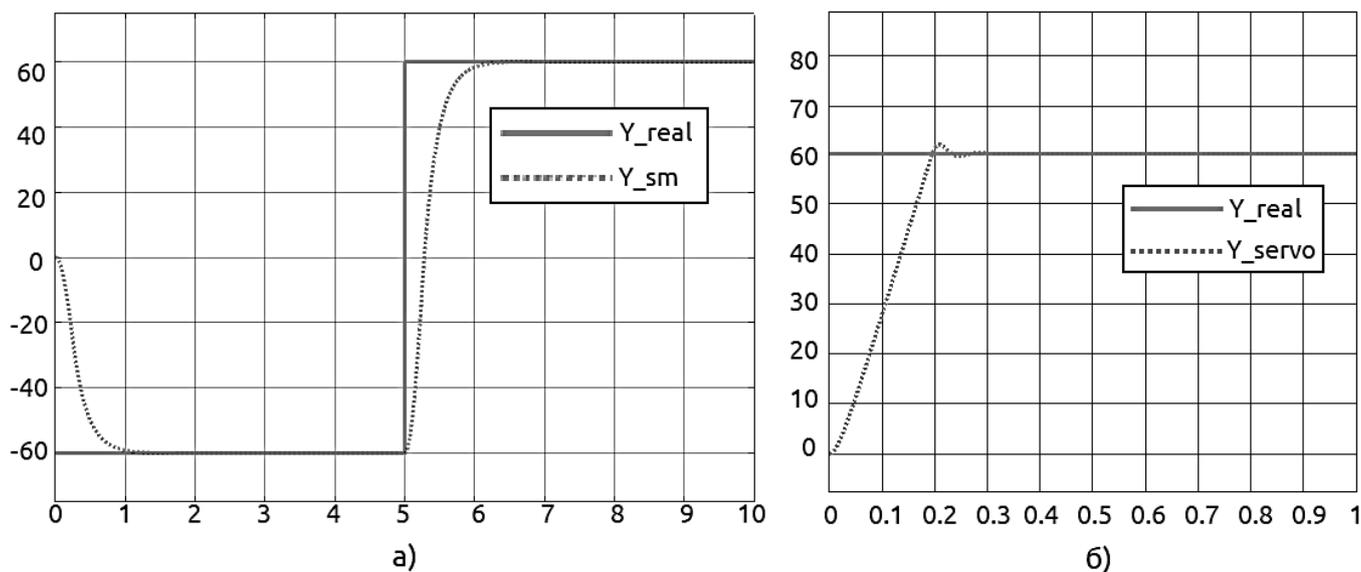


Рис. 9. Сглаживание сигнала

Таблица 1. Параметры записи данных

Фильтрация данных	band-stop фильтр на 50 и 100 Гц и band-pass фильтр 20–100 Гц
Время записи 1 опыта	1 минута
Частота дискретизации	500 Гц
Коэффициент усиления	500*32

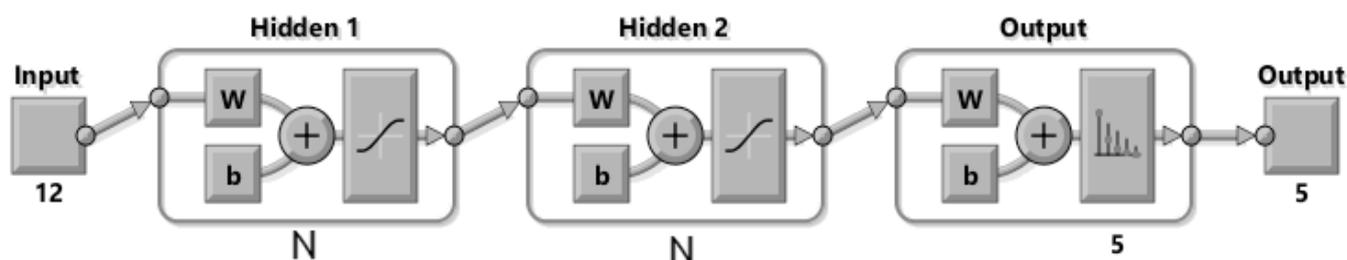


Рис. 10. Архитектура нейросети

ложений сервоприводов между текущим и предыдущим положением кисти и с заданным шагом по времени передает управляющие воздействия на сервопривод. Положения сервоприводов соответствуют положениям осей тренажера и разрабатываемой кисти. Когда все положения заканчиваются, процесс повторяется заново. Разработка кисти происходит только по одной из осей, остальные находятся в нейтральном положении.

Система управления тренажером на основе захвата движений

Для разработки системы управления использовалась среда динамического междисциплинарного моделирования сложных технических систем и основной инструмент для модельно-ориентированного проектирования Simulink с 30-дневной временной лицензией. Сначала была сделана модель сервоприводов (рисунок 4). На вход данной подсистемы подается требуемый угол поворота, а также нагрузка. На выходе получаем действительное положение вала.

В качестве нагрузки на сервопривод рассчитывается крутящий момент на каждой оси. Для расчета использовалась разработанная ранее динамическая модель. На рисунке 5 изображена модель оси q2.

Управление тренажером будет осуществляться с помощью классификации положений кисти. Для каждой степени свободы будет рассматриваться пять положений, которые будут определяться с периодом в 250 мс. Предполагается выполнение разных типов движений отдельно. Каждому положению кисти будет соответствовать дискретное значение угла поворота. Таким об-

разом, получится ступенчатый сигнал, который можно смоделировать путем дискретизации синусоидального сигнала (рисунок 6(a)). Для оси q1 интервал дискретизации составит 22.5°, для q2–30°, для q3–45°. Ступенчатый сигнал не сможет обеспечить плавность движения, поэтому была добавлена подсистема для сглаживания сигнала. Сначала производится интерполяция между текущим и предыдущим положением кисти по прямой, а затем сигнал сглаживается запаздывающим звеном с постоянным коэффициентом времени (рисунок 6(б)).

На рисунке 7 показан общий вид модели управления тренажером. С помощью данной модели сравниваются синусоидальный сигнал, его дискретизированный аналог и сглаженный сигнал, который подается на сервопривод.

Было произведено моделирование системы управления с максимально допустимой нагрузкой на оси при частоте входного сигнала 2 рад/с и были построены графики реального сигнала, дискретизированного и сглаженного (рисунок 8).

Разработанная система управления позволяет довольно точно исходный сигнал при классификации только отдельных положений кисти. Также, в случае резкого изменения входного сигнала, он сгладится таким образом, чтобы движение тренажера происходило плавно. На рисунке 9 показан переходный процесс изменения положения оси q2 с 0 до 60 градусов.

Таким образом, данная система управления позволяет эффективно воспроизводить движения кисти при их колебательном движении с частотой 2 рад/с. При увели-

чении частоты движений кисти сглаженный сигнал обладает меньшей амплитудой, чем реальный, что в данном случае является плюсом, так как за счёт этого понижается травмоопасность использования тренажёра. Однако при меньшей частоте выполнения движений у сигнала появляется высокочастотная составляющая, из-за чего нарушается плавность выполняемых движений. Исходя из этого, можно выделить следующие пути совершенствования системы управления: увеличение частоты определения положения кисти, применение регрессионных методов машинного обучения, для получения положения кисти в виде реальных чисел. Стоит отметить, что применение регрессионных методов машинного обучения потребует применения большего количества миографических датчиков.

Искусственная нейронная сеть для классификации движений запястья

Для подтверждения применимости рассмотренного способа управления был проведен эксперимент по классификации положений кисти при сгибании и разгибании. Исследованы следующие положения: два крайних положения амплитуды движения, нейтральное положение и два промежуточных положения между нейтральными и крайними положениями. Для классификации применялась нейронная сеть с двумя скрытыми слоями. На рисунке 10 представлена архитектура нейросети.

Для измерения ЭМГ сигналов использовался модуль MYO v1.2. Модуль обладает встроенной системой усиления и фильтрации сигнала. Оснащен регулируемым усилителем, который позволяет устанавливать наиболее оптимальные параметры для датчика в рамках решаемой задачи [19]. Для сбора данных был составлен рандомизированный план эксперимента, который включает в себя 50 опытов. Для каждого положения было проведено 10 опытов: 5 для датчика на плечелучевой мышце и 5 для датчика на локтевом сгибателе кисти. В таблице 1 приведены параметры записи данных.

Запись данных производилась в положении сидя таким образом, чтобы предплечье располагалось параллельно полу, ладонь направлена внутренней стороной вверх, пальцы полусогнуты. Использовался

контроллер Arduino UNO передающий данные по COM порту на компьютер. Датчик был закреплен на локтевом сгибателе кисти и плечелучевой мышце. Из полученных векторов данных каждого опыта были извлечены сэмплы размером 100 измерений с шагом 20 измерений, из которых были извлечены следующие признаки: среднеквадратичное отклонение, среднеквадратичное значение, минимум, максимум, переходы через ноль, изменение средней амплитуды, амплитуда первого всплеска, амплитуда Уилсона. В итоге было получено 22440 примеров для обучения, 7480 для валидации и тестирования. Размер каждого примера составил 6 признаков. Далее было произведено обучение нейросети на данных плечелучевой мышцы, локтевого сгибателя кисти, а также совмещенных данных двух мышц.

Обучение и тестирование нейросети производилось при разном количестве нейронов скрытых слоев, а именно: 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128. Максимальная точность для плечелучевой мышцы (MYO 2) составила 62.57%, локтевого сгибателя кисти (MYO 1) — 50.2%, совместного действия — 93.96% при 32 нейронах скрытых слоев. Далее было произведено повторное обучение лучшего варианта нейросети, и получена следующая точность: обучение — 95.99%, валидация — 95.51%, тестирование — 93.24%.

Заключение

Был разработан тренажер для восстановления подвижности лучезапястного сустава, в котором предусмотрено три вида движения в лучезапястном суставе: сгибание-разгибание, отведение-приведение, пронация-супинация. Предложенная система управления позволит эффективно воспроизводить движения кисти при их колебательном движении с частотой 2 рад/с. При увеличении частоты движений кисти сглаженный сигнал обладает меньшей амплитудой, чем реальный, что снижает травмоопасность использования тренажёра. При меньшей частоте выполнения движений у сигнала появляется высокочастотная составляющая, из-за чего нарушается плавность выполняемых движений. Решение данной проблемы подразумевает увеличение сложности и стоимости конечного изделия.

ЛИТЕРАТУРА

1. García G., Ramírez V., Ramírez O., Rueda J. L., Torres C. R. Simplified Design of a Device for Wrist Rehabilitation // *New Trends in Medical and Service Robotics. Mechanisms and Machine Science*. 2019. vol 65. DOI: 10.1007/978-3-030-00329-6_5.
2. Герцик Ю.Г., Иванова Г. А., Суворов А. Ю. Методики и аппаратура для активно-пассивной механотерапии в здоровьесберегающих технологиях // *Гуманитарный вестник*. 2013. вып. 4. URL: <http://hmbul.bmstu.ru/catalog/prmed/hidden/57.html>
3. Сон И.М., Евдаков В. А., Бантьева М. Н., Кузнецова В. П. Состояние обеспечения помощи по медицинской реабилитации, оказываемой в амбулаторных условиях населению России // *Менеджер здравоохранения*. 2016. № 3. С. 16–27.

4. Стебаков И.Н., Тучина Л. И., Падерин Д. Р. Функциональные характеристик роботизированных тренажеров для реабилитации запястья // Научное сообщество студентов: междисциплинарные исследования: сб. ст. по мат. LXXV междунар. студ. науч.-практ. конф. 2019. № 16(75). С. 36–45.
5. Шутин Д.В., Грядунова Е. Н., Стебаков И.Н Энергоэффективность роботизированного тренажера для восстановления подвижности кисти // Энерго- и ресурсосбережение — XXI век.: материалы XVII междунар. науч.-практ. конф. Орёл: ОГУ им. И. С. Тургенева. 2019. С. 247–249.
6. You-Wei Wang, Ruey-Feng Chang, Yi-Shiung Horng, Chii-Jen Chen MNT-DeepSL: Median nerve tracking from carpal tunnel ultrasound images with deep similarity learning and analysis on continuous wrist motions // Computerized Medical Imaging and Graphics. 2020. Volume 80. DOI: 10.1016/j.compmedimag.2019.101687.
7. Yong, Ching & Chew, Kim Mey & Sudirman, Rubita. Human wrist motion classification using decision tree and principle component analysis // Materials Today: Proceedings. 2019. Volume 16, Part 4. P. 1750–1756. DOI:10.1016/j.matpr.2019.06.045.
8. Yalin Liao, Aleksandar Vakanski, Min Xian, David Paul, Russell Baker A review of computational approaches for evaluation of rehabilitation exercises // Computers in Biology and Medicine. 2020. Volume 119. DOI:10.1016/j.combiomed.2020.103687.
9. Fengmei Gao, Linhong Wang, Tao Lin Intelligent wearable rehabilitation robot control system based on mobile communication network // Computer Communications. 2020. Volume 153. P. 286–293. DOI: 10.1016/j.comcom.2020.01.054.
10. Zhen Gang Xiao, Carlo Menon Performance of Forearm FMG and sEMG for Estimating Elbow, Forearm and Wrist Positions // Journal of Bionic Engineering. 2017. Volume 14, Issue 2. P. 284–295. DOI: 10.1016/S1672–6529(16)60398–0.
11. Yang Yu, Chen Chen, Xinjun Sheng, Xiangyang Zhu Multi-DoF continuous estimation for wrist torques using stacked autoencoder // Biomedical Signal Processing and Control. 2020. Volume 57. DOI: 10.1016/j.bspc.2019.101733.
12. Naseer, Noman & Ali, Faizan & Ahmed, Sameer & Iftikhar, Saad & Khan, Rayyan & Gilani, S. Hammad EMG Based Control of Individual Fingers of Robotic Hand // 2018 International Conference on Sustainable Information Engineering and Technology. 2018. P. 6–9. DOI:10.1109/SIET. 2018.8693177.

© Стебаков Иван Николаевич (chester50796@yandex.ru),

Шутин Денис Владимирович (rover.ru@gmail.com), Романов Владислав Владимирович (vlad162615@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева

ОПЫТ СОЗДАНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ПРИМИТИВОВ ДЛЯ ОФОРМЛЕНИЯ ТЕЛЕВИЗИОННОГО КОНТЕНТА «ТРК «РАДОНЕЖЬЕ» В КОМПЬЮТЕРНОЙ СРЕДЕ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ BLENDER® С ПРИМЕНЕНИЕМ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON™

**PRACTICE OF DRAWING PRIMITIVES
FOR «RADONEJE» BROADCASTING
COMPANY CONTENT DESIGN IN 3D —
MODELING COMPUTER ENVIRONMENT
BLENDER® BY USING PYTHON™
PROGRAMMING LANGUAGE**

**V. Taran
V. Pakshina**

Summary. Technical issues of computer design based on drawing primitives (meshes) for making up the content of TV broadcasting streaming are discussed in the article. Being illustrated by logo of regional TV and radio company «Radoneje» the experience of 2D and 3D-geometric design (subsequently taking into account their rotation) by using method of redistribution of light streams and hiding when extrusion of clipping outline of the structure in Blender® 3D-modeling environment with partial using of Python™ programming language resources is analyzed. The method above proved to be very helpful for accurate reproduction of rendered geometrical construction including light transitions and graduated fills. The method is universal allowing accurate reproduction of visual content independently from computer programming. General problem areas of computer 3D-modelling associated with 3D-objects modeling are pointed out. Sequence of operations when generating the effects related to drawing, extrusion and potential hiding of some layers by an opportunity of their visualization has been systemized. Based on symbolic algorithms and schematic illustrations the main capabilities of software packed 3D-visualization Blender® were revealed and certain conditions of its technical exploiting when modeling the objects and scenes of medium and high complexity were determined.

Keywords: computer 3D-modeling, visualization, automation of the modeled operations, methods of computer modeling, drawing primitives, computer geometry, computer graphic, design, sculpt, digital composition, extrusion, pseudo extrusion, light streams, Blender®, Python™ programming language.

Таран Василий Васильевич

К.культурологии, АНО ВО «Московский
международный университет»; докторант, ФГБУН
«Всероссийский институт научной и технической
информации РАН»
allscience@lenta.ru

Пакшина Вероника Алексеевна

АНО ВО «Московский международный университет»;
МАУ «ТРК «Радонежье»
pakshina-veronika@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются технические вопросы компьютерного проектирования на основе графических примитивов (мешей) для оформления контента потокового телевизионного вещания. На примере логотипа регионального вещателя телерадиокомпании «Радонежье» анализируется опыт создания двухмерных и трёхмерных геометрических конструкций (в последствии учитывающих их ротацию) методом перераспределения световых потоков и скрытия слоёв при экструзии отбрасывочных контуров конструкции в системе трёхмерного моделирования Blender® с применением некоторого арсенала языка программирования Python™. Обосновывается, что данный метод может быть очень полезен при точном воспроизведении отрисованной геометрической конструкции, включая световые переходы, цветовые переходы и градиентные заливки. Метод является универсальным и позволяет не зависимо от компьютерной программы воспроизводить визуальный контент с высокой степенью точности. Выделяются общие проблемные области компьютерного 3D-моделирования, связанного с моделированием объёмных геометрических объектов. Систематически изложены последовательности действий при создании эффектов, связанных с прорисовкой, экструзией и потенциальным скрытием некоторых слоёв при возможности их визуализации в кадре. На основе формульных алгоритмов действий и схематических иллюстраций показаны основные возможности программного пакета трёхмерной визуализации Blender® и определены некоторые условия его технической эксплуатации при моделировании объектов и сцен средней и высокой сложности.

Ключевые слова: трёхмерное компьютерное моделирование, визуализация, автоматизация моделируемых действий, методы компьютерного моделирования, графические примитивы, компьютерная геометрия, компьютерная графика, дизайн, скульптинг, цифровая композиция, экструзия, псевдоэкструзия, световые потоки, Blender®, язык программирования Python™.

В последнее время мы наблюдаем динамический рост различной видеопродукции, основным каналом реализации которой служит традиционное телевидение и Интернет. Так сложилось, что современная практика продвижения видеопродуктов различного назначения (рекламные ролики, отбивки, межпрограммные заставки, инфографика, короткометражные сериалы, телевизионные программы и т.д.) напрямую зависит от их стиля и наполнения. За эти две категории отвечает дизайн. С активным внедрением информационно-коммуникационных технологий в сферу дизайна появилось огромное количество возможностей по созданию дизайна графико-, видео- и анимационной продукции, что в свою очередь несомненно повлияло на всю индустрию дизайна. Благодаря достижениям компьютерных наук (в части разработки и усовершенствования алгоритмов обработки графической и видеоинформации) открылись новые методы и подходы к разработке различных оригинальных решений во всех сегментах дизайна.

Новые методы разработки дизайн-решений теперь прежде всего зависят от уровня развития информационно-коммуникационных технологий, через которые активно стали продвигаться программные продукты специального назначения. В этом смысле современный рынок программной продукции это фактически цифровой рынок опирающийся на главное достижение компьютерных наук и ИКТ 20-го века — глобальную сеть Интернет. Интернет сегодня наиболее развитая форма информационно-коммуникационных технологий, включающих в себя широкий спектр телекоммуникаций и позволяющий устанавливать интегративные мультиканальные связи между людьми (компьютерными пользователями), а также между машинами (искусственный интеллект). Ярким примером такой интегративности является интернет-вещей который посредством единого аппаратно-программного интерфейса фактически объединяет различные электронно-бытовые устройства (электрический чайник, тостер, холодильник, плеер, часы) в единую локальную сеть, шлюз которой подчиняется различным интернет-протоколам (TCP/IP)¹.

Разумеется, дизайн этих вещей, включая аппаратную начинку и программный интерфейс проектируется в специализированных компьютерных программах, это различные САПР-системы и программные пакеты по трёхмерному моделированию. Одним из таких пакетов является Blender®. Blender® это открытое свободно-распространяемое программное обеспечение, ре-

гулируемое положениями (GNUGPL²) и объединяющее в себе целый комплекс инструментов, направленных на эффективное проектирование и моделирование геометрических объектов.



Функционал Blender® впечатляет, а его производительность местами поражает воображение, ведь благодаря чётко проработанной структуре и слаженности работы алгоритмов эффективность обработки данных становится довольно высокой. Blender® отлично подходит для решения различных задач в области компьютерного моделирования, приведем небольшой список наиболее значимых областей, где может применяться программа:

- ◆ Разработка геометрических объектов для промышленной архитектуры.
- ◆ Создание прототипов для городской и сельской архитектуры.
- ◆ Визуализация и анимация процессов и явлений в науке и культуре.
- ◆ Разработка графического дизайна компьютерных и видео игр.
- ◆ Создание интерфейсно-ориентированных компьютерных систем.
- ◆ Проектирование геометрических конструкций и примитивов для оформления телевизионного контента и видеопроизводства.

Вышеперечисленные пункты списка показывают, насколько широко может быть применен инструментарий данной программы. Последний пункт списка как раз хорошо иллюстрирует поставленную в нашей статье цель — разработки графических примитивов для оформления телевизионного контента. Объектом нашей цели выступает телеканал «Радонежье»³, и соответствен-

¹ TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) — стек протоколов, определяющих иерархию разделения (дискретные пакеты) и перераспределения данных, с учётом описания формата пакета данных, контролирующей доставку и сохранность передаваемых данных. За описание формата пакетных данных (IP-пакеты) и за присвоение адресов пользователей компьютерной сети отвечает протокол IP.

² GNU/GPL («GNU's — Not Unix», GENERAL PUBLIC LICENSE) — Version 2, June 1991. Лицензия доступна по адресу: <https://www.gnu.org/licenses/old-licenses/gpl-2.0.html> (дата обращения к источнику: 27 мая 2020 г.). Открытый проект по разработке и распространению свободного программного обеспечения, получивший своё название от свободнораспространяемой операционной системы GNU, девизом которой стал слоган «GNU — не Unix». Официальный сайт ОС: <https://www.gnu.org/>

³ МАУ «ТРК «Радонежье» Муниципальное автономное учреждение Сергиево-Посадского городского округа «Телерадиокомпания «Радонежье», в некоторых источниках (Муниципальное автономное учреждение Сергиево-Посадского муниципального района «Телерадиокомпания «Радонежье»). «Радонежье» основано в 1999 году, телерадиокомпания выступает в роли крупнейшего вещателя города Сергиев Посад и ближайших окрестностей. Телерадиокомпания является обладателем четырёх наград ТЭФИ. Официальный сайт телерадиокомпании: <https://tvr24.tv/>.

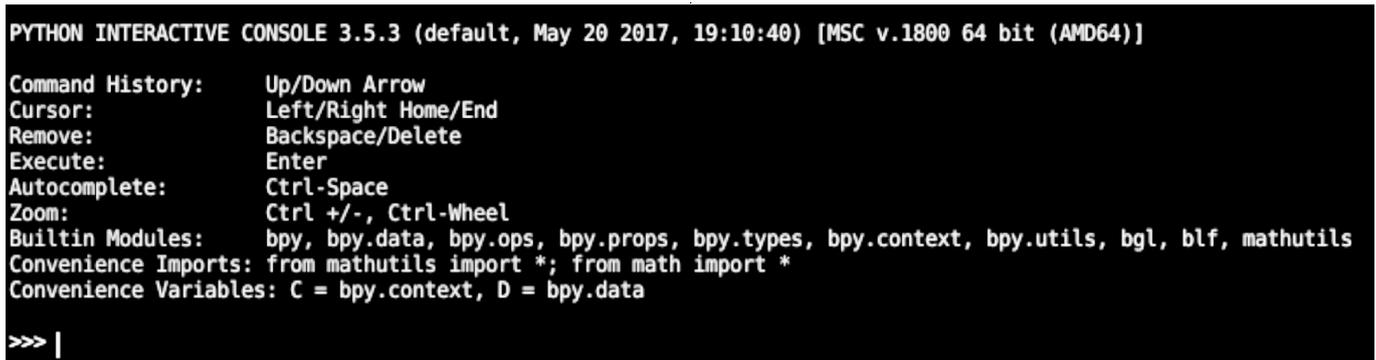


Рис. 1. Встроенная интерактивная среда управления языка программирования Python™. Позволяет выполнять различные инженерные команды, облегчающие управление графическими проектами.

но для успешной реализации поставленной в научной статье цели следует конкретизировать несколько задач:

1. Создать двумерную геометрическую форму логотипа телеканала «Радонежье».
2. Разработать 3D-проекцию созданной геометрической формы, с учётом её потенциального импорта¹ в программы компьютерной визуализации (титровальная графика) и программы трёхмерного моделирования (САПР и редакторы 3D-моделирования).
3. Визуализировать элементы идентификации объектов в кадре.

Итак, приступая к решению поставленных задач, определимся с параметрами проекта. Проект имеет разрешение 1920x1080² px. Для мониторов, имеющих соотношение 16:9. В качестве основы для распределения и компоновки двухмерных и трёхмерных геометрических конструкций в кадре, можно использовать схемы, изложенные на рисунках 18, 19. Хочется сразу отметить ориентацию интерфейса Blender® на широкоформатные видео-анимационные двухмерные и трёхмерные проекты³, впоследствии упрощающие процедуры рендеринга⁴. Логотип канала «Радонежье» представляет собой ге-

¹ Учёт потенциального экспорта подразумевает программно-независимый экспорт графических трёхмерных моделей, с целью их точной прорисовки и отображения в не зависимости от импортируемого формата.

² При создании проекта с высоким разрешением для стабильного отображения цветов и градиентных переходов рекомендуется использовать 24-х битный монитор.

³ Интерфейс программы Blender® хорошо заточен под выполнение простых и сложных графических проектов, здесь имеется настройка камер и возможность вывода графических данных в следующих форматах: 1080 p. (DVCPRO HD), 720 p. (DVCPRO HD), 1080 p. (HDTV), 720 p. (HDTV), 1080 p. (HDV), 1080 p. (HDVNTSC), 1080 p. (HDVPAL), 16:9 (TV NTSC), 4:3 (TV NTSC), 16:9 (TV PAL), 4:3 (TV PAL). Также присутствует возможность ввода абстрактных параметров проекта.

⁴ Рендеринг — процесс финальной отрисовки двухмерных и трёхмерных графических конструкций, подразумевающий создание целостной композиции, включая тона, цветовые переходы, тени и т.д.

ометрическую форму в виде неправильного выпуклого пятиугольника, располагаемого в левом углу кадра.

Схема представления графических элементов базируется на пятиугольной геометрической конструкции и дополняет её. Как правило, это горизонтальная линия, примыкающая к неправильному пятиугольнику. Канал имеет собственный фирменный стиль, выражающийся в оранжевом оттенке, который местами имеет градиентные переходы в серо-белые тона. Программа Blender® устроена таким образом, чтобы визуально-ориентированная часть интерфейса необходимая для качественного 2D и 3D-скульптинга, пространственного видео-анимационного 2D и 3D-композитинга сочеталась с функционалом современного объектно-ориентированного программирования. Это обстоятельство существенно расширяет границы 2D и 3D-проектирования, а также имитационного дизайн-моделирования за счёт повышения точности редактирования геометрических объектов и упрощает рутинные процедуры при проектировании сложных объектов:

- ◆ Разбивка геометрической фигуры с целью получения нового объекта.
- ◆ Автоматизация процессов анимации (уточнение и групповое перераспределение траектории движения слоёв и т.д.).
- ◆ Проведение компьютерного синтеза цветов и манипуляция производными оттенками при полигональном моделировании.
- ◆ Автоматическое создание текстур и сложных слоёв методом генерации числовых распределений.

За возможность проведения вышеперечисленных технических процедур и в целом за автоматизацию различных действий отвечает специальная инженерная консоль управления Python™ Interactive Console⁵.

⁵ Python Interactive Console — встроенная интерактивная среда управления прикладными сценариями Blender, написанными на языке



Рис. 2. Командная строка

```

453 if self.cir_top is True:
454     cir_top = create_torus("Column_cir_top", radio_top, self.cir_top_r, self.cir_top_z)
455     bpy.ops.object.select_all(False)
456     cir_top.select = True
457     bpy.context.scene.objects.active = cir_top
458     set_modifier_subsurf(cir_top)
459     set_smooth(cir_top)
460     cir_top.parent = mycolumn
461     cir_top.location.x = 0.0
462     cir_top.location.y = 0.0
463     cir_top.location.z = height - self.cir_top_z / 2

```

Рис. 3. Встроенный текстовый редактор ввода сценариев и макрокоманд, имеет функции подсветки синтаксиса

Опции консоли позволяют управлять техническими процессами внутри программы, ориентируясь на прорисовку деталей объекта и идентифицировать сложные элементы как символично-числовые значения. Blender® имеет также поддержку внешней программной среды Python™¹, что значительно упрощает внешнюю регистрацию сообщений, для последующей корректировки.

Внутренняя объектно-ориентированная структура 3D-редактора Blender® имеет встроенный текстовый ре-

дактор для ввода программных сценариев, который как и окно моделирования сочетается с внутренним регистратором событий².

Этот аспект позволяет расширить творческие горизонты 3D-проектировщика, за счёт гибкости настройки программного интерфейса и увеличить производительность выполняемых программой действий в не зависимости, на какой платформе она используется (Linux/Windows).

¹ Программирование Python™. Использование консоли позволяет упростить процедуры, связанные с выполнением рутинных действий при создании двухмерных и трёхмерных геометрических конструкций, за счёт автоматизации заданных оператором программы действий.

¹ Прикладное использование языка Python™ — регулируется (Python Software Foundation, PSF), 2-й версией лицензионного соглашения. Подробнее о лицензиях и юридически правильном использовании языка программирования Python™, можно узнать по адресу: <https://docs.python.org/3/license.html#psf-license-agreement-for-python-release> (дата обращения к источнику: 27 мая 2020 г.).

² Внутренний регистратор событий иерархически отображает вносимые пользователем изменения в область моделирования и в другие режимы перехода (Scripting, Compositing and Animation), а также в составные части программы (VideoEditing, GameLogic), увеличивая общий коэффициент полезного действия интерфейса программы и развивая у пользователя навыки объектно-ориентированного программирования. Таким образом, любое действие в рабочей области программы (в режиме скриптинга) учитывается регистратором и отображается описаниями на языке программирования Python™ в журнале событий, что даёт возможность точно настраивать параметры проекта и автоматизировать некоторые рутинные действия, применяемые при дизайн-проектировании.

```

bpy.ops.paint.vertex_paint_toggle()
bpy.context.scene.tool_settings.unified_paint_settings.use_unified_color = True
bpy.context.scene.frame_end = 251
bpy.context.space_data.context = 'OBJECT'
bpy.context.space_data.context = 'CONSTRAINT'
bpy.data.brushes["Draw"].vertex_tool = 'SUB'
bpy.context.space_data.pivot_point = 'CURSOR'
bpy.ops.paint.vertex_paint_toggle()
bpy.ops.sculpt.sculptmode_toggle()
bpy.context.area.type = 'TIMELINE'

```

Рис. 4. Окно регистратора событий ведущего журнал изменений в режиме скриптинга.

Эти опции будут полезны и для нас при создании различных примитивов¹ для титровально-презентационной графики канала. Процесс создания 2D и 3D-графики в таком случае будет состоять из трёх ключевых звеньев:

Звено *первое* — скульптинг. Звено подразумевает непосредственно разработку двумерных и трёхмерных геометрических моделей, состоящих из замкнутых и незамкнутых линий, работу с мешами и т.д. На этом уровне будет произведена зарисовка необходимых графических объектов с применением интерфейсно-ориентированных функций (виртуальные кисти, маркеры, ручка) с уточнением углов и привязок к линиям объекта посредством списочных функций через интерактивную консоль языка Python™.

Звено *второе* — зарисовка текстур. Звено подразумевает зарисовку необходимых текстур для заливки, созданных в процессе скульптинга двумерных и трёхмерных геометрических моделей. Язык Python™² здесь может пригодиться для повышения точности опорных точек разметки текстуры, либо для автоматической её генерации с учётом заданных числовых координат. Использование интерфейса прикладного программирования (Blender® — Python™ API) позволит решать некоторые задачи более гибко и быстро. Ещё один немаловажный аспект, который позволяет производить манипуляции над отображаемыми сторонами геометрического объекта, это разработка световых текстур, (т.е. прорисовка необходимых граней будущей конструкции световыми потоками).

Звено *третье* — цифровая композиция. Звено характеризует процесс сопоставления графических эле-

ментов, произведённых на предшествующих этапах с целью оставления единой композиции. Упор делается на симметричность конструкций, их сочетание между собой и образования абстракций для более эффективных и привлекающих внимание иллюстраций. Помощь языка Python™ здесь может пригодиться в процессе сбора статистики создаваемых геометрических конструкций.



Начиная с первого звена (скульптинга), определимся с параметрами программы. Blender® устойчиво поддерживает практически все функции по скульптингу и имеет специальный интерфейсный режим (sculpt mode — настройка скульптинга). Переключив интерфейс программы в данный режим, мы получаем серьёзный арсенал для скульптинга и прорисовки различных линий свода.

В программе Blender®³ имеется встроенная микробблиотека, представляющая собой меш-набор. В меш-набор традиционно входят стандартные геометрические конструкции — каркасы (окружность, цилиндр, куб и т.п.), на основе которых может быть выполнен скульптинг. Как правило (в прикладной компьютерной геометрии), как раз из простых объектов могут быть созданы сложные объекты. За трансформацию объектов в режиме скульптинга отвечает несколько разделов, в каждом из которых присутствуют контрольные опции. Это разделы: brush, texture, stroke, curve, symmetry/lock.

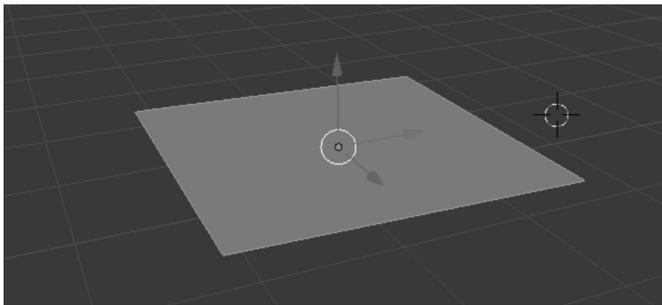
В первую очередь, нам необходим раздел brush. Раздел brush имеет встроенные контрольные опции: radius,

¹ Примитивы (в 3D-моделировании) это стандартные фигуры (блоки), являющиеся составными частями сложной 3D-модели. К примитивам также могут быть отнесены простые закрытые формы плоскости, кубы, пирамиды. Простые искривлённые формы сферы, цилиндры, конусы.

² Для более уверенной объектно-ориентированной работы и эффективной отладки скриптов необходимо установить соответствующую версию языка Python . Её можно загрузить с официального сайта: <https://www.python.org/>.

³ При манипуляции с геометрическими конструкциями автораму использовалась система компьютерного 3D-моделирования Blender , версия — 2.79.

strength, autosmooth, pinch. Radius отвечает за размер кисти (измеряется в пикселях). С его помощью мы и будем корректировать созданную нами плоскость. Strength отвечает за силу нажима кисти. Опция важна при равномерном распределении обтравочных линий (контурах) на различных геометрических конструкциях. Autosmooth применяется для создания эффекта мягкости, важна при переходах и сглаживании линий и углов конструкции. Pinch устанавливает уровень сжатия. Из меш-набора мы выбираем плоскость — простой двухмерный примитив для образования неправильного выпуклого пятиугольника.



Каждое действие при желании может устанавливать программные связи с Python™ Interactive Console и адресно фиксировать командные действия кодовыми строчками сопровождения. Например, при организации мешей строчка обращения к программе будет выглядеть так

```
bpy.ops.mesh.primitive_plane_add()
```

Если необходимо подкорректировать координаты плоскости (plane) — например, при её перемещении в пространстве то результирующие значения могут выглядеть так

```
bpy.ops.transform.translate (3.74875, 0.932508, -6.13008) value
                             при перемещении
                             (1.56413, 4.57289, 0.836503) value
```

Соответственно при выборе типа меша для использования в проекте сквозная привязка будет иметь следующий вид:

```
bpy.ops.mesh.primitive_+_add()
H=plane_cube_circle_uv_sphere_ico_sphere_cylinder_cone_torus_grid_monkey_.
```

Нижние индексы означают выбор потенциально используемого меша. Программа содержит восемь типов мешей:

- | | | | |
|----------|--------------|---------------|----------------|
| 1. Plane | 3. Circle | 5. Ico Sphere | 7. Cone Torus |
| 2. Cube | 4. Uv Sphere | 6. Cylinder | 8. Grid Monkey |

Каждый из них может быть использован 3D-проектировщиком по его усмотрению. Похожая история наблюдается и при выборе цифровых инструментов скульптинга. Каждая кисть отличается разновидностью и методом прорисовки, изменения объекта, адресная цепочка на языке программирования Python™, здесь будет следующей

Выбор, довольно внушительный, состоящий из двадцати настраиваемых образцов кистей, что вполне достаточно для реализации проектов повышенной сложности.

- | | | | | |
|----------------|------------|------------|--------------|------------|
| 1. Blob | 5. Draw | 9. Inflate | 13. Pinch | 17. Smooth |
| 2. Clay | 6. Fill | 10. Layer | 14. Rotate | 18. Shake |
| 3. Clay Strips | 7. Flatten | 11. Mask | 15. Scrape | 19. Hook |
| 4. Crease | 8. Grab | 12. Nudge | 16. Simplify | 20. Thumb |

Строчка начинается с обращения к модулю bpy (bpy.ops). Модуль bpy, как правило, содержит набор операторов для управления геометрическими объектами во внутренней системе 3D-моделирования. В рамках нашего исследования мы рассмотрим только основные модули (субмодули), затрагивающие процессы управления и манипулирования геометрией объектов. Поэтому на вводном этапе новые сцены можно создавать и упорядочивать через привязку bpy.data.scenes.new() [1]. Модуль обеспечивает объектно-ориентированное управление, процессами создания новых геометрических проекций, совмещая интерфейсно-ориентированное управление (перцепционный подход) с программным управлением (программный подход, с возможностью визуализации базовых фрагментов кода, необходимых для интерпретации дальнейших действий). Модуль является системообразующим звеном в программных связках языка Python™ и открывает дополнительные возможности по манипулированию сложными трёхмерными объектами, включая текстуру, контуры и рельеф [2].

Модуль bpy также оказывает влияние и на саму интерфейсную систему программы. Он может изменять традиционную схему представления объектов, регулировать и настраивать под предпочтения пользователя разделы просмотра и изменять параметры вывода графического содержимого из программы. В роли основных манипуляторов объектами выступают два класса (bpy.ops.object/bpy.ops.mesh). Класс object отвечает за основные функции по одновременному управлению несколькими wybranными объектами и позволяет производить селекторное редактирование трёхмерных изображений. Класс mesh включает функции для одновременного управления вершинами, рёбрами и гранями объектов, преимущественно в режиме Edit Mode. Модуль bpy.context используется для доступа к объектам и областям

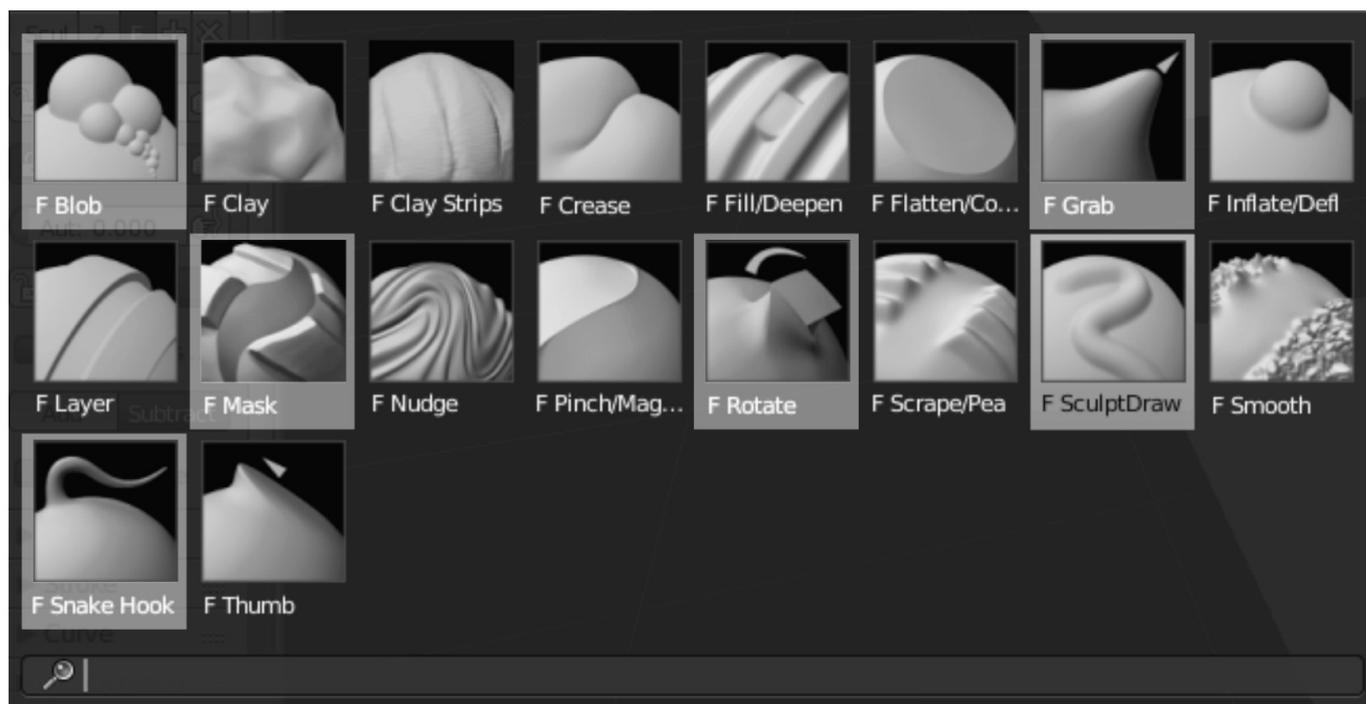


Рис. 5 Меню выбора кистей среды трёхмерного моделирования Blender®, опционально выделены кисти, которые применялись в проекте

программы Blender® по различным статусным критериям.

Главной функцией данного модуля является предоставление разработчикам Python™ средств доступа к текущим данным, с которыми работает пользователь программы. К примеру, если мы создаём и настраиваем кнопку, которая потенциально меняет порядок всех выбранных объектов, то это даёт возможность пользователю отбирать объекты на своё усмотрение, а затем переставить эти объекты в `bpy.context.select_objects`. Небольшой пример использования модуля (внутри архитектуры Blender® — субмодуля) для установки линзы

```
bpy.context.space_data.lens = 34.9 ...|34.5|...
```

При манипуляции с изображениями и сценами зачастую приходится использовать `bpy.context.scene` особенно, когда необходимо создать надстройки в силу обязательной загрузки определённых объектов в Blender®. Можно также использовать `bpy.context` для доступа к объектам, которые находятся в активном состоянии при переключении между режимами Object Mode — Edit Mode. В режиме проектирования `bpy.context` может также использоваться для приёма данных от (опций) карандаша. Модуль `bpy.data` служит проводником для доступа к внутренним данным программы Blender®.

Класс `bpy.data.objects` содержит все необходимые данные для определения формы и положения объекта. Если предыдущий субмодуль `bpy.context` хорошо подходит для выделения группы объектов, то имеется в виду, что классы `bpy.context` будут генерировать ссылки на блоки данных `bpy.data`-класса. Модуль `bpy.app` (`bpy.app.handlers`) субмодуль `handlers` содержит специальные функции для запуска полного цикла пользовательских функций в ответ на процессы в программе Blender®. Наиболее активно используется дескриптор смены кадров, который выполняет predetermined оператором функцию каждый раз, когда обновляется экран просмотра трёхмерных изображений (после смены кадра). Здесь стоит упомянуть, что язык программирования Python™ располагает большим арсеналом прикладных средств, направленных на визуализацию различных мультимедийных данных. Код языка Python™ может оптимизироваться в соответствии с поставленными задачами в рамках компьютерной геометрии и топологии геометрических объектов [3].

В режиме скульптинга опционально выбираем кисти, пригодные для нашего проекта¹

¹ Большинство действий в интерфейсно-ориентированном режиме можно выполнять вручную, арсенал традиционных средств моделирования позволяет выполнять даже очень сложные графические проекты, однако когда у проекта присутствует определённая специфика (настройка эффектов,

Это (F) Blob, (F) Grab, F Mask, (F) Rotate, (F) Sculpt Draw, (F) Snake Hook. Каждая из кистей имеет стандартные уровни подстройки (Radius of the brush) — устанавливает радиус кисти-щётки для определения масштаба сдвига, в выражении Python™ имеет следующий вид:

```
UnifiedPaintSettings.size
bpy.data.scenes["Scene"]. tool_settings.unified_paint_settings.size
```

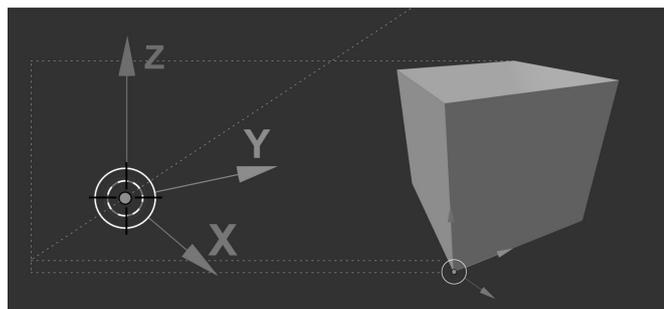
(How powerful the effect of the brush is when applied) — определяет насколько силен эффект при использовании кисти. Фактически уровень нажима кисти отвечает за степень прорисовки шага при пропорциональном изменении геометрической проекции. На языке Python™ выражается следующими строчками:

```
Brush.strength
bpy.data.brushes [«Blob»].strength
```

(Amount of smoothing to automatically apply to each stroke) — масштаб сглаживания автоматически применённый к каждому нажатию. Автоматически корректирует размер сглаживания, применяемый при нажатии кисти. На языке Python™ определяется:

```
Brush.auto_smooth_factor
bpy.data.brushes ["Blob"]. auto_smooth_factor
```

Для формирования проекции предусмотрен режим (Sculpt Plane), который позволяет визуально представлять проекцию по координатам.



Z-Plane — проектирование по оси «Z». Y-Plane — проектирование по оси «Y». X-Plane — проектирование по оси «X». View Plane — показывает конечный результат проекции. Area Plane — область проекции.

(How much the crease brush pinches) — регулирует насколько сильно растут изломы кисти. Устанавливает

определение количества слоёв, необходимых для повторения оригинального эффекта, не предусмотренного программой) становится очевидным, что гибкая настройка инструментария это единственный выход, особенно когда она опирается на высокоуровневое объектно-ориентированное программирование.

уровень излома кисти при нажатии на объект. Данный модуль также применим при уменьшении поверхности граф, лежащих в одной плоскости. Манипуляции по использованию компланарных вершин для уменьшения поверхности граф хорошо описаны в книге Криса Конлана (Chris Conlan), которая посвящена Python™ API в Blender® [4]. Языком Python™ предусмотрена следующая корректировка:

```
Brush.crease_pinch_factor
bpy.data.brushes ["Blob"]. crease_pinch_factor
```

(Brush only affects vertexes that face the viewer) — кисть воздействует на вершины только при прямом визуальном контакте. Опция полезна для масштабирования вершин на экранах разного типа (16:9 и 4:3). Выражения на Python™ в следующем виде:

```
Brush.use_frontface
bpy.data.brushes [«Blob»].use_frontface
```

(Add effect of brush) — добавление эффекта кисти. На Python™ выглядит так:

```
Brush.direction
bpy.data.brushes ["Blob"].direction
```

(Subtract effect of brush) — эффект вычитания кисти. На Python™ выражается так:

```
Brush.direction
bpy.data.brushes ["Blob"].direction
```

(Accumulate stroke daubs on top of each other) — последовательное накопление следа штриха. На Python™ выражается так:

```
Brush.use_accumulate
bpy.data.brushes ["Blob"].use_accumulate
```

Итак мы разобрались с инструментарием, необходимым для нашего проекта, с помощью которого создавались геометрические зарисовки, теперь необходимо определить его цветовые позиции и позиции групп оттеночных переходов, их можно представить в виде палитры цветов и градиентных переходов:

Можно также залить проект стандартными штатными текстурами, Blender® имеет достаточное их количество и гибкую настройку:

Прорисовка процедурными текстурами имеет свои нюансы в зависимости от сложности объекта. Например, бывает, что объект имеет сложную форму, определённое количество граней и т.д. Его можно заливать

Таблица 1. Числовые параметры распределения цветов (основные цвета) и точки их перехода, используемые в проекте.

Основные цвета	Средние оттенки	Производные оттенки
R #FF0E00 (255,14,0)	#EB4E0E (235,78,14)	#B5ADAA (181,173,170)
G #00FB38 (0,251,56)	#EE5D15 (238,93,21)	#FFD9C1 (C1D9FF)
B #001AF9(0,26,249)	#E7410D (231,65,13)	#EA4C0D (234,76,13)
	Цвет в точках перехода	Цвет в точках перехода
	#FFFFFF (255,255,255)	#FFFFFF (255,255,255)

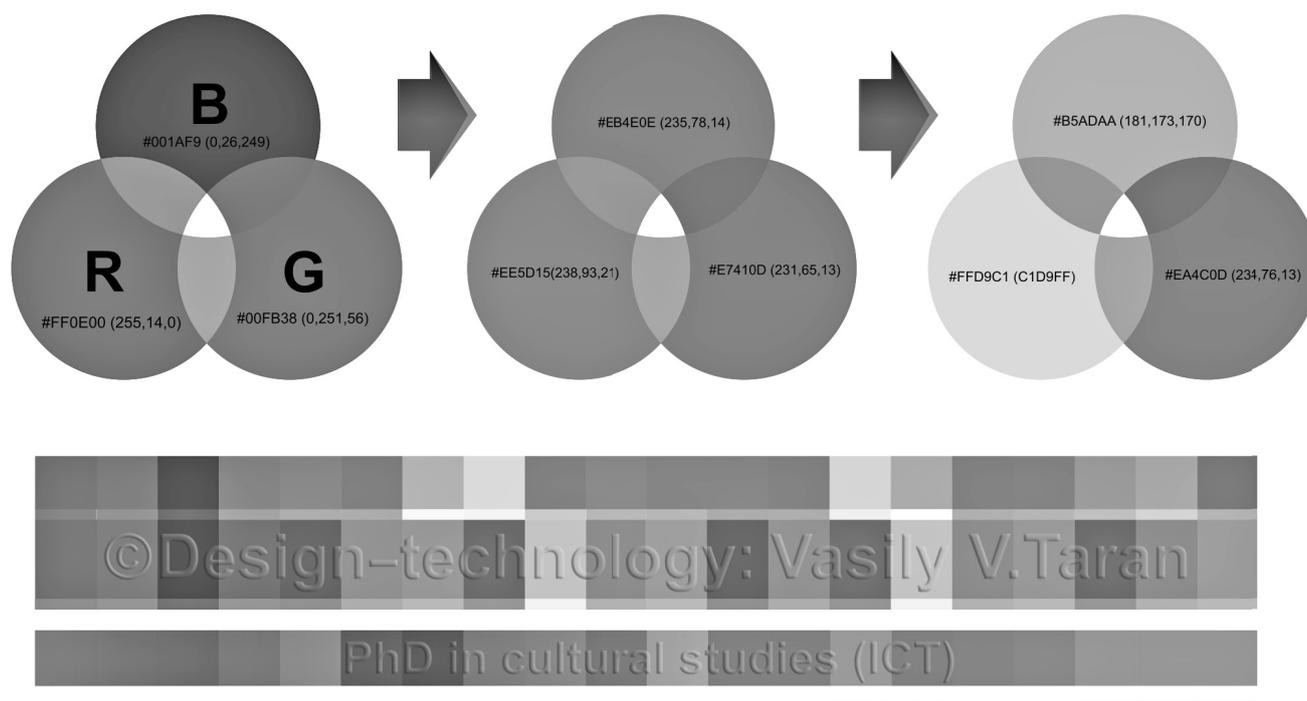


Рис. 6 Цветовая модель, отображающая используемые в проекте производные оттенки от палитры RGB.

целиком текстурой, и он впишется в композицию, другой вопрос, когда имеется необходимость регулировать каждую из частей объекта по отдельности, либо проецировать *двумерное изображение на трёхмерную модель*. Для этого предусмотрена технология UV-mapping¹

¹ Прим. автора. (Таран В. В.) В русскоязычной научной литературе UV-преобразование либо развёртка в трёхмерной графике. UV-преобразование это процесс трёхмерного моделирования, связанный с проецированием двумерного изображения на поверхность трёхмерной модели для отображения текстуры. Буквы «U», «V» — обозначают оси двумерной текстуры, поскольку оси «X», «Y», «Z» — уже используются для обозначения осей трёхмерного объекта в пространстве модели, в то время как W в дополнении «XYZ» — используется при вычислении вращения кватернионов, что является обычной операцией в компьютерной графике. Кватернионы (по четыре), система гиперкомплексных чисел, образующая векторное пространство размерностью четыре над полем вещественных чисел. Обычно обозначается символом H, разработана У.Р. Гамильтоном (William Rowan

«U» — «V» картографирование, развёртка), процедура его настройки и применения хорошо изложена в книге Алана Брито (Allan Brito) «Невероятные машины». В книге на примере конкретных чертежей трёхмерных конструкций показаны основные опции по моделированию, отрисовке и анимации реалистичных машин с использованием программы трёхмерного моделирования Blender® [5].

Hamilton). В математике кватернионы — система чисел, которая расширяет комплексные (мнимые) числа. Они впервые применены У.Р. Гамильтоном (William Rowan Hamilton) в 1843 году к механике в трёхмерном пространстве. Особенностью кватернионов является то, что умножение двух кватернионов не коммутативно. Гамильтон определил кватернион, как *частное* от двух *направленных прямых* в *трёхмерном пространстве*, или что эквивалентно частному от двух векторов.

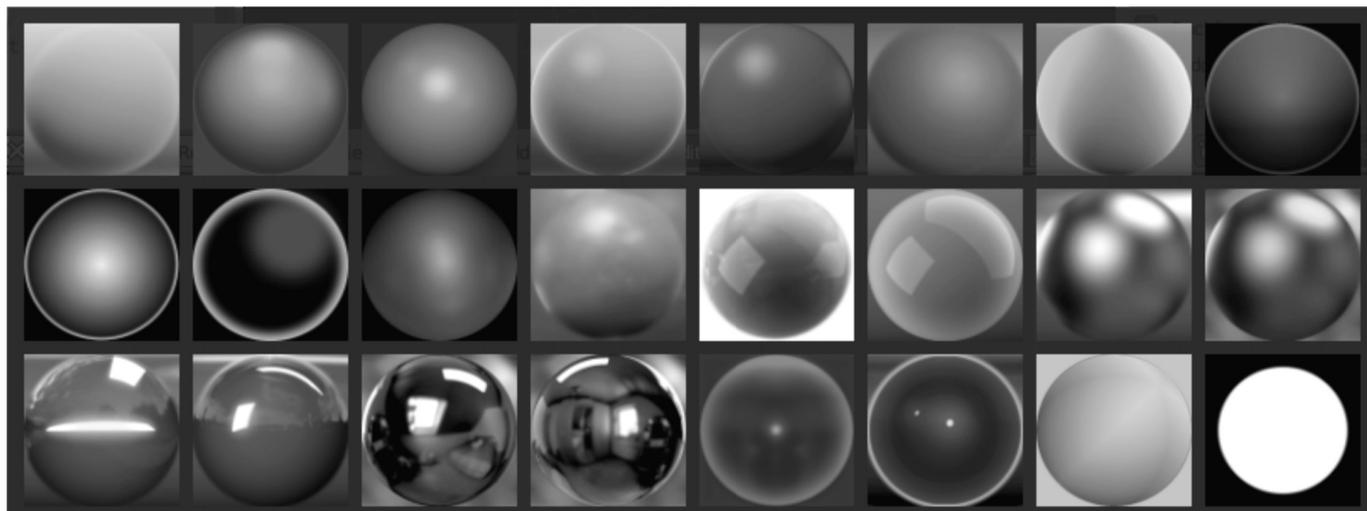
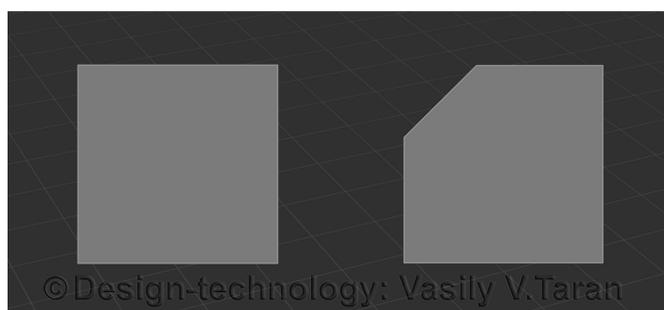


Рис. 7. Набор Внутренних текстур для заливки в программе Blender®

Далее (переходим в режим двухмерного редактирования) меняем положение плоскости на вертикальное и выставляем монтажные опорные точки конструкции таким образом, чтобы создать имитацию скоса¹ в левом верхнем углу плоскости. Из четырёхугольной плоскости получается пятиугольник.



Определяемся с группами слоёв (Group of layers), которые будут играть важную роль при ротации геометрической конструкции и при выполнении анимации будут скрывать в зависимости от перспективы внешнее и внутренне отражение некоторых углов. Схематично с процедурами анимации различных геометрических конструкций можно ознакомиться в книге Гордона Фишера (Gordon C. Fisher) под названием «Blender 3D Basics Beginner's Guide», несмотря на то, что книга написана для начинающих пользователей, автору удалось схематично показать основные аспекты анимации [6]. Здесь есть одно важное условие, что при переменности световых потоков и во время скрытия слоёв будет про-

¹ Имитация скоса на плоскости подразумевает создание пограничных точек пересечения с учётом будущего вращения объекта, который будет носить объёмный характер. То есть, эти точки будут видны только в двухмерной проекции, а в трёхмерной они будут скрыты.

исходить экструзия их обтравочного контура². На плоскости те же слои будут скрыты (Значение LPS — Layers subject to hiding). Для более эффективного построения минискриптов³ (создания классов) и оптимизации кода в целом можно использовать метаклассы [7]. Всего таких слоёв в первом случае будет 11 (L11) а во втором случае будет 12 (L12). В первом случае слои будут отвечать за внутреннее отражение перспективы (ER — External Reflexion), во втором случае слои будут отвечать за внешнее отражение перспективы (IR — Internal Reflexion). Визуально схема распределения и распространения световых потоков представлена на рисунках 12,13,14,15. Для начала представим объекты перспективы (двухмерного пространства) как простые списоч-

² Экструзия обтравочного контура здесь необходима для создания эффекта гладкости и скольжения ротируемого объекта. Если этот объект будет потенциально использоваться в видеозаставках на телевидении или же просто в титровой графике, то существует возможность импортирования этого объекта в другие программы 3D-проектирования, к примеру, в Autodesk 3ds Max (3Ds Studio MAX) или Maxon 4D CINEMA с последующим рендерингом в Maxon Redshift. И повторный экспорт графического объекта (в зависимости от типа рендеринга) может привести к изменению контурных линий, что скажется на не совсем корректном отображении объекта. Экструзия обтравочного контура служит своего рода страховочной маской особенно, если объект будет находиться в движении. Экструзия не позволит сужать линии до критического порога, и будет постоянно выдавливать обтравочные контуры наружу, после чего будет происходить плавное попеременное скрытие слоёв.

³ **Прим. автора** (Таран В. В.) В книге Сунила Капила (Sunil Kapil) Clean Python: Elegant Coding in Python (Чистый Питон: Элегантное кодирование в Питоне) в главе 4-й «Работа с модулями и метаклассами» (Working with Modules and Metaclasses), довольно подробно рассмотрены схемы создания метаклассов см. стр.123–137. Некоторые примеры (листинги программ) к данной книге опубликованы по адресу: <https://github.com/Apress/clean-python> (дата обращения к источнику: 27 мая 2020 г.). Конкретно по главе 4, по адресу: <https://github.com/Apress/clean-python/tree/master/chapter04> (дата обращения к источнику: 27 мая 2020 г.).

$$['A', 'B', 'C', 'D'] = \text{Plane}$$

$$['A', 'B', 'C', 'D', 'E'] = \text{irregular pentagon}$$

$$P_{ER} = L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6, L_7, L_8, L_9, L_{10}, L_{11} \xrightarrow[\text{LSH}]{L=L_{11}} ['A', 'B', 'C', 'D'];$$

$$P_{IR} = L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6, L_7, L_8, L_9, L_{10}, L_{11}, L_{12} \xrightarrow[\text{LSH}]{L=L_{12}} ['A', 'B', 'C', 'D'];$$

$$ip_{ER} = L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6, L_7, L_8, L_9, L_{10}, L_{11} \xrightarrow[\text{LSH}]{L=L_{11}} ['A', 'B', 'C', 'D', 'E'];$$

$$ip_{IR} = L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6, L_7, L_8, L_9, L_{10}, L_{11}, L_{12} \xrightarrow[\text{LSH}]{L=L_{12}} ['A', 'B', 'C', 'D', 'E'];$$

Формула 1

$\frac{\text{Plane} = (AD + B + C)}{1}$	$\frac{\text{Plane} = (AD + BC)}{0,5}$	$\frac{\text{Plane} = (A + D + B + C)}{1}$	$\frac{\text{Plane} = (ADB + C)}{1}$
$\frac{\text{Plane} = (CD + B + A)}{0,5}$	$\frac{\text{Plane} = (CD + BA)}{3,5}$	$\frac{\text{Plane} = (C + D + B + A)}{0,5}$	$\frac{\text{Plane} = (CDB + A)}{0,5}$
$\frac{\text{Plane} = (BD + A + C)}{3,5}$	$\frac{\text{Plane} = (BD + AC)}{3,5}$	$\frac{\text{Plane} = (B + D + A + C)}{1}$	$\frac{\text{Plane} = (BDA + C)}{3,5}$
$\frac{\text{Plane} = (BD + C + A)}{5}$	$\frac{\text{Plane} = (BD + CA)}{1}$	$\frac{\text{Plane} = (B + D + C + A)}{0,5}$	$\frac{\text{Plane} = (BDC + A)}{5}$

Формула 2

ные конструкции¹ для упорядочивания объектов (формула 1).

Когда углы упорядочены, настраиваем слои отражения и устанавливаем геометрию распределения — обёртывания² и отрисовки³ слоями граней и углов проекции

¹ Списочные конструкции показывают последовательность выполняемых действий, в нашем случае это распределение слоёв по степени их пограничной прозрачности (т.е. та прозрачность, которая будет возникать, когда на основе плоскости (неправильного пятиугольника) будет построена объёмная проекция. Последовательность на языке Python обуславливается кавычками как двухпарными, так и одинарными, которые могут чередоваться попеременно. Фактически кавычки — это разделитель последовательности.

² Обёртывание слоями (Repeated layer wrapping) — важная процедура, которая позволяет превратить трёхмерный сложный геометрический объект в обтекаемую форму, скрывающую грани углов при вращении по часовой и против часовой стрелок. В формулах сокращённо употребляется аббревиатура (RLW).

³ Отрисовка слоями (Re-drawing of layers) — это техническая процедура, подразумевающая фрагментарную контурную отрисовку граней трёхмерного объекта (по заданной точками траектории) в момент его вращения. Фактически это изначально заложенная карта контуров, по которым прорисовывается каркас трёхмерного объекта.

в перспективах. Отражение имеет важное значение при перераспределении световых потоков, которые создают псевдоэкструзию обтравочного контура. Внутренне отражение слоёв (обычной плоскости)⁴ может иметь следующий вид (формула 2).

Здесь распределены световые потоки, проходящие по сторонам плоскости, имеющие четырёхступенчатый проход, индексы — {0,5/1/3,5/5} устанавливают степень псевдопрозрачности для плавных переходов световых потоков друг к другу. Фактически получается световое обёртывание и отрисовка слоями граней и углов проекции в перспективах.

В первом случае (схематично) значения переходов будут выглядеть следующим образом (формула 3).

Во втором случае (формула 4).

⁴ Плоскость используется для отражения трассированных лучей и при определённых координатах образует псевдоперспективу неправильного пятиугольника.

$$L_1 L_2 L_3 L_4 \left[\begin{array}{c} ['AD', 'B', 'C,'] \\ [01, 02, 03, 04, 05] \\ 05, 04, 03, 02, 01 \end{array} \right] \rightarrow^* \begin{array}{c} ['+', '-', '+', '+'] \\ L_5 L_6 L_7 \end{array} \text{Return } t = 05, 04, 03, 02, 01 ; L_8 L_9 L_{10} L_{11} L_{12}$$

$$\text{Plane} = \begin{array}{c} \angle A, B, C, D \\ CB + BD \rightarrow B \rightarrow A \\ (\text{Reflexion} = 1, 2 + 2, 1 (L_g, L_g)) \end{array}$$

$$['AD', 'B', 'C,'] + ['CD', 'B', 'A'] + ['BD', 'A', 'C'] + ['BD', 'C', 'A']$$

Формула 3

$$L_1 L_2 L_3 L_4 \left[\begin{array}{c} ['AD', 'B', 'C,'] \\ [01, 02, 03, 04, 05] \\ 05, 04, 03, 02, 01 \end{array} \right] \rightarrow^* \begin{array}{c} ['+', '-', '+', '+'] \\ L_5 L_6 L_7 \end{array} \text{Return } t = 05, 04, 03, 02, 01 ; L_8 L_9 L_{10} L_{11} L_{12}$$

$$\text{Plane} = \begin{array}{c} \angle A, B, C, D \\ CD + DA \rightarrow A \rightarrow B \\ (\text{Reflexion} = 1, 2 + 2, 1 (L_g, L_g)) \end{array}$$

$$['AD', 'BC'] + ['CD', 'BA'] + ['BD', 'AC'] + ['BD', 'CA']$$

Формула 4

$$L_1 L_2 L_3 L_4 \left[\begin{array}{c} ['AD', 'B', 'C,'] \\ [01, 02, 03, 04, 05] \\ 05, 04, 03, 02, 01 \end{array} \right] \rightarrow^* \begin{array}{c} ['+', '-', '+', '+'] \\ L_5 L_6 L_7 \end{array} \text{Return } t = 05, 04, 03, 02, 01 ; L_8 L_9 L_{10} L_{11} L_{12}$$

$$\text{Plane} = \begin{array}{c} \angle A, B, C, D \\ CA + AB \rightarrow D \rightarrow B \\ (\text{Reflexion} = 1, 2 + 2, 1 (L_g, L_g)) \end{array}$$

$$['A', 'D', 'B', 'C,'] + ['C', 'D', 'B', 'A'] + ['B', 'D', 'A', 'C'] + ['B', 'D', 'C', 'A']$$

Формула 5

В третьем случае (формула 5).

В четвёртом случае (формула 6).

Каждый из перечисленных случаев фрагмента светового перехода показывает изменения обтравочных контуров геометрической конструкции, как видно из четырёх формульных схем, ряды списочных значений меняются соответственно распределению световых потоков. Поскольку из плоскости при её ротации мы получаем не-

правильный пятиугольник, то внутренняя схема отображения светов будет выглядеть следующим образом

Пример № 1 (рис. 8).

AD — находится в позиции вектора D¹, позиция вектора A — соответствует AD = d — a (формула 7).

¹ Позиционность векторов можно менять, а также увеличивать (либо уменьшать) в зависимости от граней и углов обёртывания конструкции,

$$L_1 L_2 L_3 L_4 \left[\begin{array}{c} [AD', 'B', 'C'] \\ [01, 02, 03, 04, 05] \\ 05, 04, 03, 02, 01 \end{array} \right] \xrightarrow{L_5 L_6 L_7} \begin{array}{c} [+, '-', '+'] \\ \text{Return } t=05, 04, 03, 02, 01 \end{array} ; L_8 L_9 L_{10} L_{11} L_{12}$$

$$\text{Plane} = \underset{\substack{\angle A, B, C, D \\ (\text{Reflexion}=2, 1+1, 2 (L_8, L_9)}}{DC + BD \rightarrow D \rightarrow A}$$

$$['ADB', 'C'] + ['CDB', 'A'] + ['BDA', 'C'] + ['BDC', 'A']$$

$$A = \begin{bmatrix} a_7 & \dots & a_{1s} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{p1} & \dots & a_{sp} \end{bmatrix}, D = \begin{bmatrix} d_7 & \dots & d_{1s} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{p1} & \dots & d_{sp} \end{bmatrix}$$

$$A + D = \begin{bmatrix} a_7 + d_7 & \dots & a_{1s} + d_{1s} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{p1} + d_{p1} & \dots & a_{sp} + d_{sp} \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} a_7 & \dots & a_{1s} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{p1} & \dots & a_{sp} \end{bmatrix}, D = \begin{bmatrix} d_7 & \dots & d_{1s} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{p1} & \dots & d_{sp} \end{bmatrix}, A + D = \begin{bmatrix} a_7 + d_7 & \dots & a_{1s} + d_{1s} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{p1} + d_{p1} & \dots & a_{sp} + d_{sp} \end{bmatrix}$$

Формула 6

$$AC = c - a$$

$$AD \times AC = (d - a) \times (c - a)$$

$$= d \times c - d \times a - a \times c + a \times a \quad (\because a \times a = 0)$$

$$= a \times d + d \times c + c \times a$$

$$\Rightarrow = \frac{1}{2} |a \times d + d \times c + c \times a| = 0$$

$$\text{Следовательно площадь } \Delta ADC = \frac{1}{2} |AD \times AC|$$

$$\Rightarrow = \frac{1}{2} |a \times d + d \times c + c \times a| = 0$$

$$\Rightarrow = |a \times d + d \times c + c \times a|$$

$$\Rightarrow = a \times d + d \times c + c \times a$$

Формула 7

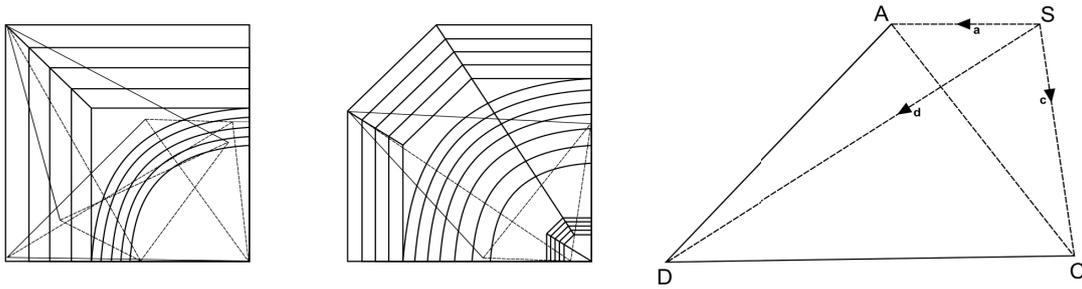


Рис. 8. Геометрия распределения и обёртывания слоями пограничных зон внутри конструкции.

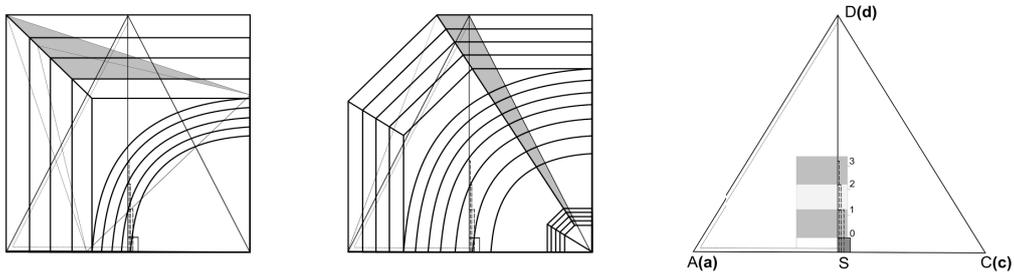


Рис. 9 Геометрия распределения и обёртывания слоями пограничных зон фронтальных частей конструкции.

$$\begin{aligned} \therefore \frac{1}{2}|AC||DS| &= \frac{1}{2}|a \times b + b \times c + c \times a| \\ \Rightarrow DS &= \frac{|a \times c + c \times d + d \times a|}{|c - a|} \end{aligned}$$

$$['AC', 'C', 'B', 'E'] + ['DB', 'B', 'A', 'E'] + ['BE', 'D', 'C', 'A'] + ['DE', 'B', 'A', 'C'] + ['BC', 'A', 'E', 'D']$$

$\frac{ip = (AC + C + B + E)}{1}$	$\frac{ip = (CB + AC + B)}{1}$	$\frac{ip / RLW = (C + B + A + C + B)}{1}$	$\frac{ip = (CBA + C + E)}{1}$
$\frac{ip = (DB + B + A + E)}{0,5}$	$\frac{ip = (BA + AE + A)}{0,5}$	$\frac{ip / RLW = (B + A + A + E + A)}{0,5}$	$\frac{ip = (AEC + D + A)}{0,5}$
$\frac{ip = (BE + D + C + A)}{3,5}$	$\frac{ip = (BD + DC + A)}{3,5}$	$\frac{ip / RLW = (B + D + D + C + A)}{3,5}$	$\frac{ip = (BDE + A + D)}{3,5}$
$\frac{ip = (DE + B + A + C)}{5}$	$\frac{ip = (BE + BC + D)}{5}$	$\frac{ip / RLW = (B + E + B + C + D)}{5}$	$\frac{ip = (ECA + A + B)}{5}$
$\frac{ip = (BC + A + E + D)}{0,1}$	$\frac{ip = (CA + BD + E)}{0,1}$	$\frac{ip / RLW = (C + A + B + D + E)}{0,1}$	$\frac{ip = (CAE + D + E)}{0,1}$

Формула 9

$$L_1L_2L_3L_4 \left[\begin{array}{c} [AC', 'C', 'B', 'E'] \\ [01, 02, 03, 04, 05] \\ 05, 04, 03, 02, 01 \end{array} \right] \xrightarrow{L_5L_6L_7} \begin{array}{c} [+, '+, '+, '+] \\ \text{Return } t=05,04,03,02,01 \end{array} ; L_8L_9L_{10}L_{11}L_{12}$$

$$ip = \begin{array}{c} \triangleleft A, B, C, D, E \\ AC + DB \rightarrow B \rightarrow E \\ (\text{Reflexion}=1,2+2,1(L_{10}, L_{11})) \end{array}$$

$$[AC', 'C', 'B', 'E'] + [DB', 'B', 'A', 'E'] + [BE', 'D', 'C', 'A'] + [DE', 'B', 'A', 'C'] + [BC', 'A', 'E', 'D']$$

Формула 10

$$L_1L_2L_3L_4 \left[\begin{array}{c} [AC', 'C', 'B', 'E'] \\ [01, 02, 03, 04, 05] \\ 05, 04, 03, 02, 01 \end{array} \right] \xrightarrow{L_5L_6L_7} \begin{array}{c} [+, '+, '+, '+] \\ \text{Return } t=05,04,03,02,01 \end{array} ; L_8L_9L_{10}L_{11}L_{12}$$

$$ip = \begin{array}{c} \triangleleft A, B, C, D, E \\ CB + BA \rightarrow B \rightarrow A \\ (\text{Reflexion}=1,2+2,1(L_{10}, L_{11})) \end{array}$$

$$[CB', 'AC', 'B'] + [BA', 'AE', 'A'] + [BD', 'DC', 'A'] + [BE', 'BC', 'D'] + [CA', 'BD', 'E']$$

Формула 11

$$L_1L_2L_3L_4 \left[\begin{array}{c} [AC', 'C', 'B', 'E'] \\ [01, 02, 03, 04, 05] \\ 05, 04, 03, 02, 01 \end{array} \right] \xrightarrow{L_5L_6L_7} \begin{array}{c} [+, '+, '+, '+] \\ \text{Return } t=05,04,03,02,01 \end{array} ; L_8L_9L_{10}L_{11}L_{12}$$

$$ip = \begin{array}{c} \triangleleft A, B, C, D, E \\ CB + AE \rightarrow D \rightarrow A \\ (\text{Reflexion}=1,2+2,1(L_{10}, L_{11})) \end{array}$$

$$[CBA', 'C', 'E'] + [AEC', 'D', 'A'] + [BDE', 'A', 'D'] + [ECA', 'A', 'B'] + [CAE', 'D', 'E']$$

Формула 12

При условии, что точки A, D, C — коллинеарны, соответственно сектор межевания A, D, C = 0.

Перпендикулярное расстояние d от присоединения к точкам a и c

$$\frac{|a \times d + d \times a + a \times c|}{|c - a|}$$

Пусть ABC будут треугольником, пусть a, b, c будут позицией его вершин A, B, C и пусть CM лежат перпендикулярно C на AB. Когда площадь:

$$\Delta ACD = \frac{1}{2}(AC) \cdot (DS) = \frac{1}{2}|AC||DS|$$

$$\Delta ABC = \frac{1}{2}|a \times c + c \times d + d \times a|$$

Пример№ 2 (рис. 9, формула 9).

Здесь, в первом случае (формула 10).

Во втором случае (формула 11).

В третьем случае (формула 12).

$$L_1 L_2 L_3 L_4 \left[\begin{array}{c} [AC, 'C', 'B', 'E'] \\ [01, 02, 03, 04, 05] \\ 05, 04, 03, 02, 01 \end{array} \right] \rightarrow^* L_5 L_6 L_7^* ; L_8 L_9 L_{10} L_{11} L_{12}$$

Return t=05,04,03,02,01

ip / RLW = $\overset{\angle A, B, C, D, E}{CB + AE} \rightarrow D \rightarrow A$
(Reflexion=1,2+2,1 (L₁₀, L₁₁ ↔ L₁₂))

$$[C', 'B', 'A', 'C', 'B'] + [B', 'A', 'A', 'E', 'A'] + [B', 'D', 'D', 'C', 'A'] + [B', 'E', 'B', 'C', 'D'] + [C', 'A', 'B', 'D', 'E']$$

$$\text{Plane} = (AC + AD + AE) + CB + BD + EB)$$

Reflexion=1,2+2,1 (L₈+L₉)

$$= (AC + CB) + (AD + DB) + (AE + EB)$$

Reflexion=2,1+1,2 (L₇+L₉)

$$= AB + \underset{R=2,1(L_5)}{AB} + AB = 3AB$$

$$AB = DB + AC = \frac{1}{5} a + 3f$$

Формула 13

$$L_1 = A+B+C \quad L_3 = B+C+D \quad L_5 = B+E+D \quad L_7 = A+E+D \quad L_9 = A+D+B$$

[LDA CL] [LDA CL] [LDA CL] [LDA CL] [LDA CL]

$$L_2 = A+C+D \quad L_4 = B+C+D \quad L_6 = C+D+E \quad L_8 = A+C+B \quad L_{10} = D+E+A$$

[LDA CL] [LDA CL] [LDA CL] [LDA CL] [LDA CL]

$$L_{11} = \text{LIGHT } [A+B+C+A+C+D+B+C+D+B+C+D+B+E$$

+D+C+D+E+A+E+D+A+C+B+A+D+B+D+E+A]

[LDA CL]

$$| \text{Smooth_flow}(S) | = \left| -\frac{1}{8}n \right| = \frac{1}{8} | p | \Rightarrow | c | > | a | \xrightarrow{\quad} \left| \frac{AB}{ED} + \frac{CA}{CD} \right|$$

Формула 14

В четвёртом случае (формула 13)

После определения соотношения слоёв перейдём к распределению света вдоль линии обтравки. Слои обтравочного контура обозначаются как LDA CL (Light distribution along the clipping line) и необходимы для более гладкой световой прорисовки границ вращения проекции (формула 14).

При расширении (ext) объекта конструкции по направлениям светового потока так, чтобы вершины избежали выхода за критический обтравочный слой края (радиус окружности края, при этом R=95), можно задать дополнительные расширения (формула 15).

Гладкая световая прорисовка¹ позволяет смягчить контуры ротируемых сторон объекта, при этом равномерно распределяя световые потоки. При рендеренге все контуры ротируемых слоёв должны просматриваться и иметь ширину 0,5 (формула 16).

Встраиваемый фрагмент кода (после описанных выше действий) будет выглядеть так (формула 17).

¹ При необходимости настройки световых потоков в соответствии с координатами RGB (может пригодиться при композиционном видеомонтаже) ввод данных в сценарий может осуществляться через: r_... = ...[r_...], g_... = ...[g_...], b_... = ...[b_...]. Например, для введения зелёного свечения и производных от него оттенков значение примет следующий вид g_set = ips [g_set].

$$L_1 = \frac{A+B+C}{4.40439, 11.4668, 1.21199} \quad [LDA\text{CL}]$$

$$L_2 = \frac{A+C+D}{-7.69592, -16.348, 0.874572} \quad [LDA\text{CL}]$$

$$L_3 = \frac{B+C+D}{4.08646, 5.06537, -3.39744} \quad [LDA\text{CL}]$$

$$L_4 = \frac{B+C+D}{3.5508, 7.72708, -0.253974} \quad [LDA\text{CL}]$$

$$L_5 = \frac{B+E+D}{-0.485498, 0.889475, 1.61357} \quad [LDA\text{CL}]$$

$$L_6 = \frac{C+D+E}{-0.939774, -2.51842, -0.31694} \quad [LDA\text{CL}]$$

$$L_7 = \frac{A+E+D}{-0.264682, -0.295853, 0.246158} \quad [LDA\text{CL}]$$

$$L_8 = \frac{A+C+B}{-0.533492, -1.27225, -0.052202} \quad [LDA\text{CL}]$$

$$L_9 = \frac{A+D+B}{2.08609, 0.82976, -3.15903} \quad [LDA\text{CL}]$$

$$L_{10} = \frac{D+E+A}{-2.07469, -3.54453, 0.935606} \quad [LDA\text{CL}]$$

LIGHT

$$\frac{[A+B+C+A+C+D+B+C+D+B+C+D+B+E]}{[LDA\text{CL}]}$$

$$B+C+A+C+D \rightarrow \begin{matrix} \mathbf{D, B, C, D} \\ \downarrow \downarrow \downarrow \downarrow \\ \begin{matrix} -1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ (-1, -1), (-1, 1), (1, -1), (1, 1), (1, 0) \\ (1, -0), (-0, 1), (0, -1), (1, 1), (0, 1) \end{matrix} \end{matrix}$$

$$L_{11} = \frac{= 0,1,2,3,4,5...}{+D+C+D+E+A+E+D+A+C+B+A+D+B+D+E+A} \quad [LDA\text{CL}] \quad [r = .95]$$

Формула 15

$$[LDA\text{CL}] = \frac{\text{bpy.context.scene.render.resolution}_x = 1920}{\text{bpy.context.scene.render.resolution}_y = 1080} \frac{[A+B+C+A+C+D+B+C+D+B+C+D+B+E+D+C+D+E+A+E+D+A+C+B+A+D+B+D+E+A]}{[A+B+C+A+C+D+B+C+D+B+C+D+B+E+D+C+D+E+A+E+D+A+C+B+A+D+B+D+E+A]}$$

Формула 16

После небольшой автоматизации некоторых рутинных действий следует приступить к прорисовке текстового содержания на неправильном выпуклом пятиугольнике. Здесь устанавливаем координатные значения внутренней обтравочной линии с каждой стороны по 0,16 дюймов. Получается внутренний холст для зарисовки наименования телекомпании. Внутри холста

располагаются цифры «24», и сокращённое наименование канала «ТВР».

Буквы должны быть расположены внутри холста, в противном случае анимация обтравочного контура будет скрывать те части, которые выходят за границы холста. Это обстоятельство касается и смежных сторон не-

```

{
IP_ER [0,1] [0,5] = IR [1] [5] * 0 + 1;
IP_ER [0,5] [3,5] = IR [5] [1] * 1 + 0;
IP_ER [0,5] [0,1] = IR [1] [5] * 0 + 1;
IP_ER [3,5] [0,5] = IR [5] [1] * 1 + 0;
IP_ER [3,5] [0,1] = IR [1] [5] * 0 + 1;
}

```

Формула 17

правильного пятиугольника, эти стороны должны быть также обтекаемы холстом.



Буквы и цифры отрисовываются вручную, на данном этапе холст автоматически размечает точками грани соединения и углы наклона



В режиме Brush (кисть) выбираем опцию Vertex Paint (Рисование вершинами) на Python™ это выражение

```

Brush.use_paint_vertex
bpy.data.brushes["Blob"].use_paint_vertex

```

Экструзивным методом выталкиваем поверхностные грани в пределах внутреннего каркаса конструкции. Далее следуем прорисовке шага движения мыши и выбираем опцию точек (Dots)

```

Brush.stroke_method
bpy.data.brushes["Blob"].stroke_method
Инструмент скульптинга регулируется
Brush.sculpt_tool
bpy.data.brushes["Blob"].sculpt_tool

```

Точки позволяют динамично изменять обтравочный контур. Более того эти же точки можно использовать для точной настройки плавного перетекания и выпадания

теней вдоль объекта. Фронтальная часть в миниатюре будет иметь следующий вид



Расстановка контурных точек позволит производить сложные манипуляции и дробить трёхмерный объект на двумерные конструкции, каждая из которых может быть соединена точками, либо представлена в виде объединённого каркаса.

Рисунок 10 фрагментарно показывает основные процессы преобразования проектных фигур с помощью точек. Для установления баланса плотности точек¹ можно ввести следующие значения (формула 18).

После создания обтравочного контура необходимо произвести настройку внутренних и внешних теней для качественного объёмного отображения данной проекции на мониторе компьютера и для телевизионного вещания. Для этих целей необходимо создать сетку переменных для теней во внутренних преломлениях.

¹ Баланс плотности точек может пригодиться при выполнении трансформации простых фигур в более сложные. В нашем случае L_a — главный слой прозрачности, на фрагменте рисунка 10, под номером 3^a — обозначен как пограничный слой (L). aD (average density) — средняя плотность, объём средней плотности — (vol, "density"), pD (planimetric density) — контурная плотность.

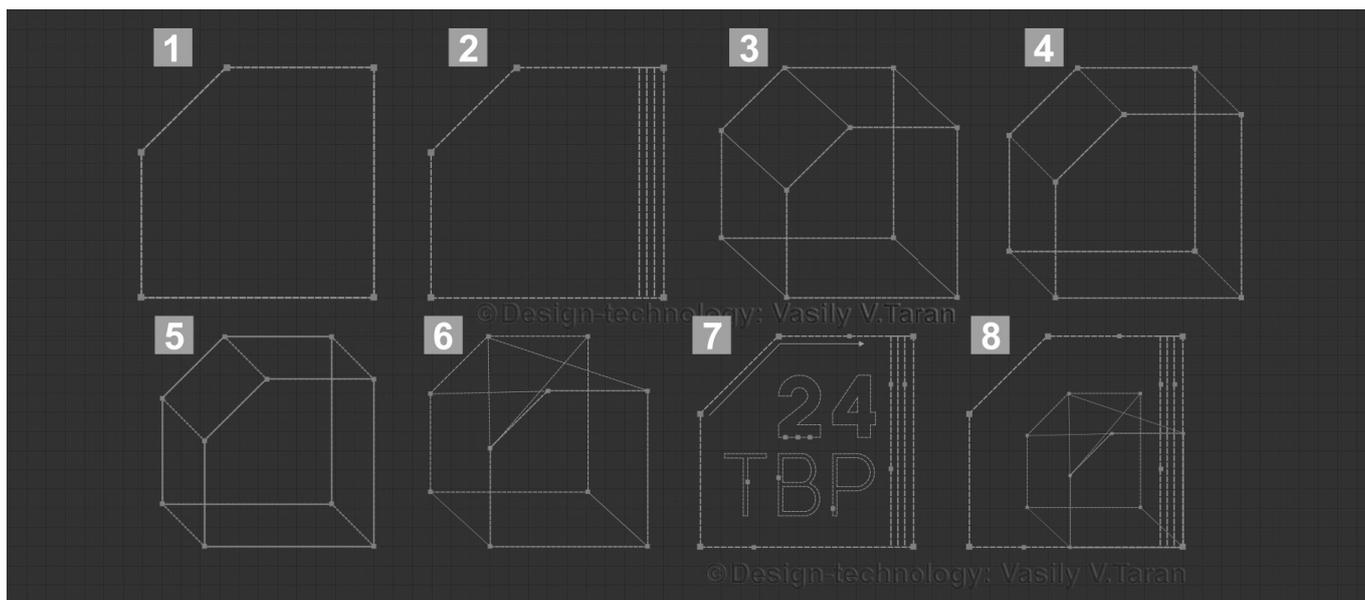
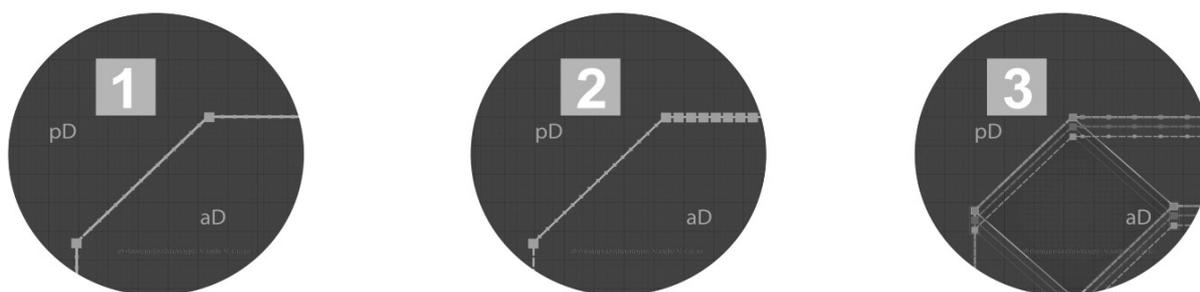


Рис. 10. Процедура, иллюстрирующая расстановку контурных точек для манипуляций конструкцией.



$$L_a [L]= aD, pD= 0.0, 1.0 (1)$$

$$L_a [L]= aD, pD= 0.0, 3.0 (2)$$

$$L_a [L]= aD, pD= 0.0, 5.0 (3)$$

```
density.sim().prop(aD, "line", expand = True)
```

```
density.sim(percentage = 1.0)
```

```
density.sim().prop(pD, "line", expand = True)
```

```
density.sim(percentage = 0.3)
```

```
density.sim().prop(pD, "line", expand = True)
```

```
density.sim(percentage = 5.0)
```

Формула 18

```

if MODE==0:
    for v in me.verts:
        i= v.index
        if VSEL[i]:
            wA, wB = grad_weights[i]
            if wA != None: # and wB
                if TOALPHA:
                    # Do alpha by using the exiting weight for
                    try:         pickValB= vWeightDict[i][act_group]
                    except: pickValB= 0.0 # The weights not there? assume zero
                # Mix2 2 opaque weights
                vWeightDict[i][act_group]= pickValB*wA + pickValA*wB

```

Формула 19

```

else: # MODE==1 VCol
    for f in me.faces:
        if f.sel:
            f_v= f.v
            for i in xrange(len(f_v)):
                v= f_v[i]
                wA, wB = grad_weights[v.index]

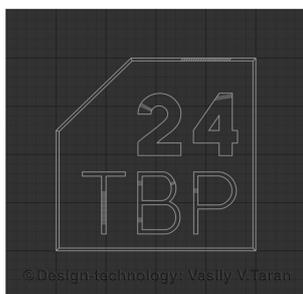
                c= f.col[i]

                if TOALPHA:
                    pickValB= c.r, c.g, c.b

                c.r = int(pickValB[0]*wA + pickValA[0]*wB)
                c.g = int(pickValB[1]*wA + pickValA[1]*wB)
                c.b = int(pickValB[2]*wA + pickValA[2]*wB)

```

Формула 20



После создания первичного слоя сетки переменных теней создадим сетку псевдообъёмности для сглаживания цветовых переходов.

После данной процедуры определимся с координатами прозрачности внутренних теней.

```

lineAB_length= (xA[1]-xB[1]).length

# normalzie
wA= wA/wTot
wB= wB/wTot

if ORTHO: # Con only use line length method with parellele lines
    if wTot > lineAB_length+eps:
        # vert is outside the range on 1 side. see what side of the grad
        if wA>wB:      wA, wB= 1.0, 0.0
        else:         wA, wB= 0.0, 1.0
    else:
        # PERSP, lineA[0] is the same origin as lineB[0]

        # Either xA[0] or xB[0] can be used instead of a possible x_mid between
        the 2
        # as long as the point is inbetween lineA and lineB it dosent matter.
        a= AngleBetweenVecs(lineA[0]-xA[0], line_mid)
        if a>line_angle:
            # vert is outside the range on 1 side. see what side of the grad
            if wA>wB:      wA, wB= 1.0, 0.0
            else:         wA, wB= 0.0, 1.0

    return wA, wB

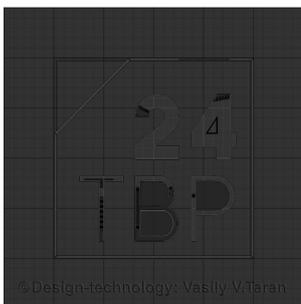
grad_weights= [grad_weight_from_co(v) for v in me.verts]

```

Формула 21

$$\begin{aligned}
 &\text{if } w_A > w_B : \\
 &w_{A,B} \rightarrow \begin{pmatrix} w_A, w_B = 1.0, 0.0 \\ w_A, w_B = 0.0, 1.0 \end{pmatrix} \\
 &\text{else:} \\
 &\rightarrow \begin{pmatrix} w_A, w_B = 0.0, 1.0 \\ w_A, w_B = 1.0, 0.0 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} w_A, w_B = 0.0, 0.0 \\ w_A, w_B = 0.0, 0.0 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

Формула 22



За тем скорректируем координаты прозрачности внешних теней.

Немаловажную роль в настройке внешних и внутренних теней для качественного отображения трёхмерной

$$\begin{aligned}
 & [\text{'AD'}, \text{'B'}, \text{'C'}] + [\text{'CD'}, \text{'B'}, \text{'A'}] + [\text{'BD'}, \text{'A'}, \text{'C'}] + [\text{'BD'}, \text{'C'}, \text{'A'}] \\
 & [\text{'AD'}, \text{'BC'}] + [\text{'CD'}, \text{'BA'}] + [\text{'BD'}, \text{'AC'}] + [\text{'BD'}, \text{'CA'}] \\
 & [\text{'A'}, \text{'D'}, \text{'B'}, \text{'C'}] + [\text{'C'}, \text{'D'}, \text{'B'}, \text{'A'}] + [\text{'B'}, \text{'D'}, \text{'A'}, \text{'C'}] + [\text{'B'}, \text{'D'}, \text{'C'}, \text{'A'}] \\
 & [\text{'ADB'}, \text{'C'}] + [\text{'CDB'}, \text{'A'}] + [\text{'BDA'}, \text{'C'}] + [\text{'BDC'}, \text{'A'}] \\
 & [\text{'AC'}, \text{'C'}, \text{'B'}, \text{'E'}] + [\text{'DB'}, \text{'B'}, \text{'A'}, \text{'E'}] + [\text{'BE'}, \text{'D'}, \text{'C'}, \text{'A'}] + [\text{'DE'}, \text{'B'}, \text{'A'}, \text{'C'}] + [\text{'BC'}, \text{'A'}, \text{'E'}, \text{'D'}] \\
 & [\text{'AC'}, \text{'C'}, \text{'B'}, \text{'E'}] + [\text{'DB'}, \text{'B'}, \text{'A'}, \text{'E'}] + [\text{'BE'}, \text{'D'}, \text{'C'}, \text{'A'}] + [\text{'DE'}, \text{'B'}, \text{'A'}, \text{'C'}] + [\text{'BC'}, \text{'A'}, \text{'E'}, \text{'D'}] \\
 & [\text{'CB'}, \text{'AC'}, \text{'B'}] + [\text{'BA'}, \text{'AE'}, \text{'A'}] + [\text{'BD'}, \text{'DC'}, \text{'A'}] + [\text{'BE'}, \text{'BC'}, \text{'D'}] + [\text{'CA'}, \text{'BD'}, \text{'E'}] \\
 & [\text{'CBA'}, \text{'C'}, \text{'E'}] + [\text{'AEC'}, \text{'D'}, \text{'A'}] + [\text{'BDE'}, \text{'A'}, \text{'D'}] + [\text{'ECA'}, \text{'A'}, \text{'B'}] + [\text{'CAE'}, \text{'D'}, \text{'E'}] \\
 & [\text{'C'}, \text{'B'}, \text{'A'}, \text{'C'}, \text{'B'}] + [\text{'B'}, \text{'A'}, \text{'A'}, \text{'E'}, \text{'A'}] \\
 & + [\text{'B'}, \text{'D'}, \text{'D'}, \text{'C'}, \text{'A'}] + [\text{'B'}, \text{'E'}, \text{'B'}, \text{'C'}, \text{'D'}] + [\text{'C'}, \text{'A'}, \text{'B'}, \text{'D'}, \text{'E'}]
 \end{aligned}$$

Формула 23

$$\text{lineAB_length} = (xA[.] - xB[.]) \cdot \frac{xA[0] \text{ or } xB[0]}{x_mid \mid \text{line_mid}} \rightarrow \left. \begin{array}{c} \text{lineA} \\ \updownarrow \\ [0] \\ \text{lineB} \end{array} \right\}$$

Формула 24

конструкции на мониторе (учитывая его степень отражательной способности — глянцевое покрытие или матовое) играет собирание информации о ступенчатых переходах, формирующих вершины, естественно они могут иметь разную степень сложности и уровень градиентности. Для снятия подобной информации, не предназначенной для прямого использования, можно использовать сценарий внешних ресурсов, в качестве примера приведём несколько фрагментов кода (формула 19).

Фрагмент кода иллюстрирует режим настройки веса градиента и установку степени его прозрачности (формула 20)..

Режим 1. (настройка) — индексно регулирует уровни веса градиента, устанавливает соотношения объёма градиентной прорисовки (Формула 21).

lineAB настраивает метод контроля длины строки параллельных линий, находящихся вне диапазона (формула 22).

$xA[0]$, $xB[0]$ могут использоваться вместо x_mid . Список всех списочных (конфигурируемых световых потоков) и их значений указанных в статье, представлены в формуле 23.

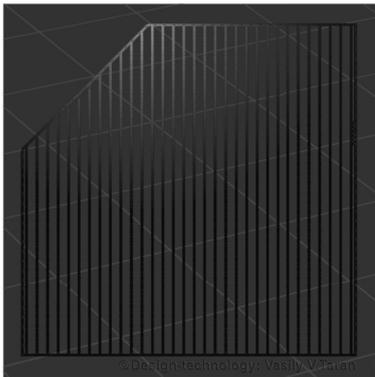
Метод контроля длины строки параллельных линий, также позволит упростить группировку объектов находящихся вне диапазона (формула 24).

Все процедуры распределения теней зависят от световых потоков и их переходов, в компьютерной среде трёхмерного моделирования Blender®, их можно имитировать различными видами освещения и типами ламп. Point, Sun, Spot, Hemi, Area — вот основной список источников для манипуляции светом. В нашем случае основными манипуляторами света выступают — «Sun» и «Spot». Опция Sun — подразумевает использование светового потока равной интенсивности вне зависимости от расположения объектов. Опция Spot, напротив устанавливает точечный световой поток и будет использоваться для подсветки проходящих вдоль линий. Источник ис-

пользует световой поток в виде «пятна» и очень удобен для манипуляций световой прорисовкой. Обе опции регулируются языком Python™

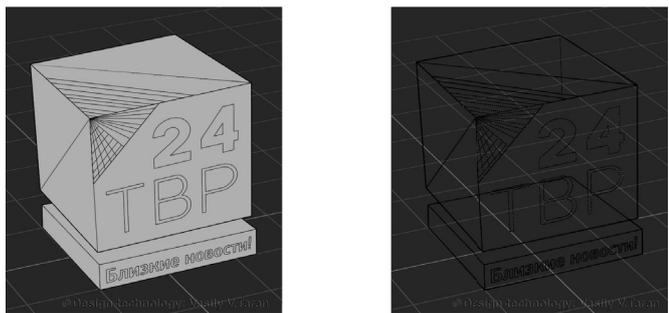
```
bpy.ops.object.lamp_add(type='POINT')
```

После настройки теней и теневых переходов в установленных границах можно перейти к созданию сетки заливки двумерной плоскости для установления переменных бликов в кадре телевидения.

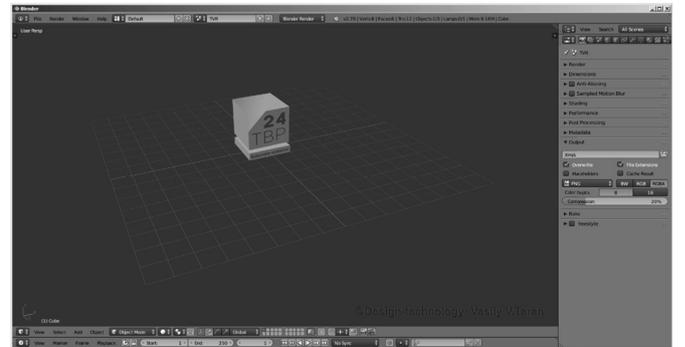


Сетка создаётся по аналогии с процессами плавного перетекания, необходимые точки устанавливаются таким образом, чтобы каждая из линий находилась равноудалённо друг от друга, кроме начальной и конечной позиций. Начальная и конечная позиции выделяются отдельными линиями, введёнными в конструкцию для уплотнения переходящего светового потока и повышения отражательной способности объекта. Переменные блики от источника света попадают на линии и в зависимости от их оптического приближения либо отдаления создают переменные блики.

По окончании процедуры мы получаем сетчатую конструкцию без горизонтальных перекрытий. Вертикальные линии позволяют высвободить блики при ротации объёмного изображения. Далее мы переходим к формированию трёхмерной модели на основе разработанной нами двумерной конструкции. Преобразуем двумерные координаты в объём с помощью увеличения точек пересечений. Получается следующая конструкция



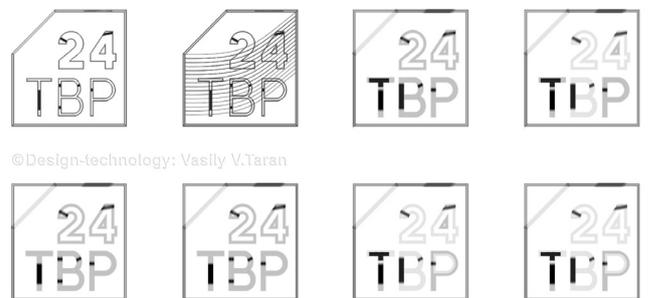
Получился куб с выделенными сторонами и дополнительными линиями пересечений. Справа отмечены точки координат, в результате которых происходит зарисовка псевдофронтальной проекции фигуры. По окончании данной процедуры выполняем настройку общего освещения, и получается следующая модель



Как видим, получается объёмная проекция со скошенным углом, фактически объёмный неправильный выпуклый пятиугольник (трёхмерный одиннадцатигуольник) неправильный объёмный семигранник.



Далее переходим к пропорциям светлых теней, образующихся в результате ротации объекта, их лучше представить на двумерной плоскости



После объединения прозрачных слоёв, с фронтальной стороны (в зависимости от углов преломления светлых теней) объёмная проекция будет выглядеть следующим образом

```
aES = port.faces()
aES.port(line, "1")
aES.port(line, "2")
aES.port(line, "3")
aES.port(line, "4")
aES.port(line, "5")
```

Формула 25



Когда внутренние и внешние тени распределены и упорядочены, приступаем к сборке модельной конструкции.

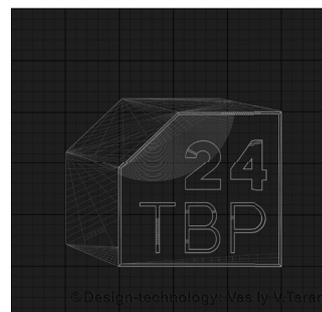


Модельная конструкция представляет собой сетчатую проекцию с изменяющимися углами, грани остаются на прежнем месте. Фактически это та же самая плоскость, имеющая вид неправильного пятиугольника. Неправильный пятиугольник получается в результате скрытия некоторых углов плоскости и путём преломления (благодаря точкам распределения света, и точкам регулировки интенсивности прорисовки граней) линий, образующих новые углы. Посмотрим на проекцию в усечённом виде

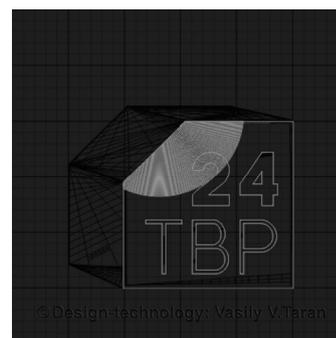


Далее следует процедура проверки прорисовки граней на дополнительные внешние тени¹. Для этого можно использовать следующий код (формула 25).

Здесь aES — Additional external shades (дополнительные внешние тени). Port — Portrayal (прорисовка), port.faces (устанавливает грани прорисовки).



Блик, образуемый на конструкции, обозначает что тени прорисованы верно. Убедились, что внешние тени удовлетворяют проекции, теперь проследим, чтобы цифры были покрыты бликами сверху



¹ Дополнительные внешние тени могут образовываться в силу разных причин. Чаще всего данный эффект можно наблюдать при масштабировании объекта, выполняющего ротацию в результате задержек обновлений фреймов монитора, зависящих от тактовой частоты обновления экрана и глубины прорисовки объёмных фигур. От не совсем корректного представления цветов (битых пикселей) в результате нарушения цифрового цветосмешивания и дисбаланса аддитивных значений палитры RGB. А также от чисто оптических нарушений, влекущих за собой механические блики — в основном на мониторах глянцевого типа, при изменении угла наклона монитора, в условиях просмотра движущегося 3D-объекта и при других оптических эффектах.

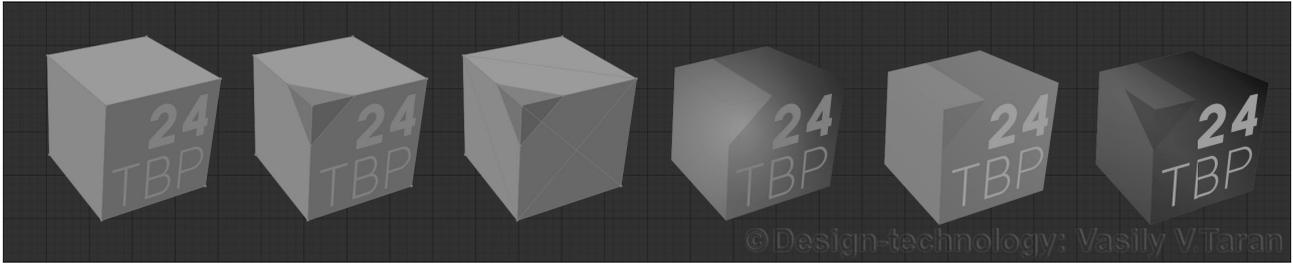
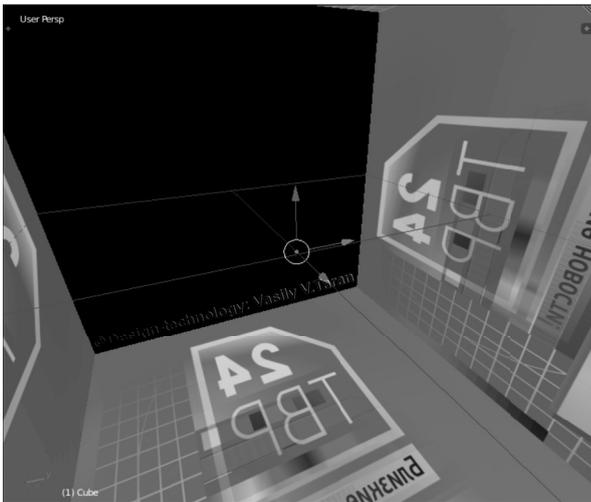
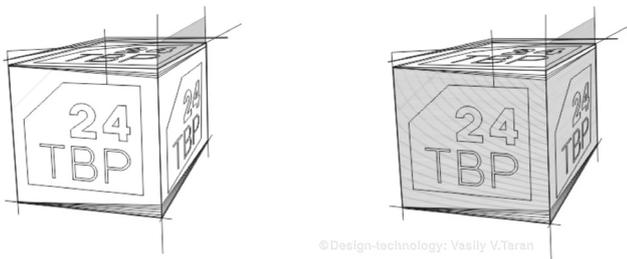


Рис. 11. Внешние части фигуры, подлежащие трансформации и отображающиеся послойно.

Убедившись, что цифры покрыты бликом, это необходимо для красоты логотипа, и создания эффекта переходящего блеска на цифрах, и теперь переходим к вывертке объёмной проекции

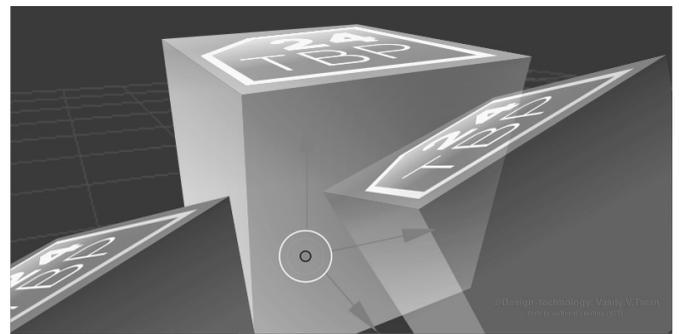


Видим, что стыки сторон пространства внутри куба имеют плавные границы перехода, внутренняя часть с внешней стороны (фактически вывертка) может выглядеть следующим образом



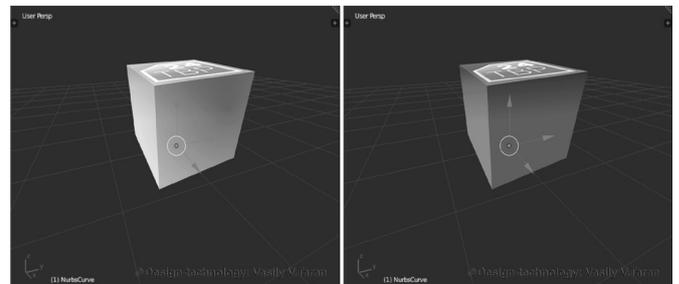
Зарисовка технически показывает, как выглядит фигура в перспективах. Слева объёмная проекция показывает отсутствие бликов, а справа на проекции блики присутствуют. Верхние части линий скрываются при трансформации объекта (в нашем случае это неправильный пятиугольник) и служат дополнительными прорисовочными линиями при изменении геометрии объекта

(включая анимацию). Внешние части фигуры будут отображены послойно следующим образом



На данном рисунке отображаются внешние поля вывертки, которые замыкаются в определённых точках при ротации. Ротация образует блики (и прозрачность), которые распределяются в соответствии со схемой ниже (Рисунок 12)

Верхние точки определяют световые потоки (в соответствии с описаниями) и распределяют их в соответствии с картой слоёв, описанной выше. Данная иллюстрация это фрагмент внутренней части нашей геометрической конструкции, которая впоследствии и будет преобразовываться в неправильный пятиугольник. Логотип с внутренней стороны находится в начальной стадии и не отображает блики. Конструкция (и её стороны) в объёмном виде до её фактического преобразования будет выглядеть так



Все стороны конструкции в соответствии с распределёнными бликами:

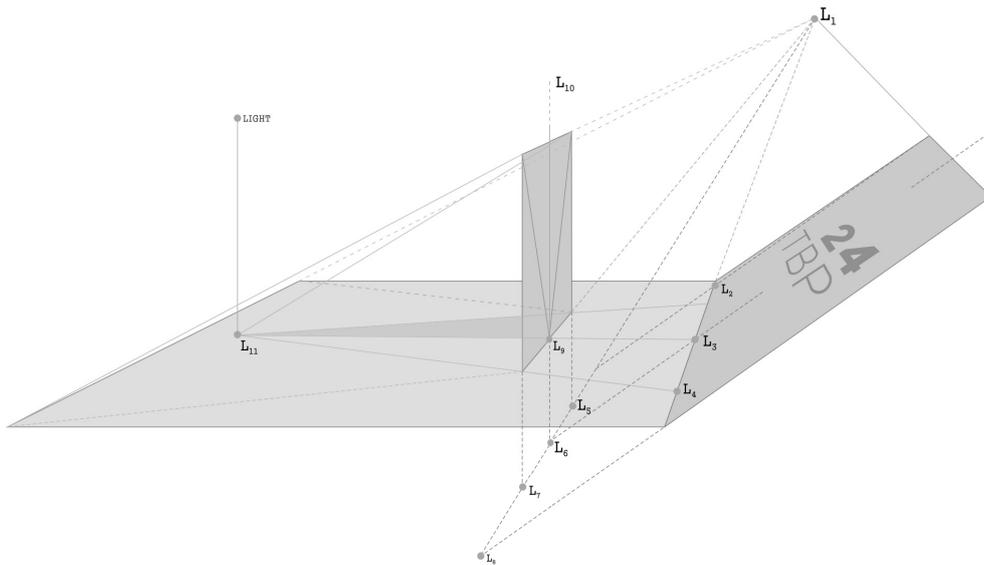
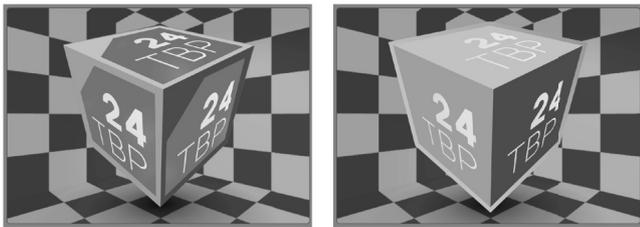
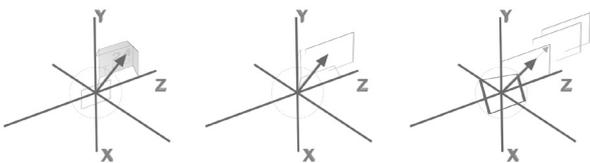


Рис. 12. Фрагмент геометрической конструкции (начальная стадия распределения световых потоков), иллюстрирующий внутреннее отражение перспективы (ER).



В перспективах распределения бликов участвуют разные слои, слои динамически зависят друг от друга и могут отражаться от разных узловых точек



Координатные конструкции показывают откат удалённой перспективы для подгонки конструкции к разным программно-аппаратным решениям. Особенно, когда речь заходит об экспорте (сохранении) спроектированной конструкции и вновь её воспроизведении (прорисовки) в другой системе трёхмерного моделирования. Ниже представлен развёрнутый вид конструкции, показывающий распределение световых потоков, образующих внешнее отражение перспективы

Рисунок 12 схематично иллюстрирует распределение световых потоков внешнего отражения перспективы. Фронтальная часть логотип «ТВР24» покрывается

бликами, образуемыми в результате внешнего отражения перспективы, и постепенно логотип приобретает блеск. Процесс отражения и отражательная способность искусственных лучей финальной замыкающей стадии представлена на рисунке 13.

Из рисунка 13 следует, что после распределения световых потоков, на начальной стадии образуются дублирующие тени, которые делают световые потоки более объёмными. Такой эффект необходим для плавной огранки объекта, её результаты отражаются на внешних сторонах объекта и выглядят как плавный обтравочный контур, который может преобразовываться благодаря экструзии. Пример такого объёмного преобразования и панорамирования можно наблюдать ниже.



В качестве примера двумерной трансформации и распределения света можно продемонстрировать титр с логотипом канала:

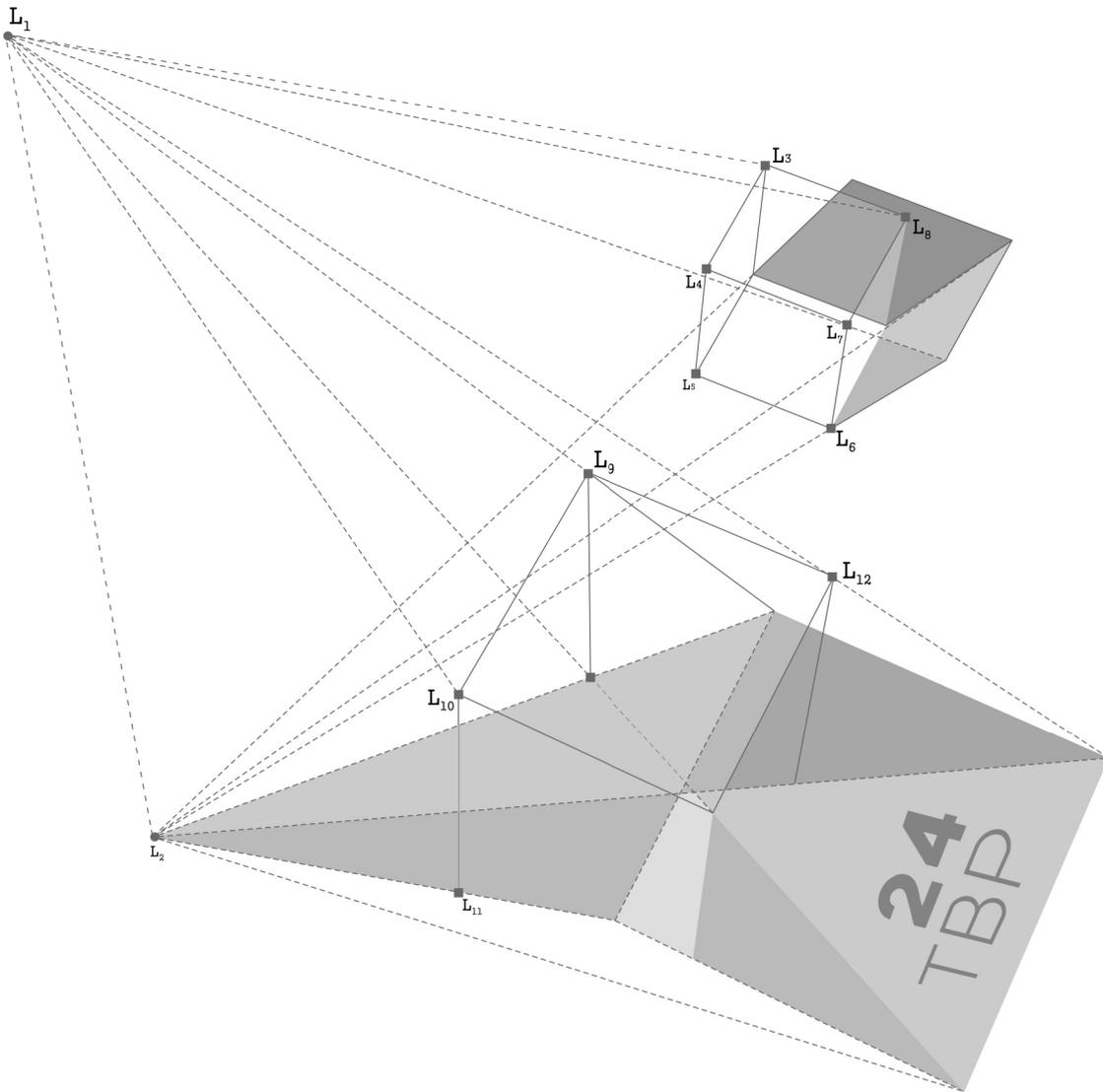


Рис. 13. Фрагмент геометрической конструкции (начальная стадия распределения световых потоков), иллюстрирующий внешнее отражение перспективы (IR).



С внешней стороны конечная стадия отражения перспектив будет выглядеть следующим образом

Рисунок 14 показывает внешнее отражение перспективы на конечной стадии распределения световых потоков. Из рисунка хорошо видно, что после описываемых выше процедур и технических формулировок логотип

«ТВР24» стал обёрнут бликами. И этот эффект в таком варианте останется вместе с фигурой в не зависимости от используемых каналом программно-аппаратных решений. Нижеследующая иллюстрация визуализирует схему (рисунок 15) конечной стадии распределения световых потоков, так как это будет представлено в кадре



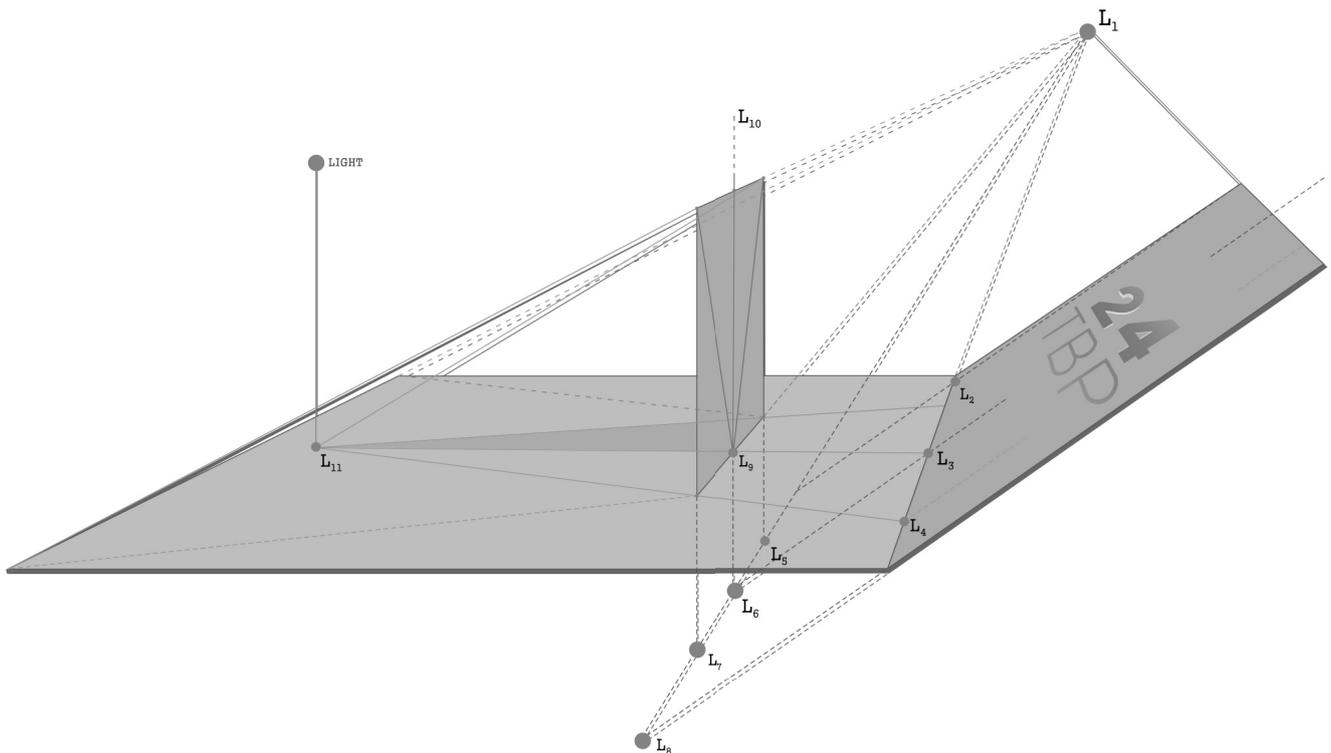
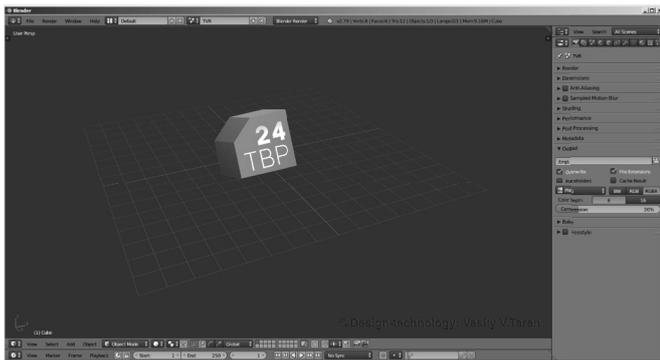


Рис. 14. Фрагмент геометрической конструкции (конечная стадия распределения световых потоков), иллюстрирующий внутреннее отражение перспективы (ER).

После необходимых манипуляций, принцип которых изложен нами выше (настройка цвета и коррекция отражательной способности объектов в кадре), можно посмотреть на результаты:



Рендеринг готовых объектов, пригодных для оформления кадра (логотип объёмный), прорисовка из шести разновидностей неправильного пятиугольника. Периоды трансформации световых потоков на геометрии объекта (в разложенном виде) иллюстрируют рисунки 16,17. При выполнении анимации разметка кадра может быть как 16:9, так и 4:3. Рисунки 18,19 иллюстрируют возможную разметку кадра для плашечных двухмерных и трёхмерных конструкций. В соответствии с данной

разметкой (A, B, C, B — поля кадра) можно использовать отрисованные двухмерные плашечные конструкции, показанные в приложении № 1

Промежуточная обрисовка светом конструкций, демонстрирующая мягкую обтавку граней световым потоком в условиях прозрачности (рис. 20).

Возможная карта настройки редактора узлов применительно к цветам проекта (рис. 21).

Логотип в движении, результат рендеринга промежуточной анимации в среде компьютерного моделирования Blender®



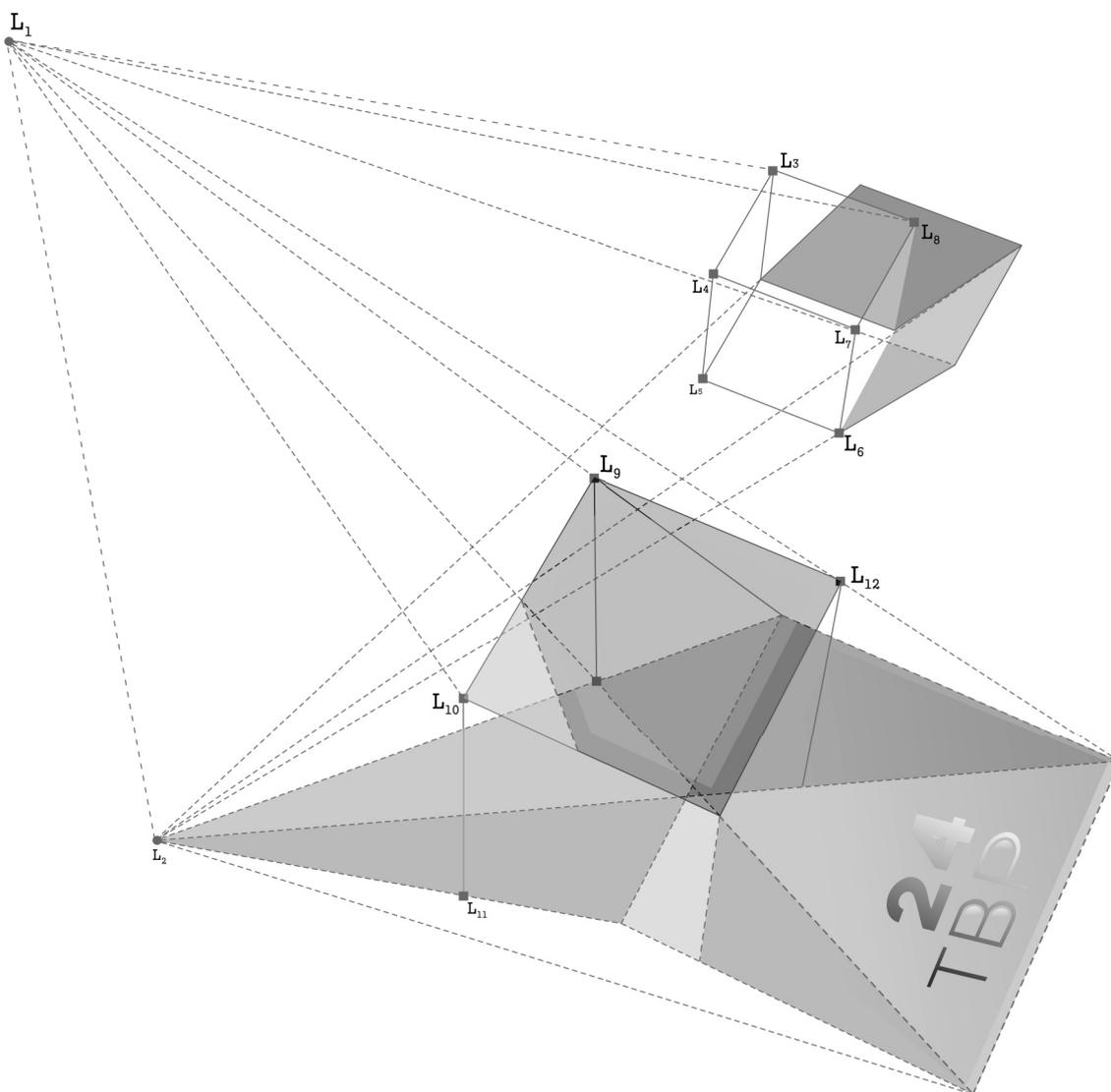


Рис. 15. Фрагмент геометрической конструкции (конечная стадия распределения световых потоков), иллюстрирующий внешнее отражение перспективы (IR).

Логотип статический, объёмная проекция, может использоваться как текстурная подложка в заставке (см. приложение 2)



Проекция для дополнительной ротации с фронтальным изменением неправильного пятиугольника и двухмерная конструкция (лицевая часть логотипа)



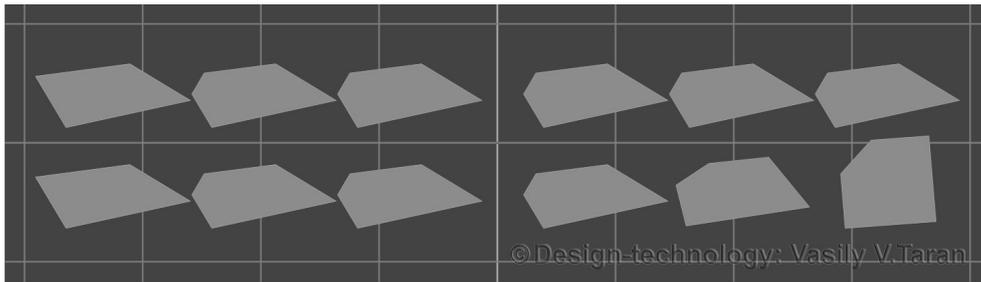


Рис. 16. Трансформация геометрии объекта при одноцелевом потоке.

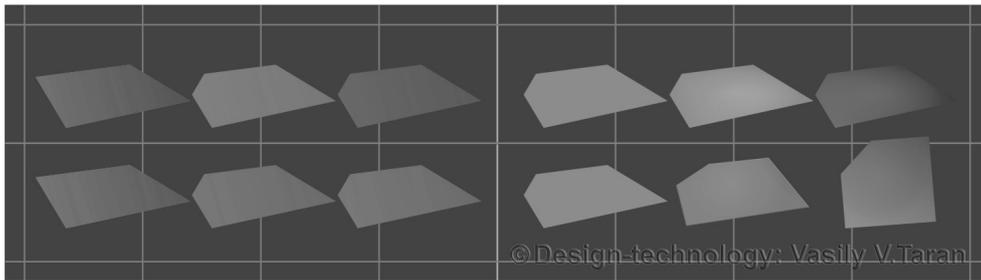


Рис. 17. Трансформация геометрии объекта при многоцелевых потоках.

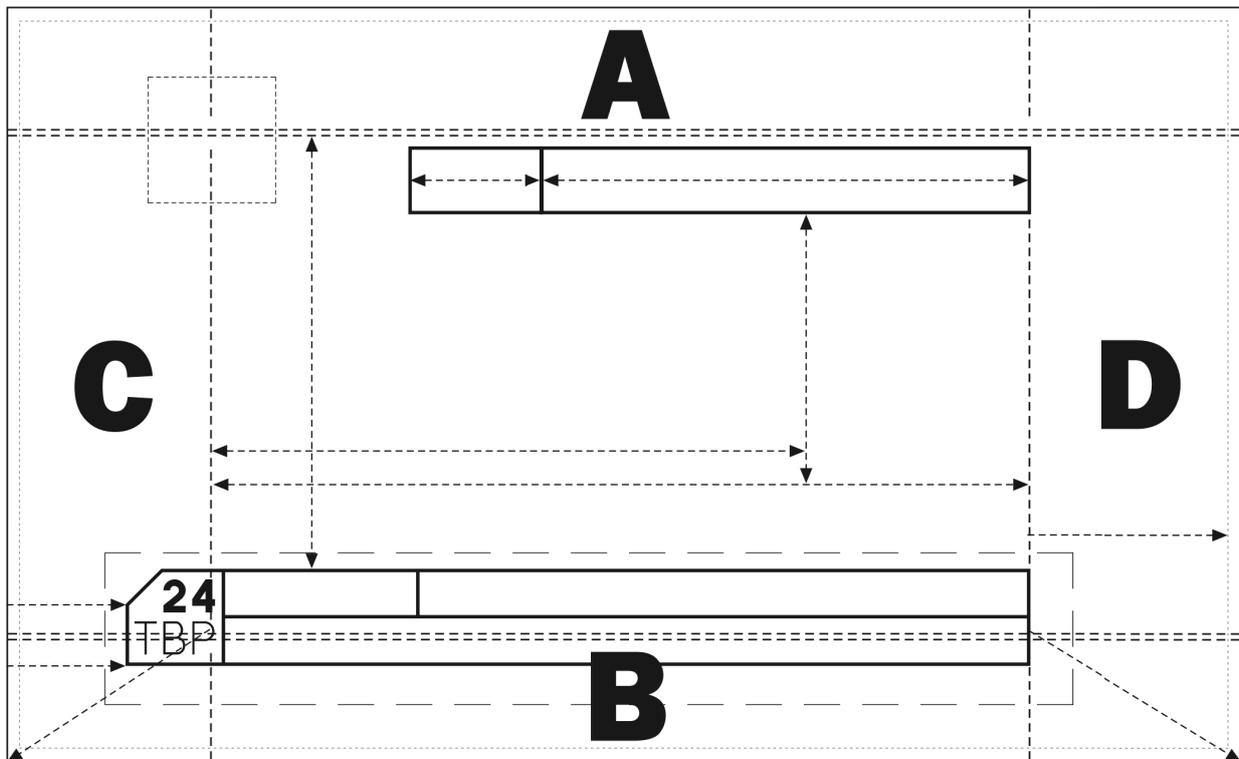


Рис. 18. Схема отображения двухмерных и трёхмерных графических данных с пропорциями 16:9.

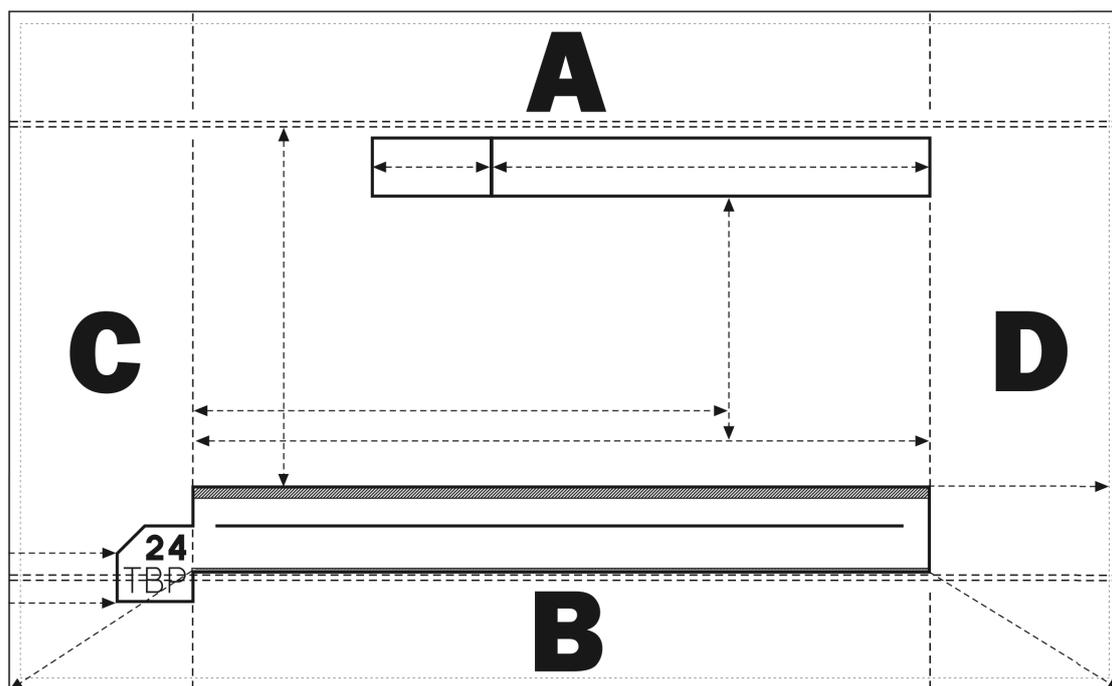


Рис. 19. Схема отображения двухмерных и трёхмерных графических данных с пропорциями 4:3.

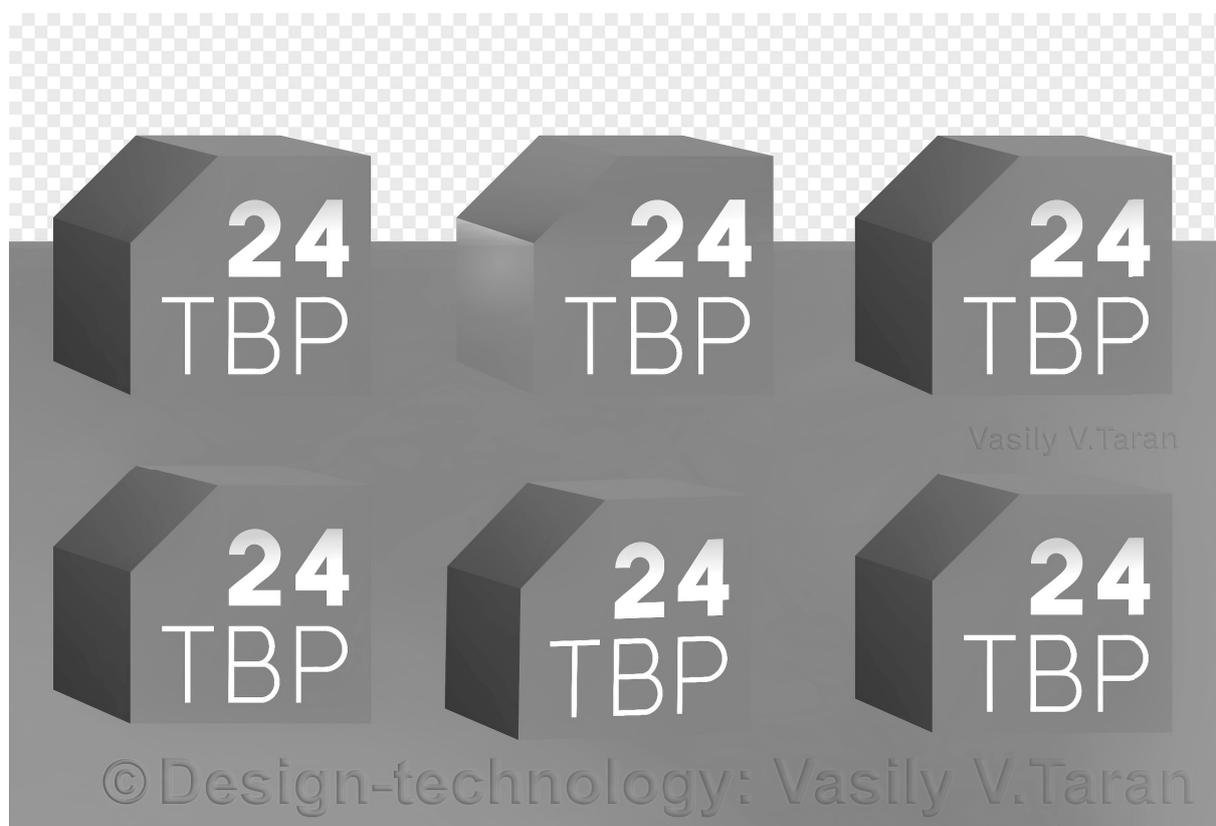


Рис. 20

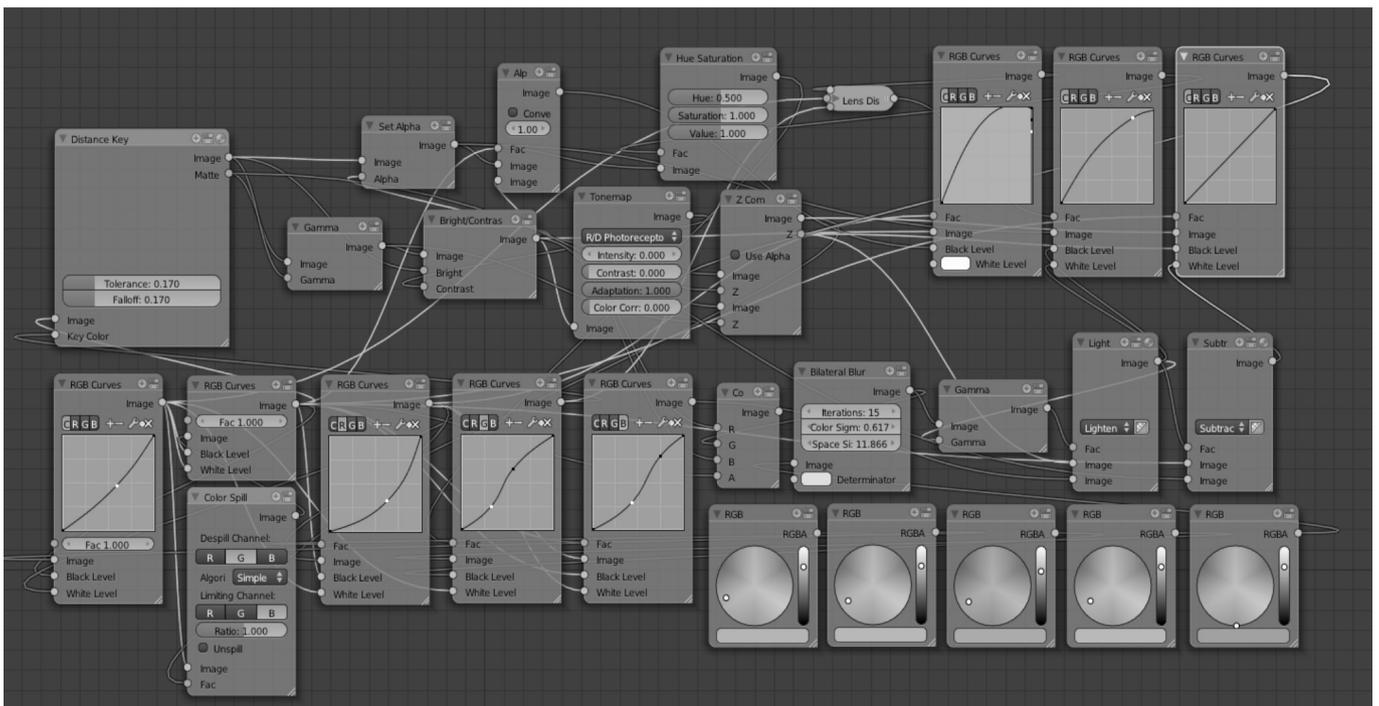


Рис. 21



Рис. 22

Проекция с объёмными цифрами (полученная методом световой экструзии) может использоваться для новостных заставок, и передач новостной тематики (рис. 22).

Проекция с усечёнными углами и плавными переходами, для межпрограммных вставок рекламы, а также объёмная проекция для фронтальных заставок



Возможность применения рассмотренного нами метода в области проектирования двумерных иллюстраций (рис. 23).

Метод может успешно применяться и в двумерном моделировании для исправления различных компонентов композиции, ниже акцентированы области изменения композиции (рис. 24).

Для демонстрации статичных форм смоделированных изображений (устанавливаем уровень их компрессии) и экспортируем их в обычный JPEG-файл. Обращение для Python™ будет следующим

```
RenderSettings.filepath
bpy.data.science[«Scene»].render.filepath
```



Рис. 23



Рис. 24

При экспорте изображения следует учесть степень прорисовки отражённых отскоков, визуально они идентифицируются как глянцевые эффекты. Степень отскоков должна составлять 300%. Регулирующие опции языка Python™ здесь следующие

```
CyclesRenderSettings.glossy_bounces
bpy.data.scenes["Scene"].cycles.glossy_bounces
```

При фиксированных позициях камеры (формула 26).

Степень отскоков для экспорта статичного трёхмерного изображения очень важна, потому как она влияет на точное перераспределение световых потоков, значения ниже 300% могут не учитывать некоторые потоки, тем самым скрытые слои будут присутствовать, не выполняя никакой функции, а только увеличивая объём

$$xvec = \text{Vector}(1,0,0) * \text{camera_matrix}$$

$$yvec = \text{Vector}(0,1,0) * \text{camera_matrix}$$

0,1,2,3,4,5/*0*

additional values

$$\text{render_cam_ob.LocZ} = 1.0 \text{ [0.0][z]}$$

$$\text{render_cam_ob.LocX} = 0.5 \text{ [0.0][x]}$$

$$\text{render_cam_ob.LocY} = 0.5 \text{ [0.0][y]}$$

Формула 26

экспортируемого файла. В вопросах регулировки качества изображения и его степени сжатия может пригодиться следующее обращение на Python™

```
ImageFormatSettings.quality
 bpy.data.scenes ["Scene"]. render.image_settings.quality
```

Таким образом, мы рассмотрели прикладную часть вопросов, связанных с созданием и моделированием геометрической конструкции (логотипа) в трёхмерной среде компьютерного моделирования Blender®, пригодных для оформления потокового телевизионного вещания телерадиокомпании «Радонежье».

Центральным вопросом научной статьи (в аспекте разработки геометрической конструкции) послужила возможность точного воспроизведения (прорисовки) спроектированного логотипа в других компьютерных редакторах трёхмерного моделирования, композитинга, программах логогенерации и компьютерного монтажа видеоматериала, а также прочих утилит, задействованных в представлении титровой графики вне зависимости от файла хранения трёхмерных данных. Создать такую конструкцию удалось благодаря описанному в статье методу перераспределения световых потоков и скрытию слоёв при экструзии обтавочных контуров конструкции. В основе метода лежит принцип разграничения слоёв, отражающих световые потоки, в последствии образующие обтавочный контур, который может быть трансформирован. Конечно это полностью не снимает общей проблемы совместимости и качественной визуализации компьютерных форматов хранения трёхмерных данных. Вопрос является открытым и носит дискуссионный характер, однако изложенная в статье практика может оказаться полезной для инженеров-проектировщиков и прочих технических специалистов, чья область деятельности затрагивает компьютерное моделирование. Метод является универсальным и программно независим, что позволяет успешно применять его и при других условиях трёхмерной визуализации данных, таких как статистика, проектирование сложных компьютерных

графических интерфейсов, составление динамичной инфографики.

Некоторые связи программы Blender® с языком Python™ (реализуемые через Python™ Interactive Console и текстовый редактор подсветки и редактирования кода) позволят достигнуть лучших результатов, касающихся точности моделирования, данный язык программирования хорошо вписывается в программно-интерфейсную основу и позволяет разрешать различные утилитарные задачи с высокой точностью. К тому же на компьютерах, которые в силу своей бюджетной аппаратной комплектации не могут конкурировать с рабочими станциями премиум класса, язык программирования Python™ пригодится как вспомогательный инструмент по визуализации сложных трёхмерных данных.

Все разработанные трёхмерные конструкции могут быть выведены путём прямого экспорта из программы, либо с применением специальных систем рендеринга, авторы рекомендуют использовать LuxRender.

Авторы выражают благодарность редакции и всем сотрудникам телерадиокомпании «Радонежье» за согласие выступить в качестве экспериментальной базы для научно-технических разработок и применения новых методов визуализации в компьютерной графике и за оказанное доверие по трёхмерной визуализации логотипа, а также некоторых элементов фирменного стиля компании.

Авторы надеются, что их наработки в области компьютерной графики, дизайна и трёхмерного моделирования найдут применение в прикладной практике оформления и визуализации новых элементов фирменного стиля телерадиокомпании «Радонежье». Внедрение данных наработок в техническую деятельность телерадиокомпании повысят точность и эффективность подготовки трёхмерного иллюстративного материала для оформления потокового вещания, межпрограммных блоков и отдельных видеосюжетов.

Приложение № 1

24 **НОВОСТИ** **ПАКШИНА ВЕРОНИКА АЛЕКСЕЕВНА**
ТВР **ТВР «РАДОНЕЖЬЕ»**

НОВОСТИ **ТАРАН ВАСИЛИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ**
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ, КАНДИДАТ КУЛЬТУРОЛОГИИ

24 **НОВОСТИ** **ТВР «РАДОНЕЖЬЕ»**
ТВР ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ ПАКШИНОЙ ВЕРОНИКИ АЛЕКСЕЕВНЫ

24 **ТАРАН ВАСИЛИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ**
ТВР **НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ, КАНДИДАТ КУЛЬТУРОЛОГИИ**

24 **ТАРАН ВАСИЛИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ**
ТВР **НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ, КАНДИДАТ КУЛЬТУРОЛОГИИ**

24 **ТАРАН ВАСИЛИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ**
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ, КАНДИДАТ КУЛЬТУРОЛОГИИ
24 **ТВР** ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ ПАКШИНОЙ ВЕРОНИКИ АЛЕКСЕЕВНЫ

24 **Пакшина Вероника**
ТВР **НОВОСТИ** **СОТРУДНИК ТВР «РАДОНЕЖЬЕ»**
ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ ПАКШИНОЙ ВЕРОНИКИ АЛЕКСЕЕВНЫ

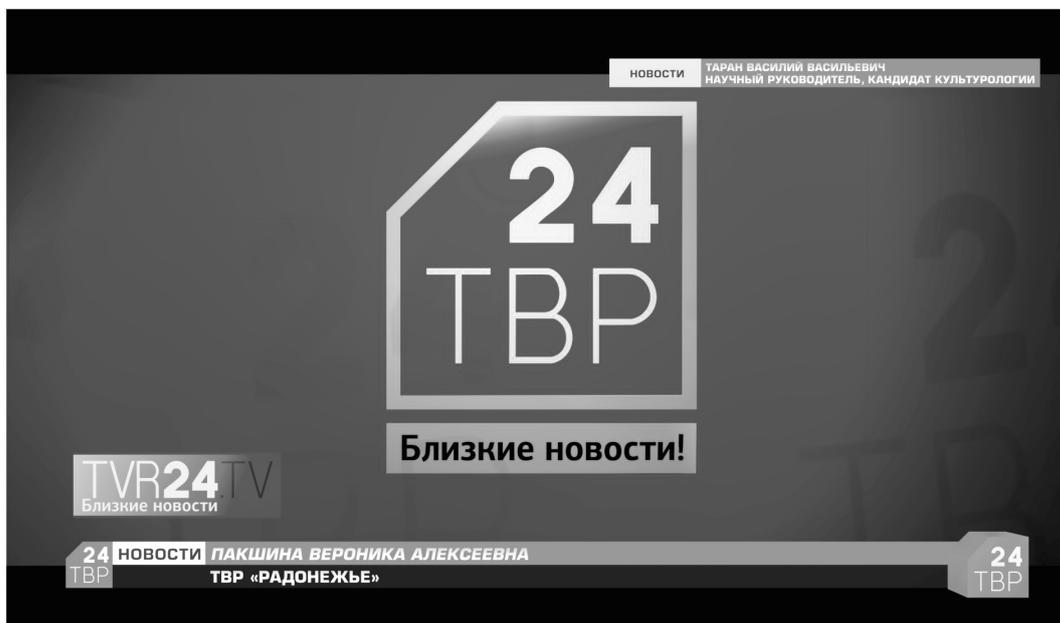
24 **Таран Василий Васильевич**
ТВР **кандидат культурологии, доцент ММУ**

TVR24 TV
Ближкие новости

TVR24 TV
Ближкие новости

TVR24 TV
Ближкие новости

Приложение № 2



ЛИТЕРАТУРА

1. Филиппов С. В. Программная платформа Blender как среда моделирования объектов и процессов естественно-научных дисциплин // Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. 2018, № 230, 42 с. (DOI:10.20948/prepr-2018-230).
2. Флоринский И.В., Филиппов С. В. Трёхмерное моделирование рельефа: применение пакета Blender // ИнтерКарто / ИнтерГИС 24, Материалы Международной конференции, Петрозаводск, Бонн, Анкоридж, 19 июля — 1 августа 2018, Ч. 2. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018, с. 250–261.
3. Zhi Hao Zuo, Yi Min Xie A simple and compact Python code for complex 3D topology optimization//Advances in Engineering Software 85 (2015) p.p. 1–11. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.advengsoft.2015.02.006>)
4. Chris Conlan The Blender Python API: Precision 3D Modeling and Add-on Development/ Bethesda, Maryland USA, 138 p. [ISBN-13 (pbk): 978–1–4842–2801–2], [ISBN-13 (electronic): 978–1–4842–2802–9] (DOI: 10.1007/978–1–4842–2802–9).
5. Allan Brito Blender 3D2.49 Incredible Machines Modeling, rendering, and animating realistic machines with Blender 3D Published by Packt Publishing Ltd. 32 Lincoln Road Olton Birmingham, B27 6PA, UK, 316 p. [ISBN978–1–847197–46–7 2009].
6. Gordon C. Fisher Blender 3D Basics Beginner's Guide (The complete novice's guide to 3D modeling and animation) Published by Packt Publishing Ltd. Livery Place 35 Livery Street Birmingham B3 2PB, UK, 468 p. [ISBN978–1–84951–690–7].
7. Sunil Kapil Clean Python: Elegant Coding in Python / Sunnyvale, CA, USA [ISBN-13 (pbk): 978–1–4842–4877–5], [ISBN-13 (electronic): 978–1–4842–4878–2] (DOI: <https://doi.org/10.1007/978–1–4842–4878–2>).

© Таран Василий Васильевич (allscience@lenta.ru), Пакшина Вероника Алексеевна (pakshina-veronika@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский международный университет

РАЗРАБОТКА КОГНИТИВНО-ЭРГОНОМИЧЕСКОГО СИНТАКСИСА ДЛЯ НОВОГО АППАРАТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ

DEVELOPMENT OF COGNITIVE- ERGONOMIC SYNTAX FOR A NEW HARDWARE-ORIENTED PROGRAMMING LANGUAGE

A. Tretyak
E. Tretyak
E. Vereshchagina

Summary. The article considers programming languages from the point of view of ergonomics of their syntax. By using a cognitive-ergonomic approach to syntax design, you can improve the programming language according to the criteria “intelligibility of language constructions” and “simplicity of the language”, which in turn increases the efficiency of the programmer. Based on the research, the structure of a new programming language is proposed.

Keywords: programming language development, hardware-oriented programming languages, cognitive ergonomics, development environment, programming.

Третьяк Александр Викторович

Аспирант, Дальневосточный федеральный
университет, г. Владивосток
alextrtyak2@gmail.com

Третьяк Екатерина Викторовна

Специалист, Дальневосточный федеральный
университет, г. Владивосток
tretiak.ev@dvfu.ru

Верещагина Елена Александровна

К.т.н., доцент, Дальневосточный федеральный
университет, г. Владивосток
everesh@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются языки программирования с точки зрения эргономичности их синтаксиса. За счет использования когнитивно-эргономического подхода к проектированию синтаксиса можно улучшить язык программирования по критериям «понятность конструкций языка» и «простота языка», что в свою очередь повышает эффективность работы программиста. На основании проведенного исследования предлагается структура нового языка программирования.

Ключевые слова: разработка языка программирования, аппаратно-ориентированные языки программирования, когнитивная эргономика, среда разработки, программирование.

Введение

Переход от программирования в машинных кодах к автокодам и ассемблерам, а затем языкам высокого уровня позволил существенно повысить производительность труда программистов. Следовательно, эффективность создания программного продукта в определенной мере зависит от языка. Исходя из этого, можно высказать предположение: при прочих равных условиях скорость решения человеческим мозгом интеллектуальных задач зависит от когнитивного качества профессионального языка, с помощью которого решаются указанные задачи [1].

Многие авторы подчеркивают, что выбор эффективного языка может оказать благотворное влияние на продуктивность мышления, а соответственно качество создаваемого продукта. Эрнст Шредер пишет, что употребление удачных знаков позволяет значительно усилить человеческое мышление. Неудачные языки даже простую проблему способны сделать неразре-

шимой. И наоборот, задача, получившая удобное знаковое выражение, оказывается наполовину решенной [2].

Например, замена языка римских чисел на язык арабских чисел дала возможность резко увеличить производительность труда при выполнении арифметических действий. Как отмечает Дэвид Марр, “это главная причина того, почему римская культура не смогла развить математику так, как это сделали ранние арабские культуры” [3].

Когнитивная эргономика — это новая научная дисциплина, изучающая проблему улучшения профессиональных языков и усиления естественного (а не искусственного) интеллекта. Ее задача — создать принципиально новые формы представления профессиональных знаний, максимально комфортные и удобные для работы глаза и мозга. Знания можно назвать эргономичными, если они максимально наглядны и пригодны для быстрого восприятия и усвоения. [4]

При разработке приложений программист выбирает язык программирования, ориентируясь на различные свойства языка, а также конкретную задачу.

Свойства, которыми обладают языки программирования:

- ◆ понятность (удобочитаемость) конструкций языка;
- ◆ надёжность (степень автоматического обнаружения ошибок);
- ◆ гибкость (возможности, которые язык предоставляет программисту);
- ◆ простота языка;
- ◆ мобильность (возможность переносить программы с одной платформы на другую с относительной лёгкостью);
- ◆ суммарная стоимость использования языка [5, стр. 9].

В рамках когнитивно-эргономического подхода можно выделить такие свойства языков программирования, как понятность конструкций языка и простота языка.

Понятность конструкций языка — это свойство, обеспечивающее лёгкость восприятия программ человеком. Данное свойство языка программирования зависит от выбора ключевых слов и такой нотации, которая позволяла бы при чтении текста программы легко выделять основные понятия каждой конкретной части программы, а также от возможности построения модульных программ. Высокая степень понятности конструкций языка программирования позволяет быстрее находить ошибки. [5, стр. 10]

Простота языка обеспечивает лёгкость понимания языковых конструкций и запоминания синтаксиса языка. Простой язык предоставляет ясный, простой и единообразный набор понятий. При этом желательно иметь минимальное количество различных понятий с как можно более простыми и систематизированными правилами их комбинирования, т.е. язык должен обладать свойством концептуальной целостности [5, стр. 11].

Согласно рейтингу веб-ресурса TIOBE на март 2020 года, наибольшей популярностью среди разработчиков программного обеспечения пользуются следующие языки программирования:

1. Java
2. C
3. Python
4. C++
5. C# [6]

Данные языки программирования можно разделить на два класса: аппаратно-ориентированные (ориентиро-

ванные на высокую производительность исполняемого кода) и ориентированные на высокую продуктивность и лёгкость работы, обладающие хорошей понимаемостью программ [7]. К первому классу можно отнести языки C, C++. Ко второму — Python (поэтому в данной статье в основном сравниваются возможности именно языков Python и C++). Есть также языки, занимающие промежуточное положение — Java, C#. Но успешных языков программирования, которые уверенно можно было бы отнести сразу к двум этим классам, фактически не существует.

Целью данной работы является исследование возможности улучшения языков программирования по критериям «понятность конструкций языка» и «простота языка» за счет использования когнитивно-эргономического подхода к проектированию синтаксиса языков программирования, в рамках чего предлагается структура нового языка программирования, сочетающего свойства языков обоих классов.

1. ОТСУТСТВИЕ ВИЗУАЛЬНЫХ ПОМЕХ

В представленных в данном перечне языках программирования присутствуют визуальные помехи в виде обязательных символов «точка с запятой» в конце утверждений, фигурных скобок (в других языках — в виде ключевых слов BEGIN и END) для обозначения областей кода, либо символа «двоеточие».

Рассмотрим такой код на Python:

```
while True:
    if instr[i] == "[":
        nesting_level += 1
    elif instr[i] == "]":
        nesting_level -= 1
        if nesting_level == 0:
            break
    i += 1
```

Ему соответствует следующий код на C++:

```
while (true) {
    switch (instr[i]) {
        case '[':
            nesting_level++;
            break;
        case ']':
            if (--nesting_level == 0)
                goto break_;
            break;
    }
    i++;
    ...
}
```

```

loop
  switch instr[i]
    "["
      nesting_level++
    "]"
    if --nesting_level == 0
      loop.break
  i++

```

Рис. 1. Обозначение областей кода посредством пунктирных линий

Таблица 1. Ключевые слова Python:

False	await	else	import	pass
None	break	except	in	raise
True	class	finally	is	return
and	continue	for	lambda	try
as	def	from	nonlocal	while
assert	del	global	not	with
async	elif	if	or	yield

Таблица 2. Ключевые слова C++:

alignas	char32_t	enum	namespace	return	try
alignof	class	explicit	new	short	typedef
and	compl	export	noexcept	signed	typeid
and_eq	const	extern	not	sizeof	typename
asm	constexpr	false	not_eq	static	union
auto	const_cast	float	nullptr	static_assert	unsigned
bitand	continue	for	operator	static_cast	using
bitor	decltype	friend	or	struct	virtual
bool	default	goto	or_eq	switch	void
break	delete	if	private	template	volatile
case	do	inline	protected	this	wchar_t
catch	double	int	public	thread_local	while
char	dynamic_cast	long	register	throw	xor
char16_t	else	mutable	reinterpret_cast	true	xor_eq

```

}
break_;

```

Одной из ключевых черт нового предлагаемого в данной статье языка программирования является полное отсутствие визуальных помех. Ниже представлен соответствующий код на новом языке программирования:

```

loop
  switch instr[i]

```

```

"["
  nesting_level++
"]"
if --nesting_level == 0
  loop.break
i++

```

Для обозначения областей кода вместо языковых средств предлагается использовать на уровне среды разработки менее отвлекающие (нежели символы либо ключевые слова) пунктирные линии (рис. 1).

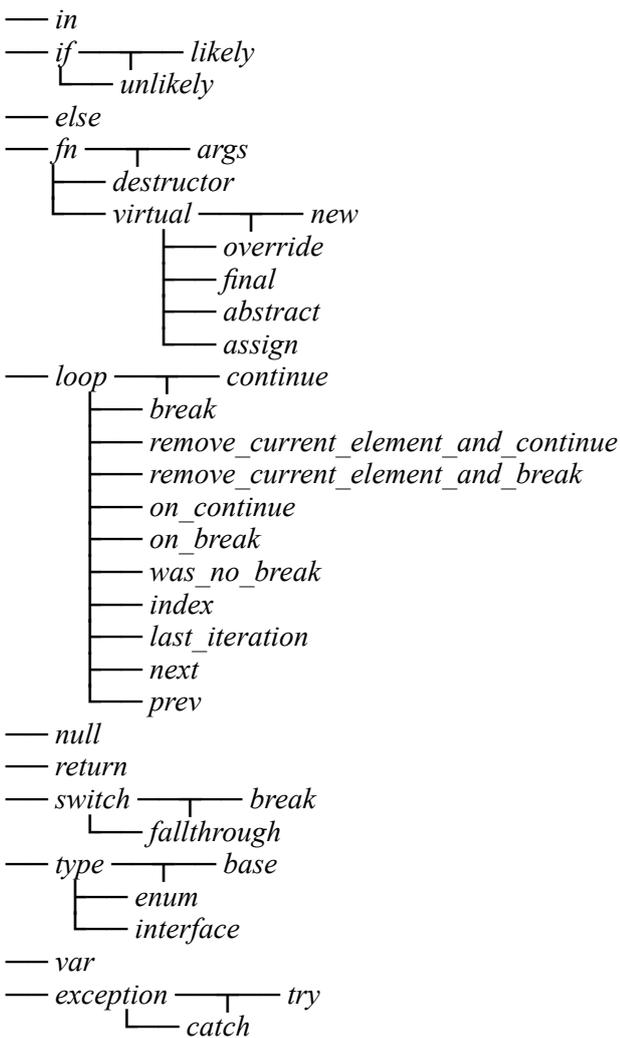
Мы видим, что данный код более компактен и не имеет отвлекающих знаков и символов.

2. Иерархическая организация ключевых слов языка

В языках программирования таких, как Python, C++, Java ключевые слова идут в виде списка (таблицы 1, 2).

Еще одна ключевая черта для нового предлагаемого языка программирования в том, что его зарезервированные слова идут не просто в виде списка, а структурированы в иерархию, на верхнем уровне которой располагаются 11 корневых/базовых ключевых/зарезервированных слов. При начальном изучении языков программирования это позволяет легче запомнить ключевые слова языка, связанные между собой.

Дерево всех ключевых слов нового языка программирования выглядит так:



3. Эргономичные обозначения операторов языка

В то время как у других языков программирования пояснение выбора того или иного оператора языка приводится крайне редко, все операторы нового языка программирования имеют рациональное обоснование их выбора. Рассмотрим некоторые операторы:

Поразрядное исключающее ИЛИ

В языках Python, C++, Java и многих других для обозначения данной операции используется символ \wedge .

В новом языке программирования для обозначения данной операции предлагается использовать тройку символов (+), так как они похожи на символ \oplus , который используется в математической логике для обозначения операции «исключающего или» [8].

И хотя \oplus используется чаще для одноразрядных значений, в научных статьях можно встретить его применение для массивов из байт [9].

К тому же, использовать символ \wedge для данной операции (как это сделано в Си) можно считать неудачной идеей, так как это сбивает с толку новичков в программировании [10]. Для символа \wedge больше подходит операция возведения в степень.

Логическое И

В языке Python для данной операции используется ключевое слово `and`, а в языке C++ — символы `&&`.

Для данной операции в новом языке предлагается использовать символ `&` вместо общепринятого (то есть взятого из Си) `&&` так как:

1. Логическое И требуется гораздо чаще, чем поразрядное.
2. Поразрядное И практически всегда используется только для проверки установленных флагов, но это чревато ошибками (так как в выражении `flags & SOME_FLAG` константа `SOME_FLAG` может вообще не иметь отношения к `flags`, и компилятор (языков Си, C++ и др.) пропустит такую ошибку), поэтому было принято такое решение, чтобы сподвигнуть отказаться от такого использования поразрядного И вообще.

Поразрядное НЕ

В языках Python и C++ для обозначения данной операции используется символ `~`.

В предлагаемом новом языке программирования для его обозначения выбрана тройка символов (-), так как этот оператор, по сути, является парным оператору (+) и обладает следующими свойствами:

```
NOT a = 0(-)a = (-)a
a(-)(-)b = a(+)b
a(+)(-)b = a(-)b
(-)(-)a = a
a(-)b = NOT (a XOR b)
```

Однако, так как бинарный оператор (-) не имеет аппаратной поддержки и используется крайне редко, в новый язык включён только унарный оператор (-), который соответствует поразрядному НЕ.

Возведение в степень

Символ ^ для данной операции используется в языках BASIC, MATLAB, Lua, TeX (в свою очередь используется в <math> в Wikipedia), Julia.

Обозначение ** для данной операции используется в Perl, PHP, Python, Ruby, CoffeeScript. В языке D используется пара символов ^^. Но предположительно основной причиной отказа от ^ в качестве обозначения для оператора возведения в степень в этих языках является использование этого символа для операции поразрядного исключающего ИЛИ, что можно считать неудачной идеей [10].

Поэтому в новом языке для оператора возведения в степень был выбран символ ^.

Целочисленное деление

В языке Python для данной операции используется пара символов // [11].

В языке C++ отдельного оператора для целочисленного деления нет и для выполнения соответствующей операции необходимо использовать преобразование типа, например: `int(x / y)`.

В новом языке для данного оператора предлагается пара символов / (/ обозначает Integer — целочисленный), а пара символов // обозначает начало однострочного комментария, как в C++ [12].

Конкатенация массивов

В языке Python для данной операции используется символ +.

В языке C++ данная операция не имеет соответствующего символа и осуществляется посредством метода `insert`.

Для обозначения выбрана тройка символов [+], так как массивы в новом языке (также как в JavaScript, Python, Ruby, Swift и многих других языках) задаются с использованием квадратных скобок, например: `[1, 2, ...]`. А так как эта операция достаточно ресурсоёмкая, ей выделен отдельный оператор (в других языках программирования используется оператор +).

Конкатенация строк. Оператор +, используемый во многих языках программирования (Python, C++, Ruby, Java, JavaScript), для данной операции можно считать неудачным решением по причине того, что он конфликтует с арифметическим оператором +, например:

```
System.out.println(«2 + 2 = « + 2+2);
```

Этот код на Java выведет `2 + 2 = 22` вместо ожидаемого `2 + 2 = 4`.

Аналогично, возникнет проблема с записью `«id=» + id+1` и т.п.

Предположительно по этой причине от + для конкатенации строк отказались во многих языках (PHP, Perl, D, Lua, Julia, Visual Basic, Nim, Dart), вот только однозначного обозначения для этой операции, к сожалению, до сих пор так и не определили (наиболее удачным можно считать принятое в языках D и Perl б обозначение — символ тильда ~), поэтому было принято решение пойти другим путём и вообще отказаться от оператора конкатенации строк. Для конкатенации строкового литерала и переменной в новом языке программирования достаточно просто расположить их рядом без пробелов:

```
print("id="id)
print("id=" (id+1))
```

Для конкатенации двух переменных используется такая форма записи:

```
print(name»»value)
```

Для добавления к уже имеющейся строковой переменной используется оператор «»=:

```
res_str «»= «, «
```

При этом запись `"2 + 2 = "2+2` в новом языке является некорректной, так как вначале вычисляется `"2 + 2 = "2`, что является строкой, а прибавление к строке числа

Таблица 3. Примеры использования ключевых подслов loop

С++	Новый язык программирования
<pre>for (auto el: {1, 3, 5}) printf("current element is%i\n", el);</pre>	<pre>loop(el) [1, 3, 5] print("current element is "el)</pre>
<pre>int index = 0; for (auto el: {1, 3, 5}) { printf("%ith element is%i\n", index, el); index++; }</pre>	<pre>loop(el) [1, 3, 5] print(loop.index"th element is "el)</pre>
<pre>bool was_found = false; for (auto &&el: container) if (condition(el)) { printf("Element was found\n"); was_found = true; break; } if (!was_found) printf("Element was not found\n");</pre>	<pre>loop(el) container if condition(el) print("Element was found") loop.break loop.was_no_break print("Element was not found")</pre>
<pre>bool first_iteration = true; for (auto el: {1, 3, 5}) { if (!first_iteration) printf(","); else first_iteration = false; printf("«%i», el); }</pre>	<pre>loop(el) [1, 3, 5] if!loop.first_iteration print(", ", end"") print(el, end"")</pre>
<pre>std::vector<int> arr = {1, 3, 5}; for (auto it = arr.begin(); it!= arr.end();) { if (*it == 3) it = arr.erase(it); else ++it; }</pre>	<pre>var arr = [1, 3, 5] loop(el) arr if el == 3 loop.remove_current_element_ and_continue</pre>

недопустимо. И в новом языке правильно писать так: "2 + 2 = "(2+2).

4. ЦИКЛЫ

В языке Python циклы реализуются посредством ключевых слов for и while. В языке С++ дополнительно к этим двум словам добавляется ещё do.

В то время как в функциональных языках программирования используются конструкции «for each» (запись times и each в Ruby и Groovy, а также foreach/forEach в Scala/Kotlin), использование отдельных ключевых слов предоставляет больше возможностей, чем такие конструкции. Например, возможность прервать цикл используя ключевое слово break. А потому в новом языке циклы предлагается выделить в целую группу ключевых подслов, объединённую корневым ключевым словом loop.

Предлагаемый новый язык программирования поддерживает 4 формы циклов:

1. Бесконечный цикл.

```
loop
print("\a")
sleep(1)
```

2. Цикл «while».

```
loop <условие>
...
```

Тело цикла выполняется/повторяется до тех пор, пока заданное условие истинно.

3. Повтор тела цикла заданное количество раз.

```
loop <число>
...
```

Пример:

```
loop 3
print("ABC")
выведет «ABC» 3 раза.
```

4. Цикл «for in».

```
loop(<переменная>) <итерируемое выражение>
```

...

Примеры:

`loop(x) 1..10 {print(x)}` выведет числа от 1 до 10 включительно.

`loop(c) "str" {print(c)}` выведет "s", "t" и "r".

`loop(n) [9,7] {print(n)}` выведет 9 и 7.

Ключевые под слова loop

`loop.break` прерывает выполнение текущего цикла.

`loop.continue` прерывает выполнение текущей итерации текущего цикла, и продолжает его выполнение на следующей итерации.

То, что в других языках программирования требуется каждый раз реализовывать вручную {например, добавлять переменную-счётчик если требуется получить номер текущей итерации цикла обхода элементов контейнера (связного списка или `map`) или заводить дополнительные булевы переменные для определения того, был ли прерван цикл, первая ли сейчас итерация цикла и т.д., см. табл. 1}, в новом языке представлено в виде дополнительных ключевых подслов оператора `loop`:

`loop.remove_current_element_and_continue` удаляет текущий элемент итерируемого контейнера.

Код под `loop.was_no_break` выполняется только когда цикл успешно завершился без вызова `loop.break`.

`loop.index` можно использовать для получения индекса (номера начиная с 0) текущей итерации цикла.

`loop.last_iteration` является истиной, если текущий элемент итерируемого контейнера последний.

`loop.first_iteration` является истиной, если текущий элемент итерируемого контейнера первый.

`loop.prev` и `loop.next` обеспечивают доступ к предыдущему или следующему элементу итерируемого контейнера.

Форма записи `loop(переменная) диапазон_или_объект` была выбрана вместо `loop(диапазон_или_объект) переменная` или вместо `loop переменная диапазон_или_объект` для того, чтобы можно было писать `loop(переменная).break`. Например:

```
loop(y) 0..10
loop(x) 0..10
if a[y][x] == 1
loop(y).break // прерывает внешний цикл по `y`
```

Прервать внешний цикл можно также с помощью записи `^^loop.break`, `^^!loop.break` и т.д. Такая запись более логична, чем `break N` в PHP [13], так как не очевидно с какого числа начинается отсчёт: с 0 или 1 (в PHP начинается с 1, т.е. просто `break` равнозначен `break 1`, а чтобы прервать внешний цикл, нужно использовать `break 2`).

5. «Синтаксическая соль»

Синтаксическая соль — это синтаксические возможности (конструкции) языка программирования, которые не добавляют какого-либо функционала, а предназначены для того, чтобы писать плохой код ({плохо читаемый и трудно сопровождаемый}) было труднее [14].

Приведение типов

Классическим примером общеизвестной и широко применяемой «синтаксической соли» являются имеющиеся почти в любом языке программирования со статической типизацией встроенные команды преобразования типов данных. Формально эти команды излишни (так как тип переменной-назначения итак известен компилятору), но в языках, где их применение обязательно, программист вынужден каждый раз обращать внимание на то, что он выполняет потенциально опасное смешение типов, которое часто указывает на логическую ошибку в программе.

Также как и другие языки со статической типизацией (C++, Java, Swift), в новом языке необходимо явное приведение типов. Например, чтобы присвоить переменной `s` строкового типа `String` значение целочисленной переменной `i` (другими словами — сконвертировать целочисленную переменную в строку), необходимо написать:

```
s = String(i)
```

Входные и выходные параметры функций

В языке Python параметры (аргументы) функций передаются по значению (и таким образом являются входными), за исключением объектов (включая списки), которые передаются по ссылке (и таким образом являются входными и выходными). В языке C++ для явного указания на то, что параметр функции может быть выходным (то есть, изменён внутри функции) используется синтаксис ссылок (символ `&` перед именем параметра функции), но при вызове самой функции это никак не указывается.

Также как в языке программирования Swift [15], в новом языке при вызовах функций для тех аргументов функций, которые могут быть изменены внутри них (так называемые in-out (входные и выходные) параметры), предлагается использовать префикс амперсанд (`&`):

```
tokenize(source, &comments)
```

При такой записи сразу видно, что функция `tokenize` во время своего выполнения может изменить переменную `comments`.

Таблица 4. Добавление в массив числа на языках Python и C++

Python	C++
<pre>array1 = [] array2 = array1 array2.append(1) print(len(array1)) # выведет 1</pre>	<pre>vector<int> array1; vector<int> array2 = array1; array2.push_back(1); cout << array1.size(); // выведет 0</pre>

Префиксы имён переменных

В некоторых языках программирования для выделения области переменных иногда используются алфавитные префиксы. Пример — венгерская нотация в C++ предписывает всем глобальным переменным к имени добавлять префикс `g_`, а к переменным членам классов — префикс `m_`. Однако, такая форма записи недостаточно изящна, а потому не нашла широкого применения. В предлагаемом языке программирования используется более компактная и наглядная запись: глобальные переменные необходимо выделять префиксом: (по аналогии `c::` в C++ — например, `global_var`), а переменные-члены — префиксом. (в предлагаемом языке указатель `this/self` обозначается тройкой символов `(.)`, и таким образом `(.).member_var` можно сократить до `member_var`, в то время как в некоторых других языках (например, Python и Rust) необходимо писать `self.member_var`).

Символ `@` в новом языке программирования используется для внешних (`captured`) переменных, так как он похож внешне на английские буквы `C` и `a`. В языке Python для этого используется ключевое слово `nonlocal`, а в C++ — список захвата (`capture list`).

Назначение префиксов переменных — такая же, как и у венгерской нотации — повышение читаемости кода.

Спецификаторы виртуальных функций

В языке Python спецификаторы виртуальных функций не предусмотрены, так как у него динамическая типизация и приближённо можно сказать, что все функции (методы) в Python — виртуальные. В языке C++ обязательно указывать, является ли функция виртуальной. Также предлагается делать и в новом языке программирования. Но, помимо этого, необходимо указать «тип её виртуальности». Возможно 5 вариантов:

1. `new` — это новая виртуальная функция. Наличие виртуальной функции с этим же именем в базовом классе является ошибкой компиляции.
2. `override` — это переопределяющая виртуальная функция. Отсутствие виртуальной функции с этим же именем в базовом классе является ошибкой компиляции.
3. `final` — это финальная виртуальная функция. Переопределение этой функции в производных классах запрещено.
4. `abstract` — это абстрактная виртуальная функция. Её необходимо определить в производном классе. Инстанцирование объектов класса, содержащего хотя бы одну абстрактную виртуальную функцию, запрещено (другими словами, невозможно создавать объекты таких классов — такие классы можно использовать только как основу для производных классов).
5. `assign` — это определение/реализация абстрактной функции.

В C++ представлены все эти варианты [16], кроме `new` и `assign`, однако спецификатор `override` является обязательным в C++ и обязательным в новом языке.

Оператор присваивания для сложных типов

Существующие языки программирования чётко определяют поведение оператора присваивания, обозначаемого символом равно (`=`). Но, в то время как в одних языках программирования (например, C++) этот оператор обозначает поэлементное копирование объектов, в других языках (Java, Python, Ruby), происходит лишь копирование ссылки на объект.

Рассмотрим это на примере (см. табл. 4).

Как можно заметить, поведение Python несколько сбивает с толку (так как добавление в массив `array2` изменяет также и `array1`). А поведение в C++ скрывает такую ресурсоёмкую операцию, как поэлементное копирова-

ние массивов, за простые знакомы равенства. Поэтому в новом предлагаемом языке программирования операция присваивания для сложных типов не определена, и необходимо в каждом конкретном случае явно указывать требуемое поведение — копирование либо создание новой ссылки. Так, чтобы получить поведение как в C++ (копирование), необходимо вместо `array2 = array1` написать `array2 = copy(array1)`.

Чтобы получить поведение как в Python напишем: `array2 = share(array1)`.

Заключение

В данной статье были рассмотрены основные черты нового разрабатываемого языка, удовлетворяющие требованиям когнитивной эргономики. Были рассмотрены такие элементы синтаксиса нового языка программирования как: отсутствие визуальных помех, иерархическая организация ключевых слов языка, эргономичные обо-

значения операторов, циклы, приведение типов, префиксы имён переменных, спецификаторы виртуальных функций.

Для обозначения логических операторов поразрядное исключающее ИЛИ, а также возведение в степень были выбраны соответствующие обозначения (+) и ^, являющиеся эргономичными исходя из практики использования соответствующих математических обозначений.

Операции конкатенации массивов и строк не вызывают конфликта с операцией + и также интуитивно понятны для восприятия.

Все вышеперечисленные особенности позволяют упростить язык для восприятия программистом по критериям «понятность конструкций языка» и «простота языка», сделать его интуитивно понятным, что в свою очередь позволит более эффективно решать поставленные задачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Паронджанов В. Д. Как улучшить работу ума: Алгоритмы без программистов — это очень просто! Москва: Дело, 2001. 360 с.
2. Schröder E. Vorlesungen über die Algebra der Logik. Bd I. Leipzig, 1890.
3. Марр Д. Зрение. Информационный подход к изучению представления и обработки зрительных образов: Пер. с англ. Москва: Радио и связь, 1987. 400 с.
4. Паронджанов В. Д. Как написать хороший учебник для хороших людей. Учебники, о которых мечтают студенты и школьники. Москва: ДМК Пресс, 2017. 500 с.
5. Молдованова, О. В. Языки программирования и методы трансляции: учебное пособие / О. В. Молдованова. — Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2012. — 134 с. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/54809.html>
6. TIobe Index for March 2020 URL: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/>
7. Белова И. Язык программирования Python URL: <https://youtu.be/6l7ybevPUKM?t=42>
8. Зыков А.Г., Поляков В. И., Скорубский В. И. Математическая логика. — СПб: НИУ ИТМО, 2013. 131 с.
9. Bellare M., Canetti R., Krawczyk H. Keying hash functions for message authentication. In: Koblitz, N. (ed.) CRYPTO 1996. LNCS, vol. 1109, pp. 1–15. Springer, Heidelberg (1996).
10. What is ^ used for in ruby? URL: <https://stackoverflow.com/questions/11464905/what-is-used-for-in-ruby>
11. Expressions — Python 3.7.4 documentation URL: <https://docs.python.org/3/reference/expressions.html#binary-arithmetic-operations>
12. Comments — cppreference.com URL: <https://en.cppreference.com/w/cpp/comment>
13. PHP: break — Manual URL: <https://www.php.net/manual/en/control-structures.break.php>
14. Syntactic salt URL: <http://www.catb.org/jargon/html/S/syntactic-salt.html>
15. Functions — The Swift Programming Language (Swift 5.1) URL: <https://docs.swift.org/swift-book/LanguageGuide/Functions.html#ID173>
16. Virtual function specifier — cppreference.com URL: <https://en.cppreference.com/w/cpp/language/virtual>

© Третьяк Александр Викторович (alextretyak2@gmail.com),

Третьяк Екатерина Викторовна (tretiak.ev@dvvu.ru), Верещагина Елена Александровна (everesh@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОЦЕНКА МЕТОДОВ АНАЛИЗА ЛИЦЕВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА ВОДИТЕЛЯ

EVALUATION OF FACIAL ANALYSIS METHODS FOR PERSONALIZATION IN DRIVER MONITORING SYSTEMS

*Pham T. A.
M. Kashevnik
A. Chechulin*

Summary. Recently, research and development on the topic of driver monitoring systems have become more and more popular. Since self-driving cars remain the long perspective, the research & development community in the field of intelligent transportation concentrated on driver monitoring in-vehicle cabin to reduce the number of traffic accidents. The paper presents an analysis of the relevant work and reviews modern methods for identifying potentially distracting driver situations based on the analysis of images received from the front camera of the smartphone. The study aims to answer the question: how to set up methods for analyzing facial images for different types of faces (for example, in Europe or Asia) to personalize the system and increase the accuracy of facial features detection. Progress in the field of deep learning is widely used in modern identification systems and can also be applied to the problem under consideration. The paper assesses the advantages and disadvantages of the existing machine learning methods in relation to the problem under consideration.

Keywords: Face analysis, personification, deep learning, artificial neural networks, convolutional neural networks.

Фам Туан Ань

Университет ИТМО

anhpt@itmo.ru

Кашевник Алексей Михайлович

СПИИРАН

alexey.kashevnik@iias.spb.su

Чечулин Андрей Алексеевич

СПИИРАН

chechulin@comsec.spb.ru

Аннотация. В последнее время исследования и разработки по тематике систем мониторинга водителей становятся все более и более популярными. Поскольку появление автономных транспортных средств на дорогах общего пользования невозможно в ближайшие годы, сообщество исследователей и разработчиков в области интеллектуальных транспортных систем сосредоточилось на мониторинге водителя в салоне транспортного средства для уменьшения количества дорожно-транспортных происшествий. В статье представлен анализ современных работ в области определения лицевых характеристик с использованием анализа изображений лица водителя. Целью исследования является ответ на вопрос, каким образом настроить методы анализа изображений для разных типов лиц (например, в европейских или азиатских), для того чтобы персонализировать систему и повысить точность определения черт лица. Прогресс в области глубокого обучения широко используется в современных системах идентификации и также может быть применен к рассматриваемой проблеме. В статье дается оценка преимуществ и недостатков существующих методов машинного обучения по отношению к рассматриваемой проблеме.

Ключевые слова: Анализ лицевых характеристик, персонификация, глубокое обучение, искусственные нейронные сети, сверточные нейронные сети.

Введение

Исследования и разработки по тематике систем мониторинга водителей в последние годы становятся все более и более популярными. В ноябре 2019 года Европейский союз объявил об обязательном введении систем контроля водителя для каждого транспортного средства [1]. Многие компании сосредоточены на разработке аппаратного и программного обеспечения для определения сонливости или отвлечения внимания водителя. Одним из эффективных методов выявления сонливости и отвлечения внимания является анализ лицевых характеристик водителя, путем анализа непрерывной информации с фронтальной камеры смартфона для наблюдения за глазами водителя. При этом алгоритмы распознавания изображений используются для обнаружения характеристик лица [2].

Исследования анализу изображений лиц ведутся с 1960-х годов, однако в этой области осталось много нерешенных вопросов. В начале 1990-х и 2000-х годов исследования по анализу лиц стали популярными в основных инженерных направлениях, таких как линейное подпространство, разнообразие и разреженное представление. В начале 2010-х годов многие исследователи в области анализа лицевых характеристик представили такие методы, как локальные описания, локальные фильтры для сокращения программ и признание точнее распознавания. В 2012 году, когда компания AlexNet представила методику глубокого обучения, он оказал значительное влияние на область компьютерного зрения.

Для определения состояния небезопасного вождения с использованием камеры, направленной на лицо

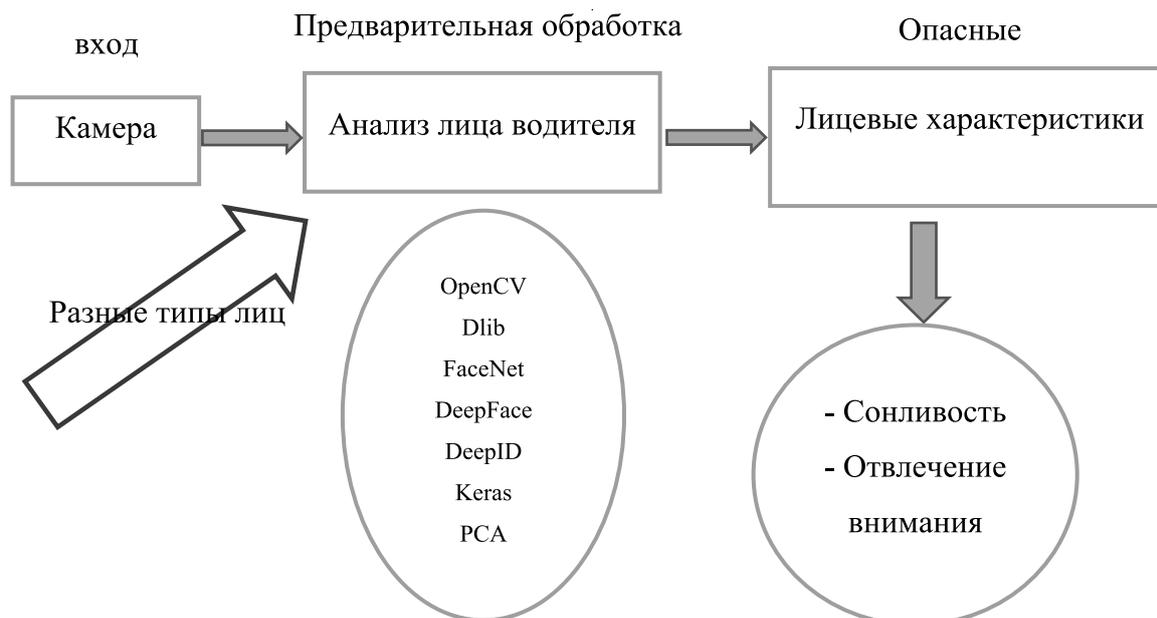


Рис. 1. Модель использования смартфона для выявления опасных состояний.

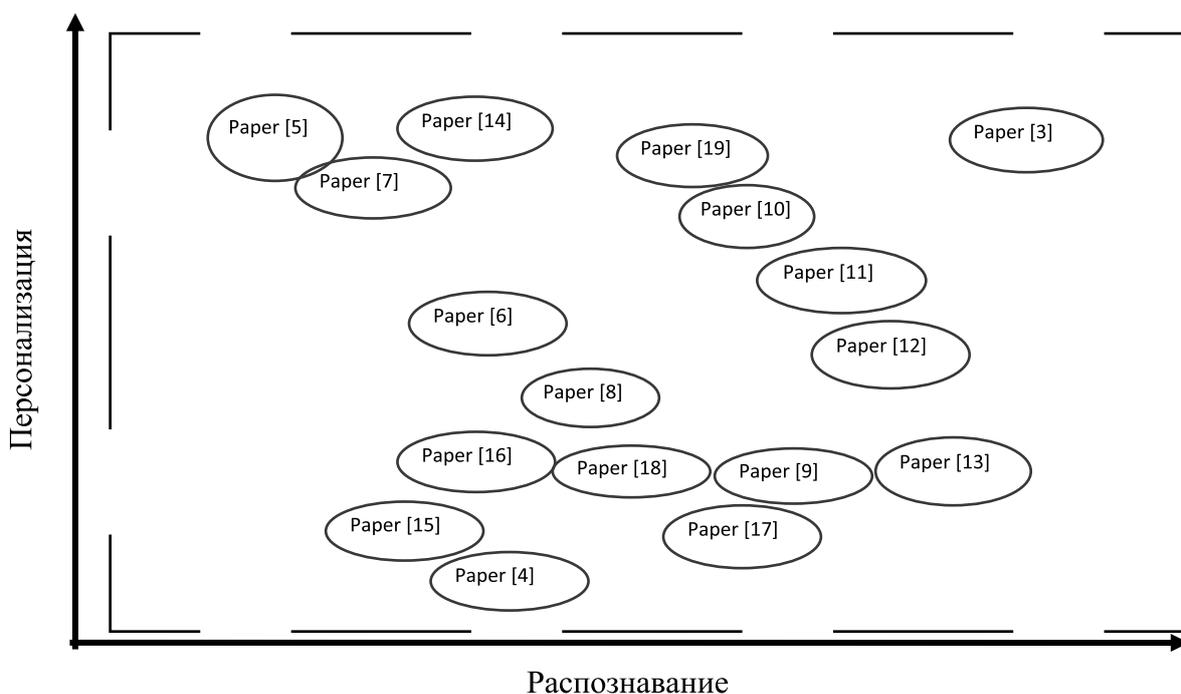


Рис. 2. Классификация документов по распознаванию объектов на лицах

водителя, в системе мониторинга необходимо проанализировать и идентифицировать лицевые характеристики водителя (глаза, нос, рот, уши) [2]. В данной статье анализируются методы идентификации лицевых характеристик по изображению с камеры применительно к разным типам лиц в разном контексте (Рисунок 1). В статье рассматриваются преимущества и недостатки популярных методов анализа лицевых характеристик,

а также влияния расовых признаков и черт лица на такое распознавание с целью его персонализации в дальнейшем.

Статья структурирована следующим образом. В разделе II описываются работы, связанные с темой анализа лиц, сравниваются преимущества и недостатки рассматриваемых методов, указываются и обсуждаются

технические вопросы, требования и спецификации для персонализации анализа лиц. В разделе III представлены результаты экспериментов с европейскими и азиатскими изображениями лиц с использованием рассмотренных методов. В заключение подведены итоги работы.

Обзор современных исследований

Технология идентификации объектов на лице человека имеет достаточно долгую историю. Такие всемирно известные платформы открытый исходный код, как OpenCV и DLib, предоставляют комплексные инструменты для идентификации объектов на лице человека. Алгоритмы и методы идентификации делятся на большие группы: классические алгоритмы распознавания лиц; искусственные нейронные сети; вейвлеты Габора; методы, основанные на дескрипторе лица; 3D-распознавание лица. Проблемы, которые затрудняют идентификацию лиц, включают в себя: разные положения лиц, движения головы, разницу в освещенности.

Авторы исследовали и проанализировали научные статьи о методах распознавания объектов на лице водителя, которые были классифицированы с точки зрения качества распознавания и степени персонализации (см. рис. 2).

В статье [4] авторы представили исследование по распознаванию эскизов лица (нарисованных изображений). Предложено выделить 66 точек на лице, которые разделяют лицо на сегменты. Из полученных сегментов выделяются волосы, брови, глаза, нос и рот.

Статья [5] анализирует применение Hidden Markov model (HMM) для определения направления взгляда. Авторы показали, что во время процесса анализа лицевых характеристик, различные области лица получают разные уровни внимания. Принято считать, что глаза, нос и рот являются чертами лица, на которых чаще всего фокусируется внимание.

В статье [6] предложено делить методы распознавания лицевых характеристик на три категории: общие алгоритмы, 2D-методы и 3D-методы. Подход Eigenfaces представляется быстрым, простым и практичным методом, он стал наиболее широко используемым методом распознавания лицевых характеристик.

В статье [7] говорится о влиянии подмигивания на алгоритм распознавания лиц. Тестируемый алгоритм распознавания лиц представляет собой слияние анализа основных компонентов (Principal Component Analysis — PCA), извлекающего функции на основе локальных двоичных шаблонов (Local Binary Patterns — LBP) и клас-

сификации на основе поддержки (Support-Based Classification — SVM). Целью исследования является не улучшение работы алгоритма распознавания лиц, а тестирование производительности во время подмигивания.

Методы, используемые в настоящее время для распознавания лиц, обсуждаются в статье [8], важным используемым методом является метод использования инфракрасного спектра (Infrared Spectrum — IRS) для идентификации лиц. В статье [9] представлен метод анализа главных компонент (PCA), который состоит из 4 этапов: позиционирование лица и предварительная обработка изображения; стандартное разложение PCA; Local PCA (LPCA), сложная реализация PCA; Последний шаг — переоценка значений в векторе результатов, чтобы подчеркнуть уникальные признаки. Предложенные альтернативные преобразования включают в себя длины волн Габора, локальные двоичные структуры и корреляционные фильтры.

Авторы статьи [10] упомянули метод распознавания по локальным двоичным структурам LBP. В рамках этого метода изображение лица делится на набор областей. Локальные таблицы распределения двоичных объектов извлекаются из этих наборов. Затем таблицы объединяются в расширенный векторный элемент, который используется в качестве описания лица. Результаты ясно показывают, что изображения лица можно рассматривать как компонент микро-моделей, таких как плоскости, пятна, линии и края, которые могут быть хорошо описаны локальными двоичными структурами.

Статья [11] направлена на выявление черт лица (положение глаз, рта, центра глаза и угла рта) на основе геометрической информации с использованием векторных полей расстояния. Распознавание лица выполняется с использованием сегментации цвета кожи в цветовом пространстве YIQ — используется в видеосистемах, после чего следуют этапы точной настройки на основе генетических алгоритмов.

Авторы статьи [12] предложили последовательность алгоритмов с возможностью идентификации лица с более высокой точностью, включающих в себя комбинирование SVM, PCA, LBP и нейронных сетей различными методами. Из результатов становится ясно, что классификация на основе SVM для операторов LBP и извлечение признаков на основе PCA обеспечивают более высокую точность по сравнению с классификацией на основе прямой передачи с обратным распространением (Feed Forward Back Propagation Neural Network — FFBPNN), сохраняя при этом изменение характеристик извлечения модели. Кроме того, в случае SVM трехмерные изображения лица обеспечивают лучшую классификацию бла-

Таблица 1. Обзор методов распознавания лиц

№	Метод	Преимущества	Недостатки
1	Традиционные алгоритмы распознавания лиц [14], [15]	Алгоритмы ориентированы на локальную структуру многообразия. Они проецируют лицо на линейное подпространство, охватываемое изображениями собственного лица. Расстояние от пространства лица является ортогональным к плоскости среднего изображения, поэтому может быть легко преобразовано в расстояния Махаланобиса с вероятностной интерпретацией.	Методы не могут адекватно осуществлять распознавание объектов лиц, при увеличении шумов, например лохом освещении. Подпространственные подходы применяются в методах на основе Discriminant common vectors (DCV) и support vector machine (SVM). Сохранение локальной структуры между образцами является областью методов Neighbourhood Preserving Projection (NPP) и Orthogonal Neighborhood Preserving Projection (ONPP).
2	Искусственные нейронные сети (Artificial neural networks — ANN) [16], [17]	Этот метод представляет также другие подходы для упрощения процесса, касающегося собственной функции линеаризации ANN и ускорения вычислений. Он является идеальным решением, особенно для распознавания изображений лица с частичным искажением и окклюзией.	Основным недостатком данного подхода является требование большого количества обучающих образцов (вместо одного образца или их ограниченного количества).
3	Вейвлеты Габора [17], [18]	Вейвлеты Габора демонстрируют желательные характеристики захвата характерных визуальных свойств, таких как селективность ориентации пространственной локализации и пространственная частота.	Недостатком методов, основанных на Габоре, является значительно большая размерность пространства признаков Габора. Подход требует большого объема вычислений и нецелесообразен для приложений реального времени.
4	Методы, основанные на дескрипторе лица [3], [19]	Основная идея заключается в изучении наиболее различимых локальных особенностей, которые минимизируют разницу между изображениями одного и того же человека и максимизируют разницу между изображениями других людей. Эти методы являются дискриминационными и устойчивыми к изменениям освещения и выражения лица. Они предлагают компактный, легкий для извлечения и очень различительный дескриптор.	Подход требует значительных вычислительных ресурсов на этапе извлечения дескриптора, но поощряет простоту и производительность по сравнению с онлайн-приложениями.
5	3D распознавание лиц [20], [21]	Расширение традиционного процесса 2D захвата и имеет большой потенциал для точности. Информация о глубине не зависит от позы и освещения, что делает решение более надежным	3D-системы распознавания требуют калибровку и синхронизацию с существующими 2D-данными. Эта система обычно имеет время вычислений и большую задержку

годаря способности трехмерных изображений сохранять информацию.

В работе [13] проведены эксперименты по определению влияния пола и возраста на результаты идентификации. Результаты показывают, что точность распознавания лица у мужчин выше, чем у женщин, но анализ специфичности у мужчин ниже, чем у женщин. Причиной этого результата может являться то, что черты мужского лица значительно крупнее женских. А также, женщины наносят макияж на лицо, что тоже отрицательно сказывается на распознавании, поэтому степень распознавания мужского лица выше чем женского, но женские особенности лица выделяются сильнее чем мужские. При этом влияние возраста у мужчин намного выше, чем на женщин.

Сравнение исследований

Предложено разделять методы распознавания объектов на лице на следующие основные группы: Традиционные алгоритмы распознавания лиц, искусственные нейронные сети, вейвлеты Габора, методы на основе дескрипторов лиц, 3D-распознавание лиц (Таблица 1).

Технические требования

Из сравнений и анализа вышеупомянутых методов распознавания лицевых характеристик видно, что система глубокого обучения, использующая искусственные нейронные сети, является эффективным и передовым решением в области распознавания лиц [22]. Однако это решение по-прежнему сталкивается с проблемами, ко-

Таблица 2. Сравнение производительности

Лицо	Традиционные алгоритмы распознавание лица (время, сек)	Искусственная нейронная сеть (время, сек)	3D распознавание лиц (время, сек)
Азиатский анфас	0,157	0,195	2,684
Азиатский повернуто	0,113	0,188	2,491
Европейский анфас	0,264	0,383	2,567
Европейский повернуто	0,158	0,287	2,512

Таблица 3. Точность сравнения

Лицо	Традиционные алгоритмы распознавание лица (точность,%)	Искусственная нейронная сеть (точность,%)	3D распознавание лиц (точность,%)
Азиатский анфас	40	80	98
Азиатский повернуто	24	92	96
Европейский анфас	56	100	98
Европейский повернуто	40	92	95

торые приводят к снижению производительности распознавания. Поэтому, мы обсудим требования, которые необходимо учитывать при определении лицевых характеристик для решения этой проблемы:

- ◆ **Качество изображения:** Качество изображения влияет на эффективность работы алгоритмов распознавания лиц. В зависимости от задачи качество изображения может играть решающую роль при распознавании лицевых характеристик. Качество изображения при сканировании видео обычно ниже по сравнению с фотографией.
- ◆ **Размер изображения:** когда алгоритм обнаружения лица детектирует лицо на изображении, относительный размер этого лица по сравнению с зарегистрированным размером изображения влияет. Малый размер изображения означает, что обнаруженное лицо имеет низкое разрешение. Кроме того, необходимость сканировать изображение на предмет изменения размера лица является трудозатратной задачей с точки зрения ресурсов.
- ◆ **Угол лица:** относительный угол поворота и наклона лица сильно влияет на оценку распознавании лицевых характеристик. Сочетание решений 3D-идентификации и расширения хранилища данных достаточно ресурсозатратно, чтобы быть хорошим вариантом и хорошим решением для этой проблемы.
- ◆ **Обработка и хранение:** несмотря на то, что видео высокой четкости имеет довольно низкое разрешение по сравнению с изображениями с цифровых камер, оно все равно занимает значительные объемы дискового пространства. Обработка

каждого кадра видео является огромной задачей, поэтому обычно только часть (от 10 до 25 процентов) фактически проходит через систему распознавания. Чтобы минимизировать общее время обработки, могут быть использованы кластеры компьютеров. Однако добавление компьютеров включает в себя значительные затраты на передачу данных по сети, что также ограничивает скорость обработки лица.

- ◆ **Данные для обучения:** Deep neural network (DNN) зарекомендовала себя как доминирующий метод в машинном обучении. Combined neural networks (CNN) использовались почти во всех наиболее эффективных методах распознавания. После обучения, такие системы способны к глубокому анализу, решая самые сложные проблемы, которые все еще влекут за собой другие методы. Однако все эти методы подчеркивают необходимость в более широком и более сложном наборе общедоступных данных для оценки этих систем. Глубокие нейронные сети требуют больших объемов данных, предпочтительно десятков миллионов изображений. Поэтому часто в распоряжении разработчика просто не имеется достаточного объема данных для современных систем глубокого обучения.
- ◆ **Отсутствие разнообразия и плохое обобщение:** Существующие наборы данных, такие как база данных Yale Face, были получены в строго контролируемых лабораторных условиях. Наборы данных, такие как LFW и Cross-Age Celebrity Dataset (CACD), утверждают, что они получены «в дикой природе», но принимаются почти исключительно профессиональными фотографами

с цифровыми однообъективными зеркальными камерами, есть хороших освещенных условиях. Обучение таким наборам данных, вероятно, приведет к плохой ошибке обобщения, когда модели столкнутся с менее ограниченной операционной средой, такой как фотопоток с мобильного телефона или камеры низкого качества.

Методы оценки

Чтобы ответить на вопрос: «Как адаптировать метод распознавания лицевых характеристик для разных типов лиц (например, европейские или азиатские) для обогащения персонализации в процессе распознавания лиц?» Авторы оценили классический алгоритм распознавания лиц, искусственную нейронную сеть и 3D распознавания лиц (см. (1) и (2) в таблице 1).

Авторы сформировали набор данных, который содержит 100 изображений, 50 азиатских лиц и 50 европейских, включая 25 изображений лиц в анфас и 25 изображений лиц в повернуто. Фотографии были взяты из доступных наборов данных. Были выполнены тесты, используя традиционные алгоритмы распознавания лиц, метод искусственной нейронной сети и 3D распознавания лиц. Измерена эффективность распознавания лиц (см. таблицу 2), а также точность распознавания (см. таблицу 3). Результаты исследований показывают, что традиционные алгоритмы имеют быструю работы, чем искусственные нейронные сети, однако, уровень точности намного ниже.

Для метода 3D-распознавания существует стабильная и высокая точность, но существует большая задержка. Точность распознавания европейских лиц часто немного выше, чем у азиатских лиц, в частности, результаты поиска с европейскими анфасами с искусственными нейронными сетями очень точны и стабильны.

Заключение

В статье представлен анализ и спецификация требований к системам распознавания лицевых характеристик. Глубокое обучение было интегрировано в большинство современных моделей и методов распознавания лицевых характеристик. Это изменение привело к значительному повышению точности систем распознавания лицевых характеристик и стало действующим стандартом онлайн-стандартов распознавания лицевых характеристик. Модели глубокого обучения в сочетании с нейронами добились замечательных достижений, значительно повысив точность и скорость выполнения. Степень зависимости от людей, а также влияние человека на систему уменьшается. Системы постепенно становятся умными и достигают той же производительности, что и люди. В настоящее время существует множество наборов данных лиц различных организаций, как государственных, так и частных, которые можно использовать для исследования методов распознавания визуальных сигналов. Для обучения современных систем машинного обучения набор данных должен быть большого масштаба (десятки миллионов изображений).

ЛИТЕРАТУРА

1. Regulation (EU) 2019/2144 of the European Parliament and of the Council of 27 November 2019.
2. Kashevnik, A., Lashkov, I., & Gurtov, A. (2019). Methodology and Mobile Application for Driver Behavior Analysis and Accident Prevention. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*.
3. Abudarham, N., Shkiller, L., & Yovel, G. (2019). Critical features for face recognition. *Cognition*, 182, 73–83.
4. Liu, D., Li, J., Wang, N., Peng, C., & Gao, X. (2018). Composite components-based face sketch recognition. *Neurocomputing*, 302, 46–54.
5. Chuk, T., Crookes, K., Hayward, W. G., Chan, A. B., & Hsiao, J. H. (2017). Hidden Markov model analysis reveals the advantage of analytic eye movement patterns in face recognition across cultures. *Cognition*, 102–117.
6. Zhang, X., & Gao, Y. (2009). Face recognition across pose: A review. *Pattern Recognition*, 42(11), 2876–2896.
7. Shankar, S. (2015). Assessment of the effect of variations in Eye Blinks on a face recognition algorithm. In 2015 IEEE International Advance Computing Conference (pp. 371–376). IEEE.
8. Singh, S., & Prasad, S.V.A. V. (2018). Techniques and Challenges of Face Recognition: A Critical Review. *Procedia computer science*, 143, 536–543.
9. Givens, G. H., Beveridge, J. R., Phillips, P. J., Draper, B., & Bolme, D. (2013). Introduction to face recognition and evaluation of algorithm performance. *Computational Statistics & Data Analysis*, 67, 236–247.
10. Ahonen, T., Hadid, A., & Pietikainen, M. (2006). Face description with local binary patterns: Application to face recognition. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 28(12), 2037–2041.
11. Asteriadis, S., Nikolaidis, N., & Pitas, I. (2009). Facial feature detection using distance vector fields. *Pattern Recognition*, 42(7), 1388–1398.
12. Shankar, S., & Udipi, V. R. (2016). Recognition of Faces-An Optimized Algorithmic Chain. *Procedia Computer Science*, 89, 597–606.
13. Bowyer, K., & King, M. (2019). Why face recognition accuracy varies due to race. *Biometric Technology Today*, 2019(8), 8–11.
14. Turk, M., & Pentland, A. (1991). Eigenfaces for recognition. *Journal of cognitive neuroscience*, 3(1), 71–86.
15. Bartlett, M.S., Movellan, J.R., & Sejnowski, T. J. (2002). Face recognition by independent component analysis. *IEEE Transactions on neural networks*, 13(6), 1450–1464.

16. Zhang, B. L., Zhang, H., & Ge, S. S. (2004). Face recognition by applying wavelet subband representation and kernel associative memory. *IEEE Transactions on neural networks*, 15(1), 166–177.
17. Trigueros, D. S., Meng, L., & Hartnett, M. (2018). Face recognition: from traditional to deep learning methods. *arXiv preprint arXiv:1811.00116*.
18. Serrano, Á., de Diego, I. M., Conde, C., & Cabello, E. (2010). Recent advances in face biometrics with Gabor wavelets: A review. *Pattern Recognition Letters*, 31(5), 372–381.
19. Chen, J., Shan, S., He, C., Zhao, G., Pietikainen, M., Chen, X., & Gao, W. (2009). WLD: A robust local image descriptor. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 32(9), 1705–1720.
20. Kemelmacher-Shlizerman, I., & Basri, R. (2010). 3D face reconstruction from a single image using a single reference face shape. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 33(2), 394–405.
21. Bowyer, K. W., Chang, K., & Flynn, P. (2006). A survey of approaches and challenges in 3D and multi-modal 3D+ 2D face recognition. *Computer vision and image understanding*, 101(1), 1–15.
22. Balaban, S. (2015, May). Deep learning and face recognition: The state of the art. In *Biometric and Surveillance Technology for Human and Activity Identification XII* (Vol. 9457, p. 94570B).

© Фам Туан Ань (anhpt@itmo.ru), Кашевник Алексей Михайлович (alexey.kashevnik@iiias.spb.su),

Чечулин Андрей Алексеевич (chechulin@comsec.spb.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



НИУ ИТМО

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ СТРАТЕГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

INCREASING THE LEVEL OF STRATEGIC SECURITY OF CRITICAL INFORMATION INFRASTRUCTURE FACILITIES

**N. Fomin
A. Samoshina
O. Evsutin
N. Domukhovsky
D. Komarov**

Summary. The article deals with increasing the level of strategic security of critical information infrastructure objects. Failure to operate such facilities can paralyze the life of cities and businesses, cause significant damage due to potential vulnerabilities and the inability to neutralize cyber threats. A comparative analysis of software and hardware complexes for ensuring the protection of critical information infrastructure is carried out. The list of shortcomings in existing software and hardware complexes is revealed, based on the specifics of the requirements for ensuring the security of objects of the Russian Federation. A list of proposals for improving software and hardware systems to ensure the protection of critical information infrastructure has been formed.

Keywords: cyber threats, automated process control systems, vulnerabilities, critical information infrastructure, strategic security.

Фомин Николай Александрович

*Н.с., Институт проблем управления
им. В. А. Трапезникова РАН, г. Москва
science-fomin@yandex.ru*

Самошина Анна Ивановна

*Инженер-исследователь, Институт проблем
управления им. В. А. Трапезникова РАН, г. Москва
ania.cat03@gmail.com*

Евсутин Олег Олегович

*К.т.н., доцент, с.н.с., Институт проблем управления
им. В. А. Трапезникова РАН, г. Москва
evsutin.oo@gmail.com*

Домуховский Николай Анатольевич

*Уральский центр систем безопасности,
г. Екатеринбург
ndomukhovsky@ussc.ru*

Комаров Денис Евгеньевич

*Ведущий аналитик, Уральский центр систем
безопасности, г. Екатеринбург
dkomarov@ussc.ru*

Аннотация. В статье рассматривается повышение уровня стратегической безопасности объектов критической информационной инфраструктуры. Нарушение работоспособности подобных объектов способно парализовать жизнедеятельность городов и предприятий, нанести существенный урон за счет имеющихся потенциальных уязвимостей и невозможности нейтрализовать киберугрозы. Проведен сравнительный анализ программно-аппаратных комплексов обеспечения защиты критической информационной инфраструктуры. Выявлен перечень недостатков в существующих программно-аппаратных комплексах, исходя из специфики требований обеспечения безопасности объектов Российской Федерации. Сформирован перечень предложений по совершенствованию программно-аппаратных комплексов обеспечения защиты критической информационной инфраструктуры.

Ключевые слова: киберугрозы, АСУ ТП, уязвимости, КИИ, стратегическая безопасность.

Введение

В настоящее время существует необходимость обеспечения адекватного уровня информационной безопасности на критически важных объектах (КВО) и объектах критической информационной инфраструктуры (КИИ) Российской Федерации [1]. Для управления бизнес-процессами КВО и организаций, являющихся субъектами КИИ, используются АСУ ТП, выступающие основными элементами инфраструктуры

современных предприятий практически любого сектора экономики: топливно-энергетического комплекса, металлургической промышленности, химической промышленности и др. [2–4].

Необходимо принять во внимание, что исторически при создании АСУ ТП использовались разработки, сделанные по индивидуальному заказу с применением специализированных протоколов и средств связи без каких-либо средств защиты информации. В то же время

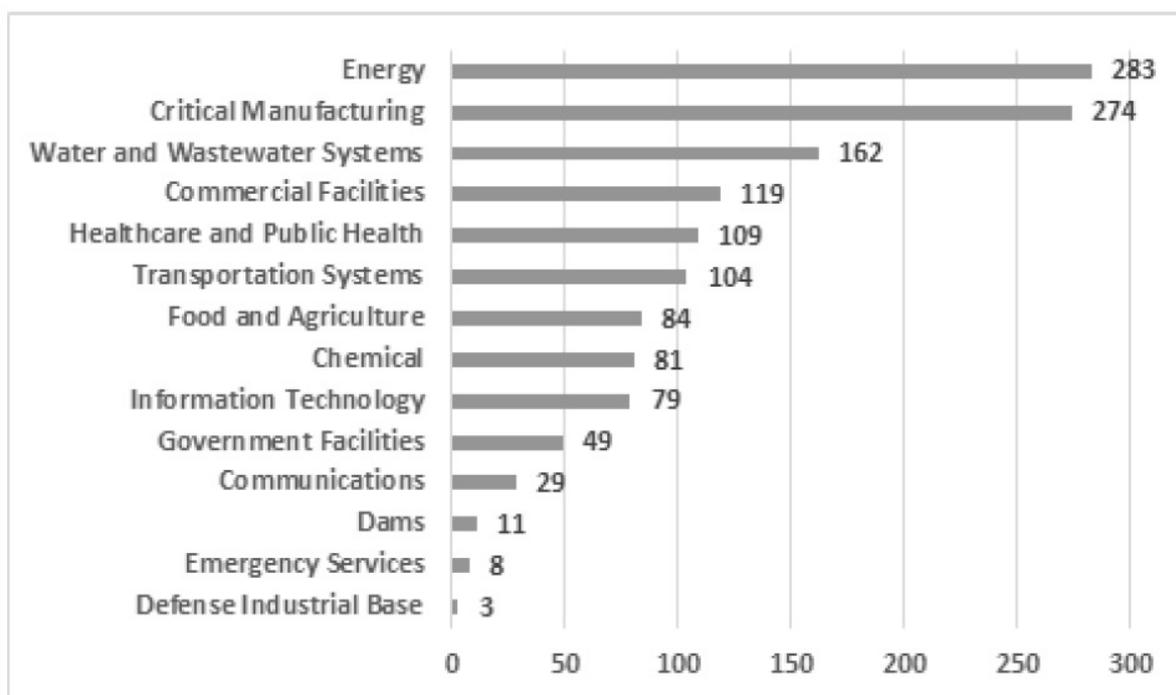


Рис. 1. Уязвимости, опубликованные за 2019 год [1]

тенденция цифровизации процессов в АСУ ТП приводит к расширению объема и разнообразия используемой в АСУ ТП информационной инфраструктуры, платформ, приложений и устройств. В АСУ ТП используется все больше современных технологий, таких как облачные технологии, интернет вещей (IoT), в том числе промышленный интернет вещей (IIoT) [5], искусственный интеллект (AI). Проблема заключается в том, что современный уровень развития информационных технологий и их проникновение в АСУ ТП несет не только новые возможности для автоматизации и управления технологическими процессами предприятия, но и новые угрозы и риски ИБ [6].

В последние годы множество стран разрабатывают технологии кибернетических атак, которые отличаются скрытностью и эффективностью, позволяя нарушать работу систем, автоматизирующих критически важные процессы — от АСУ ТП промышленных предприятий до систем жизнеобеспечения городов.

Целью данной работы является критический анализ программно-аппаратных комплексов обеспечения защиты критической информационной инфраструктуры и выработка предложений по их совершенствованию.

Проблематика

При обеспечении информационной безопасности АСУ ТП на первое место выходят свойства целостности

и доступности информации. Искажение информации, поступающей с датчиков и устройств телеметрии, может привести к принятию неверного решения оператором или средством автоматизации, что существенно повышает вероятность реализации техногенных угроз различной степени тяжести. Также очевидным является требование по необходимости обеспечения высокого уровня доступности информации, циркулирующей в АСУ ТП, особенно в АСУ ТП с наличием обратной управляющей связи.

Усложнение применяемых информационных технологий и процессов функционирования АСУ ТП приводит к тому, что потенциальные нарушители получают значительно более широкий спектр возможностей по деструктивному воздействию на АСУ ТП путем использования ошибок и недеklarированных возможностей аппаратно-программных средств, применяемых в составе АСУ ТП. Отсутствие четко выраженной экспликации стратегии защиты АСУ ТП приводит к снижению уровня доверия к средствам автоматизации и современным системам, используемым при управлении технологическими процессами, что в целом снижает эффективность работы и уровень безопасности предприятия.

Отчеты ведущих профильных исследовательских центров показывают, что в 2019 году было выявлено существенно количество инцидентов ИБ в сфере АСУ ТП, включая атаки с использованием кибероружия, направленные на конкретное оборудование промышленных

Таблица 1. Распределенные уязвимости по степени рисков

Оценка степени риска	9–10 (критическая)	7–8,9 (высокая)	4–6,9 (средняя)	0–3,9 (низкая)
Кол-во уязвимостей	97	249	143	18

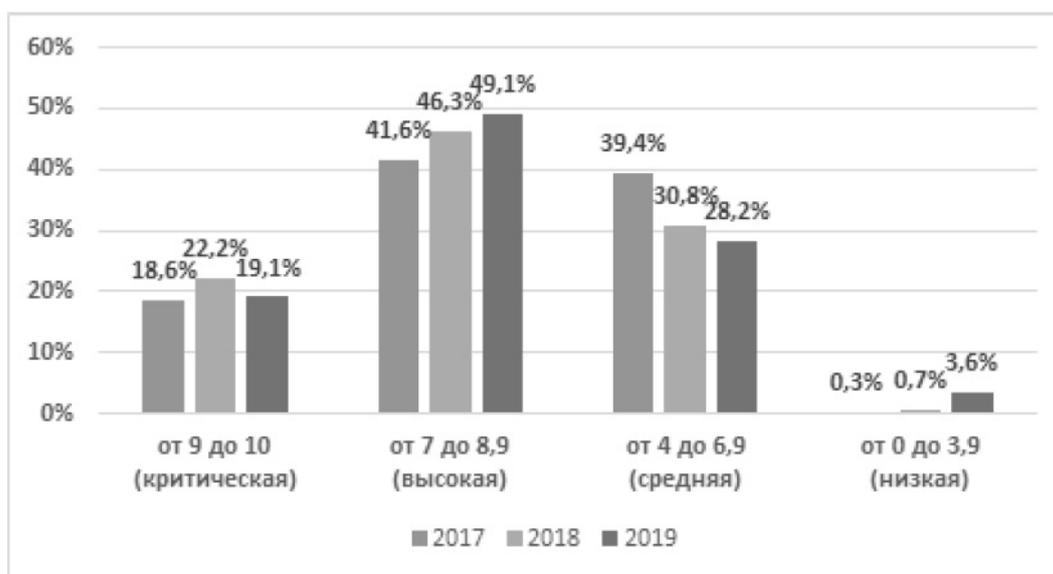


Рис. 2. Процент уязвимостей по степени риска, 2019 в сравнении с 2017 и 2018 годами

систем автоматизации. В частности, об этом свидетельствуют полугодовые отчеты Лаборатории Касперского [1], периодические отчеты ICS-CERT (Центра реагирования на инциденты информационной безопасности в АСУ ТП) [2] и ежегодный аналитический отчет от российской компании Positive Technologies [3]

На рис. 1 представлено количество уязвимых продуктов, используемых в различных отраслях (по классификации US ICS-CERT).

В 2019 году больше половины уязвимостей АСУ ТП получили свыше 7 баллов по CVSS версии 3.0, что соответствует высокому и критическому риску. В табл. 1 представлены опубликованные уязвимости по степени риска.

Если сравнивать с 2017 и 2018 годом, то доля уязвимостей, имеющих высокую и критическую оценку риска возросла (рис. 2).

Для повышения уровня обеспеченности стратегической безопасности объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации требуется создание программно-аппаратных комплек-

сов, направленных на предотвращение потенциальных киберугроз. При этом российские и зарубежные организации-производители средств защиты ведут постоянную работу по созданию решений для обеспечения ИБ промышленных систем автоматизации и управления (ПСАиУ), учитывающих специфику промышленных сетей и оборудования.

В данной статье рассмотрим лучшие программно-аппаратные решения для обеспечения ИБ ПСАиУ, проведем анализ их недостатков и сформируем предложения по их совершенствованию.

Предметное решение

Рассмотрим актуальные российские и зарубежные решения для обеспечения ИБ ПСАиУ и их состав:

- ♦ Indegy [4] — комплекс решений, объединяющих в себе группы безопасности и операции с полной видимостью, безопасностью и контролем активности и угроз промышленных систем управления, сочетающее гибридный мониторинг на основе политик безопасности и обнаружения аномалий сети с проверками целостности.

Таблица 2. Сравнение функциональных возможностей программно-аппаратных решений обеспечения ИБ ПСАиУ

Параметр сравнения	Зарубежные программные продукты					Отечественные программные продукты			
	Indegy	Industrial Defender ASM	CyberX	SCADA guardian	Dragos	ARMA	KICS	DATARK	ISIM
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Возможное влияние на защищаемую систему									
Установка программной части на компоненты АСУ ТП	-	+	-	-	-	+	+	-	-
Требуется разрыв канала (сетевой, физический, канальный уровень)	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Есть ли блокирующие функции влияющие на целостность АСУ ТП	-	-	+	+	-	+	+	-	-
Характеристика интерфейса управления									
Графический WEB-интерфейс управления	+	+	+	+	+	+	-	+	+
Интерфейс командной строки	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Упрощенный интерфейс	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Механизмы контроля целостности технологической сети									
Автоматическая идентификация узлов сети	+	-	+	+	+	-	-	+	+
Возможность дальнейшего мониторинга	-	-	+	+	+	-	-	+	+
Автоматическое формирование профиля сетевой активности АСУ ТП	-	-	+	+	+	+	-	-	-
Сбор и анализ событий ИБ									
Статические правила корреляции	+	+	+	-	+	-	+	+	+
Построение нормального профиля событий ИБ и анализ отклонений	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Анализ защищенности									
Анализ уязвимостей по описаниям известных уязвимостей на стандартизированном языке OVAL	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Контроль соответствия требованиям, описанным на стандартизированном языке OVAL	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Управление инцидентами ИБ									
Система управления инцидентами ИБ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
База знаний инцидентов ИБ в АСУ ТП	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Поддержка принятия решений	-	-	+	+	-	-	-	-	-

- ◆ Industrial Defender ASM [5] — платформа управления, разработанная для удовлетворения перекрывающихся требований кибербезопасности, соответствующая требованиям и управления изменениями для промышленных систем управления.
- ◆ CyberX [6] — решение для автоматического обнаружения активов, выявления критических уязвимостей и векторов атак и постоянного мониторинга промышленных сетей кибербезопасности на наличие вредоносных программ и целевых атак.
- ◆ SCADA guardian [7] — комплексное решение по обнаружению кибератаки и аномалии процессов, предоставляя информацию, которая улучшает кибер-устойчивость, надежность и безопасность.
- ◆ Dragos [8] — комплексное решение для управления инцидентами и событиями безопасности, специально разработанное для промышленных сред, и может быть развернуто в модели центра операций безопасности.
- ◆ ARMA — программно-аппаратный комплекс с межсетевым экраном для выявления и блокировки кибератак на АСУ ТП.
- ◆ KICS — комплексное решение для делегирования аномальной активности в индустриальной сети, своевременного обнаружения и расследования инцидентов ИБ.
- ◆ DATAPK — комплекс DATAPK обеспечивает оперативный мониторинг и контроль состояния защищенности автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП).
- ◆ ISIM — система управления инцидентами кибербезопасности АСУ ТП, которая выявляет хакерские атаки и помогает в расследовании инцидентов на критически важных объектах.

Для проведения сравнительного анализа в качестве параметров определены характеристики, влияющие на возможные ограничения при использовании решений в рамках АСУ ТП, определяющие полноту собираемой с ПСАиУ информации и позволяющие оценить возможность реализации комплексного подхода по обеспечению ИБ ПСАиУ.

Параметры для сравнения сгруппированы в следующие блоки:

- ◆ Возможное влияние на защищаемую систему;
- ◆ Характеристика интерфейса управления;
- ◆ Механизмы контроля целостности технологической сети;
- ◆ Сбор и анализ событий ИБ;
- ◆ Анализ защищенности;
- ◆ Управление инцидентами ИБ.

В таблице 2 представлено сравнение функциональных возможностей программно-аппаратных решений обеспечения ИБ ПСАиУ.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о необходимости совершенствования средств защиты объектов критической информационной инфраструктуры, в частности были выявлены недостатки в существующих программно-аппаратных комплексах:

1. отсутствие упрощенного интерфейса, что требует специализированных знаний у работников;
2. отсутствие возможности анализа уязвимостей по описаниям известных уязвимостей на стандартизированном языке OVAL;
3. отсутствие возможности построения нормального профиля событий ИБ и анализ отклонений;
4. отсутствие возможности контроля соответствия требованиям, описанным на стандартизированном языке OVAL;
5. отсутствие встроенной системы управления инцидентами ИБ или возможности интеграции с внешней системой УИБ;
6. отсутствие базы знаний инцидентов ИБ в АСУ ТП;
7. отсутствие поддержки принятия решений.
8. отсутствие возможности вывода наглядной информации об уровне риска.

Каждый из рассмотренных программно-аппаратных комплексов обладает какими-либо из отмеченных недостатков. Данные недостатки могут критически сказаться на защищенности АСУ ТП. Например, для оценки уровня риска в простейшем случае производится оценка двух факторов [9]:

- ◆ вероятность происшествия;
- ◆ тяжесть возможных последствий.

Общий смысл оценки риска может быть выражен следующей формулой:

$$[\text{уровень риска ИБ}] = [\text{вероятность происшествия}] * [\text{цена потери}]$$

Обязательным критериями разработки программно-аппаратных комплексов должно быть соответствие российскому законодательству, в частности отсутствие недеklarированных возможностей, наличие аттестатов соответствия и вхождение в реестр российского программного обеспечения. Лидерами российского рынка в области создания средств защиты информационной безопасности являются АО «Позитив Текнолоджиз», АО «Лаборатория Касперского», ЗАО «Инфовотч», ООО «УЦСБ», полноценно отвечающие заявленными требованиями к компаниям разработчикам. Модернизация средств защиты позволит повысить уровень стратегической безопасности объектов критической информации.

онной инфраструктуры Российской Федерации, особенно в период цифровой трансформации экономики.

Заключение

Данная работа раскрывает проблему повышения уровня стратегической безопасности объектов критической информационной инфраструктуры. Важность указанной проблемы связана с происходящей в настоящее время цифровизацией экономики. Реализация киберугроз в отношении объектов критической ин-

формационной инфраструктуры способна как нанести существенный урон отдельным предприятиям, так полностью парализовать жизнедеятельность целых городов. В работе проведен сравнительный анализ программно-аппаратных комплексов обеспечения защиты критической информационной инфраструктуры. Выявлен перечень недостатков в существующих программно-аппаратных комплексах, исходя из специфики требований обеспечения безопасности объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юршев А.Ю., Смирнов М. Б. Вопросы выбора средств защиты для АСУ ТП и значимых объектов КИИ. Защита информации. Инсайд. 2019; 1(85): 4–7.
2. Ильченко Л.М., Галлямова М. Р., Юрин И. В., Зайцев С. И. Определение значимых процессов критического объекта информационной инфраструктуры российской федерации на примере телекоммуникационного предприятия. Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. 2019; 2: 107–116.
3. Гулиев И.А., Рузакова В. И. Защита целостности критической инфраструктуры компаний ТЭК как вызов цифровой экономики. Экологический вестник России. 2019; 12: 26–29.
4. Глухов А.П., Василенко В. В., Сидак А. А., Ададунов С. Е., Белова Е. И. Определение уровня безопасности значимых объектов критической информационной инфраструктуры железнодорожного транспорта. Двойные технологии. 2020; 1(90): 84–88.
5. Дахнович А.Д., Москвин Д. А. Метод безопасной трансформации инфраструктуры АСУ ТП в промышленный интернет вещей. Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. 2019; 4: 92–100.
6. Калашников А.О., Аникина Е. В., Остапенко Г. А., Борисов В. И. Влияние новых технологий на информационную безопасность критической информационной инфраструктуры. Информация и безопасность. 2019; 22(2): 156–169.
7. Iskhakov A. Yu., Iskhakova A. O., Meshcheryakov R. V., Bendraou R., Melekhova O. Application of user behavior thermal maps for identification of information security incident // Труды СПИИРАН. 2018. № 6 (61). С. 141–171.
8. Ландшафт угроз для систем промышленной автоматизации. Второе полугодие 2019. Version 1.0 — исследовательский центр Kaspersky lab ICS CERT [Электронный ресурс] //URL: https://ics-cert.kaspersky.ru/media/KASPERSKY_H22019_IC_S_REPORT_FINAL_RU.pdf
9. Security Bulletins. [Электронный ресурс] // URL: <https://www.us-cert.gov/ncas/bulletins>.
10. Уязвимости в АСУ ТП: итоги 2018 года, подготовлен 11.04.2019 — исследовательский центр Positive Research (securitylab.ru/lab). [Электронный ресурс] // URL: <https://www.ptsecurity.com/upload/corporate/ru-ru/analytics/ICS-vulnerabilities-2019-rus.pdf>.
11. Официальный сайт Indegy. [Электронный ресурс] // URL: <https://www.tenable.com/>
12. Официальный сайт Industrial Defender ASM. [Электронный ресурс] // URL: <https://www.industrialdefender.com/industrial-defender-asm/>.
13. Официальный сайт CyberX. [Электронный ресурс] // URL: <https://cyberx-labs.com/>.
14. Официальный сайт SCADA guardian. [Электронный ресурс] // URL: <https://cyberx-labs.com/>.
15. Официальный сайт Dragos. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.nozominetworks.com/>.
16. Милославская Н.Г., Сенаторов М. Ю., Толстой А. И. Управление рисками информационной безопасности. //М: Научная библиотека ПНИПУ, 2014.

© Фомин Николай Александрович (science-fomin@yandex.ru),

Самошина Анна Ивановна (ania.cat03@gmail.com), Евсютин Олег Олегович (evsutin.oo@gmail.com),

Домуховский Николай Анатольевич (ndomukhovsky@ussc.ru), Комаров Денис Евгеньевич (dkomarov@ussc.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Фролова Евгения Александровна

Восточно-Сибирский филиал АО «Калужский завод
«Ремпутьмаш», Иркутская обл., г. Слюдянка; аспирант,
Байкальский государственный университет (БГУ),
г. Иркутск
sledmy@mail.ru

CLASSIFICATION OF INDIVIDUAL INJURIES FOR FORECASTING

E. Frolova

Summary. Today, industrial injuries occupy a special place in the production cycle of enterprises of the Russian Federation. Not so long ago in enterprises began to read risks of industrial injuries. How everyone decides themselves, but there is no concrete approach to it. Scientific research related to the prediction of accidents in enterprises will solve this problem.

In order to solve the problem, the previous article [1] addressed the relationship between factors. A close link was established between age and work experience.

In this article we will classify accidents. In order to predict industrial injuries, accident classification will be carried out with the power of neural networks.

As a result of the study we will get a classification, which in the future will be used to build a forecast of industrial injuries.

The data obtained are confirmed by statistics of industrial injuries of private enterprises of the Russian Federation.

Keywords: forecasting, industrial injuries, factors, classification.

Аннотация. На сегодняшний день травматизм занимает особое место в производственном цикле на предприятиях Российской Федерации. Не так давно стали просчитывать риски производственного травматизма. Каким образом, каждый решает сам, однако конкретного подхода в этом нет. Научное исследование, связанное с прогнозированием несчастных случаев на предприятиях, позволит решить данную проблему.

Для решения поставленной проблемы в предыдущей статье [1] были рассмотрены связи между факторами. Тесная связь была установлена между возрастом и стажем работы.

В данной статье мы проведем классификацию несчастных случаев для прогнозирования производственного травматизма, которая будет осуществляться с помощью нейронных сетей.

В результате исследования получим классификацию, которая в дальнейшем будет использована для построения прогноза производственного травматизма.

Полученные данные подтверждаются статистикой несчастных случаев, связанных с производством, различных предприятий Российской Федерации.

Ключевые слова: прогнозирование, производственный травматизм, факторы, классификация.

Введение

На сегодняшний день имеется достаточно много исследований, связанных с построением прогноза производственного травматизма. Самым часто используемым классическим методом в построении прогноза является регрессионный анализ. Однако он не является достаточно точным и объективным для прогнозирования. Большой интерес проявляют к нейронным сетям, все чаще применяя их в прогнозировании. Исследований, связанных с использованием нейронных сетей для прогнозирования рисков производственного травматизма не так много.

В данной статье будет проведена классификация производственного травматизма методом кластеризации,

с использованием нейронных сетей для последующего использования полученных данных с целью прогнозирования производственного травматизма.

Следует заметить, что в работе [1] были использованы статистические данные по производственному травматизму на Восточно-Сибирском филиале АО «Калужский завод «Ремпутьмаш». Был проведен анализ факторов, таких как: возраст, стаж, разряд выполняемых работ, нарушение требований охраны труда, нарушение трудовой дисциплины, итоговый класс (подкласс) условий труда и сделано предположение о том, что факторы, влияющие на уровень производственного травматизма, распределенные по тесноте связи от самого слабого до самого сильного, можно спрогнозировать. Взяв за основной фактор стаж с 1-го по 5-й год, можно выстроить связь:

Таблица 1. Случаи производственного травматизма Восточно-Сибирского филиала АО «Калужский завод «Ремпутьмаш»

Дата	Возраст, лет	Стаж, лет	Должность	Степень тяжести производственной травмы	Образование	Наличие СИЗ	Разряд выполняемых работ
14.05.2012	50	30	слесарь по ремонту подвижного состава	тяжелая	среднее	Да	6
16.04.2013	44	1	мастер	легкая	среднее специальное	Да	7
21.01.2016	30	4	слесарь по ремонту подвижного состава	легкая	среднее	Да	5
24.07.2018	58	40	слесарь-электрик	легкая	среднее	Да	6
02.10.2018	34	11	слесарь по ремонту подвижного состава	легкая	среднее	да	6



Рис. 1. Распределение пострадавших на производстве в ОАО «РЖД» по стажу работы, при выполнении которой произошел несчастный случай в 2017 году

- ◆ возраст;
 - ◆ разряд выполняемых работ;
 - ◆ итоговый класс (подкласс) условий труда;
 - ◆ травматизм.

Анализ информации для классификации производственного травматизма

Примерно треть своей жизни каждый сотрудник предприятия проводит на своем рабочем месте, организуя его для удобного, безопасного и комфортного выполнения своих профессиональных обязанностей, по мимо того, что работодатель обязан обеспечить каждого сотрудника оптимальными условиями для труда и отдыха. Совокупность всех условий, связан-

ных с производственным процессом, относящимся к трудовой деятельности работника, составляет производственную среду, где человек — работник осуществляет свою трудовую деятельность, окружая себя предметами, орудиями, продуктами труда в условиях, обеспеченных как предприятием, так и самим работником.

Классификация производственного травматизма дает нам понимание, к какой группе можно отнести тот или иной случай.

В классическом понимании производственный травматизм классифицируется по следующим характеристикам [2]:

Таблица 2. Градация производственного травматизма

Пример	1-й период	2-й период	3-й период	4-й период	5-й период	6-й период	7-й период
1	от 0 до 1 года	от 1 года до 5 лет	от 5 до 10 лет	от 10 до 15 лет	от 15 до 20 лет	от 20 до 25 лет	от 25 лет и выше
2	от 0 до 3 года	от 3 до 5 лет	от 5 до 10 лет	от 10 до 15 лет	от 15 до 20 лет	от 20 до 25 лет	от 25 лет и выше

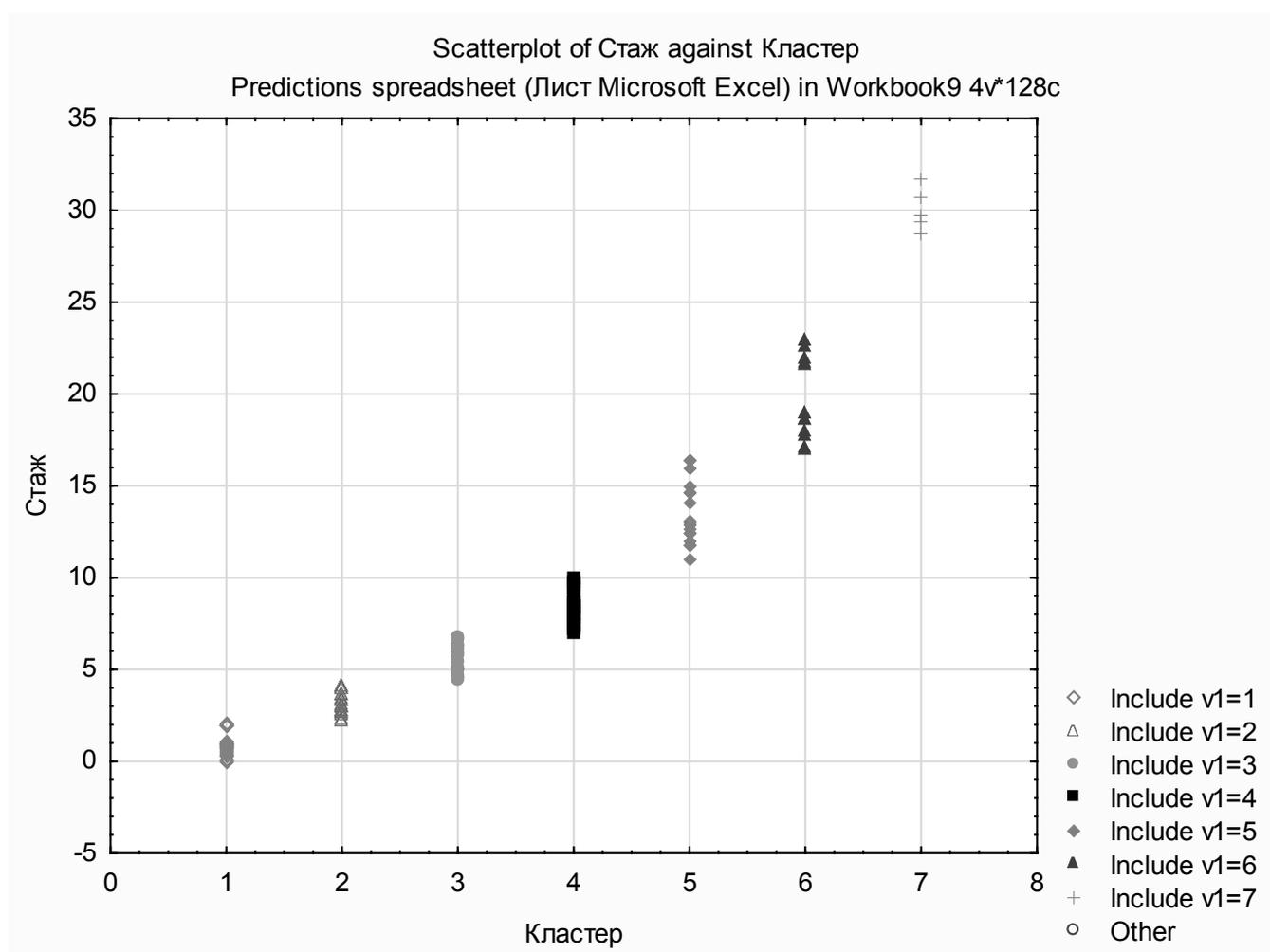


Рис. 3. График распределения 7 кластеров в пространстве

- ◆ по тяжести последствий: со смертельным исходом, тяжелым исходом, без тяжелых последствий;
- ◆ по количеству потерпевших работников: групповые, с одним работником.

Производственный травматизм складывается из большого количества факторов, влияющих на его показатель. Предметом данного исследования является классификация несчастных случаев с учетом влияющих факторов, рассмотренных в работе [1].

Приступая к анализу, стоит отметить, что в нашем распоряжении имеются статистические данные по производственному травматизму Восточно-Сибирского филиала АО «Калужский завод «Ремпустьмаш» (предприятие тяжелого машиностроения) за последние 8 лет, приведенные в таб. 1. Однако их объем достаточно мал, всего 5 записей. По этой причине анализ будет проведен с данными о несчастных случаях за 2017 г. в ОАО «РЖД», приведенных на рис. 1 в виде диаграммы [3].

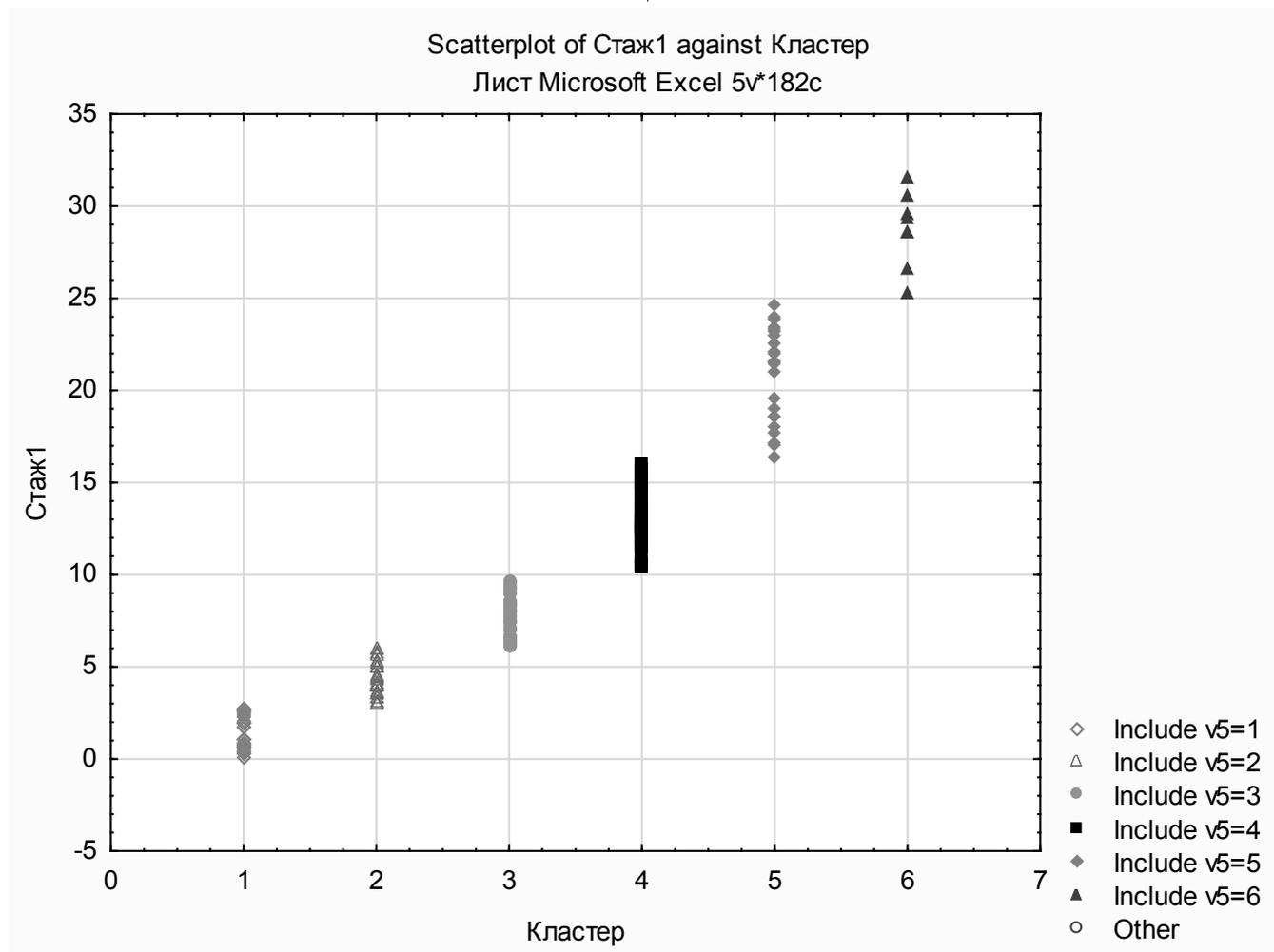


Рис. 4. График распределения 6 кластеров в пространстве

Классификация производственного травматизма

Классификация — это общенаучный метод систематизации знания. Однако в данном случае он не применим. Для анализа данных будет применен кластерный анализ. С его помощью статистические данные по производственному травматизму будут сгруппированы, а затем классифицированы. Для этой цели мы будем использовать нейронные сети, т.к. они являются более эффективными [4]. Кластерный анализ будем проводить по категории данных — стаж.

Для этого построим нейронную сеть Кохонена SOFM 1–6. SOFM — Self-Organizing Feature Map — самоорганизующаяся карта Кохонена [5].

Во многих аналитических изданиях производственный травматизм показан в разрезе стажа, при котором произошел несчастный случай. В таб. 2 приведены при-

меры такой градации. Исходя из 7 периодов, разобьем данные на 7 кластеров.

На рис. 3 показано распределение 7-ми кластеров в пространстве, по количеству периодов. Хорошо видно, что каждый кластер имеет четкие границы периода стажа, за исключением 6-го, а 7-й кластер очень мал по количеству попавших в него данных. Попробуем уменьшить количество кластеров до 6, результаты показаны на рис. 4.

При сравнении двух графиков хорошо прослеживается периодичность, за исключением 6-го (рис. 3) и 5-го (рис. 4) кластера. Следовательно, можно сделать вывод, что производственный травматизм возможно классифицировать по периодам стажа и он составляет:

- 1 период — от 1-го года до 3-х лет;
- 2 период — от 3-х до 7-ми лет;
- 3 период — от 7-ми до 10-ми лет;
- 4 период — от 10-ти до 17-ти лет;

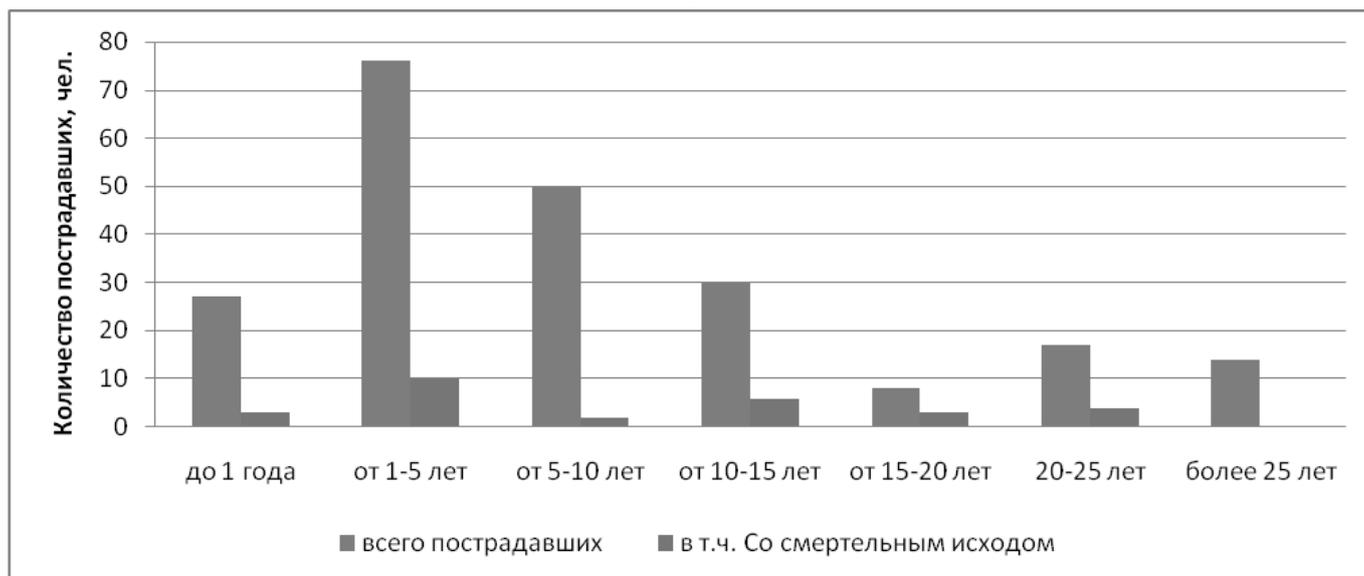


Рис. 5. Распределение пострадавших на производстве в ОАО «РЖД» по стажу работы, при выполнении которой произошел несчастный случай в 2015 году

5 период — от 17-ти до 25-ти лет;
6 период — от 25-ти лет и больше.

Однако, беря во внимание график (рис. 3) кластер 6 и график (рис. 4) кластер 5, две области одного кластера объединены в один период с 17-ти до 25-ти лет.

Также следует заметить, что на 2-й кластер, соответствующий периоду с 3-го по 5-й год стажа, приходится большее количество несчастных случаев.

Для сравнения на рис. 5 показано распределение пострадавших по стажу работы [6]. Хорошо видно, что максимальное количество случаев производственного травматизма, в т.ч. со смертельным исходом, приходится на период с 1-го по 5-й год трудового стажа. Тем самым подтверждается классификация травматизма, предложенная выше.

Хочется отметить, что при классификации рассматривается не общий стаж, а стаж, выработанный в конкретной должности, по которой произошел травматический случай.

Все выше перечисленное еще раз подтверждает тот факт, что распределение производственного травматизма в разрезе стажа наглядно показывает временные интервалы, в которых происходит несчастный случай. Беря во внимание статьи [7, 8, 9], где количество пострадавших от несчастных случаев по стажу работы берется в интервалах, два из которых от 1-го до 3 и от 3-х до 5 (6)-ти лет, которые соответствуют интервалу от 3-х до 7-ми,

рассматриваемому в данной статье, то по сумме случаев, выпавших на данные периоды, получается также выше, чем в остальные периоды трудового стажа. Тем самым подтверждается классификация, предложенная данным исследованием.

Заключение

Установленные связи между факторами в работе [1], описанные выше, позволили сделать предположение о классификации производственного травматизма по стажу работы. Сравнение классификации, полученной с помощью нейронных сетей и классификации в виде распределения травматических случаев по стажу работы наглядно показали результаты о высокой степени производственного травматизма в период с 3-го по 7-й год трудового стажа.

Почему наступает травматический случай именно в этот период? Можно предположить, что в первые два года своей профессиональной деятельности работник неукоснительно соблюдает все требования охраны труда во избежание не только несчастного случая, но и ответственности за их несоблюдение [10]. Приработавшись с коллективом, зная хорошо свое рабочее место, работник начинает игнорировать требования охраны труда, при этом не имея достаточного опыта в работе. Это приводит к травматизму. По истечении 7-ми летнего стажа работник допускает меньше ошибок в работе, следовательно, риск наступления несчастного случая уменьшается. И так происходит с определенной периодичностью.

В заключение хочется отметить, что намеренное нарушение требований охраны труда с целью получения листа нетрудоспособности, приведшее к несчастному случаю,

не входит в научное исследование, связанное с прогнозированием производственного травматизма, по причине несостоятельности прогноза для таких случаев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фролова, Е. А. Прогнозирование факторов, влияющих на производственный травматизм / Е. А. Фролова // Южно-Сибирский научный вестник.— 2020.— № 2.— С. 52–56.
2. Виды производственного травматизма. Коэффициент производственного травматизма [Электронный ресурс].— Режим доступа: <https://otd-lab.ru/stati/ohrana-truda/neschastnye-sluchai-i-travmatizm/vidy-proizvodstvennogo-travmatizma-koefficient-proizvodstvennogo-travmatizma> (дата обращения 02.02.2020).
3. Анализ состояния условий и охраны труда в ОАО «РЖД» за 2017 год, диаграмма № 16.
4. Богачев, И. В. Применение искусственной нейронной сети для классификации телеметрических данных в системах сжатия / И. В. Богачев, А. В. Левенец, Чье Ен Ун // Информационно-управленческие системы.— 2016.— № 3.— С. 2–7.
5. Хайкин Саймон Нейронные сети / Саймон Хайкин.— М.: Издательский дом «Вильямс», 2016.— С. 1104.
6. Анализ состояния условий и охраны труда в ОАО «РЖД» за 2015 год, диаграмма 163.
7. Дементьева, Ю. В. Влияние стажа работы на производственный травматизм / Ю. В. Дементьева // Мир транспорта.— 2015.— № 1.— С. 198–204.
8. Жанбасинова, Н. М. Состояние производственного травматизма на предприятиях ТОО «Корпорация «Казахмыс» / Н. М. Жанбасинова // Гигиена труда и медицинская экология.— 2017.— № 2.— С. 38–46.
9. Щекина, Е. В. Анализ состояния производственного травматизма на машиностроительном предприятии «Ростовский прессово-раскройный завод» за период с 2006 по 2016 год // Е. В. Щекина, Т. А. Еремина // Безопасность техногенной и природных систем.— 2017.— № 4.— С. 9–24.
10. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019). Ст. 192. Дисциплинарные взыскания, ст. 238. Материальная ответственность работника за ущерб, причиненный работодателю [Электронный ресурс].— Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683 (дата обращения 02.02.2020).

© Фролова Евгения Александровна (sledmy@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЗАЩИТА МОБИЛЬНОЙ СЕТИ ОТ DDOS-АТАК С ПРИМЕНЕНИЕМ СПИСКА IP-АДРЕСОВ

Храмцов Илья Александрович

Аспирант, Сибирский государственный
университет науки и технологий имени академика

М. Ф. Решетнева, г. Красноярск

ilia.khramcov@yandex.ru

PROTECTING THE MOBILE NETWORK FROM DDOS ATTACKS USING A LIST OF IP ADDRESSES

I. Khramtsov

Summary. The large-scale use of mobile networks raises the issue of ensuring the protection of personal data from hackers. Despite the current level of security of mobile networks, threats of theft, theft, interception and listening to confidential and personal information of the network operator and subscriber are still relevant problems. Implementation of these threats in the network allows an attacker to gain control over the base stations and the necessary information about the subscriber, as well as influence the operation of mobile network equipment.

Keywords: information security, information and telecommunications network, DDoS attack.

Аннотация. Масштабное использование мобильных сетей поднимает вопрос обеспечения защиты персональных данных от злоумышленников. Несмотря на текущий уровень обеспечения безопасности мобильных сетей, до сих пор актуальными проблемами являются угрозы кражи, хищения, перехвата и прослушивания конфиденциальной и личной информации оператора и абонента сети. Реализация данных угроз в сети дает возможность злоумышленнику получить контроль над базовыми станциями и необходимую информацию об абоненте, а также влиять на работу оборудования мобильной сети.

Ключевые слова: информационная безопасность, информационно-телекоммуникационная сеть, DDoS-атака.

Введение

Ключевой особенностью современных мобильных сетей связи является использование вычислительных распределенных систем, которые позволяют обеспечить быстрый и гибкий доступ к информационным ресурсам сети оператора. При этом необходимо учитывать тот факт, что вместе с развитием технических средств, обрабатывающих информацию, также развиваются методы и средства реализации воздействия на оператора и пользователя мобильной сети со стороны злоумышленников.

В данный момент одним из основных видов атак являются атаки типа «отказ в обслуживании» (DDoS-атаки), которые оказывают сильное воздействие на информационные системы мобильной сети [4–5]. Основным принципом воздействия DDoS-атаки на мобильную сеть

основан на большом количестве отправляемых запросов на сервер сети, в результате чего реализуется максимальная нагрузка на вычислительные ресурсы сервера, что приводит к тому, что сервер не справляется с обработкой данных и в дальнейшем не дает обратной связи на запросы пользователей [1].

Рассматривая современные методы систем защиты, следует констатировать, что они не в полной мере справляются с обеспечением защиты мобильной сети от DDoS-атак, так как данным методам нужно значительное время для восстановления работоспособности сетевых элементов. Также это связано с отсутствием дополнительного анализа служебной информации сети, что приводит к тому, что имеющиеся на сегодняшний момент методы не всегда приводят к нужному и желаемому результату [2–3].

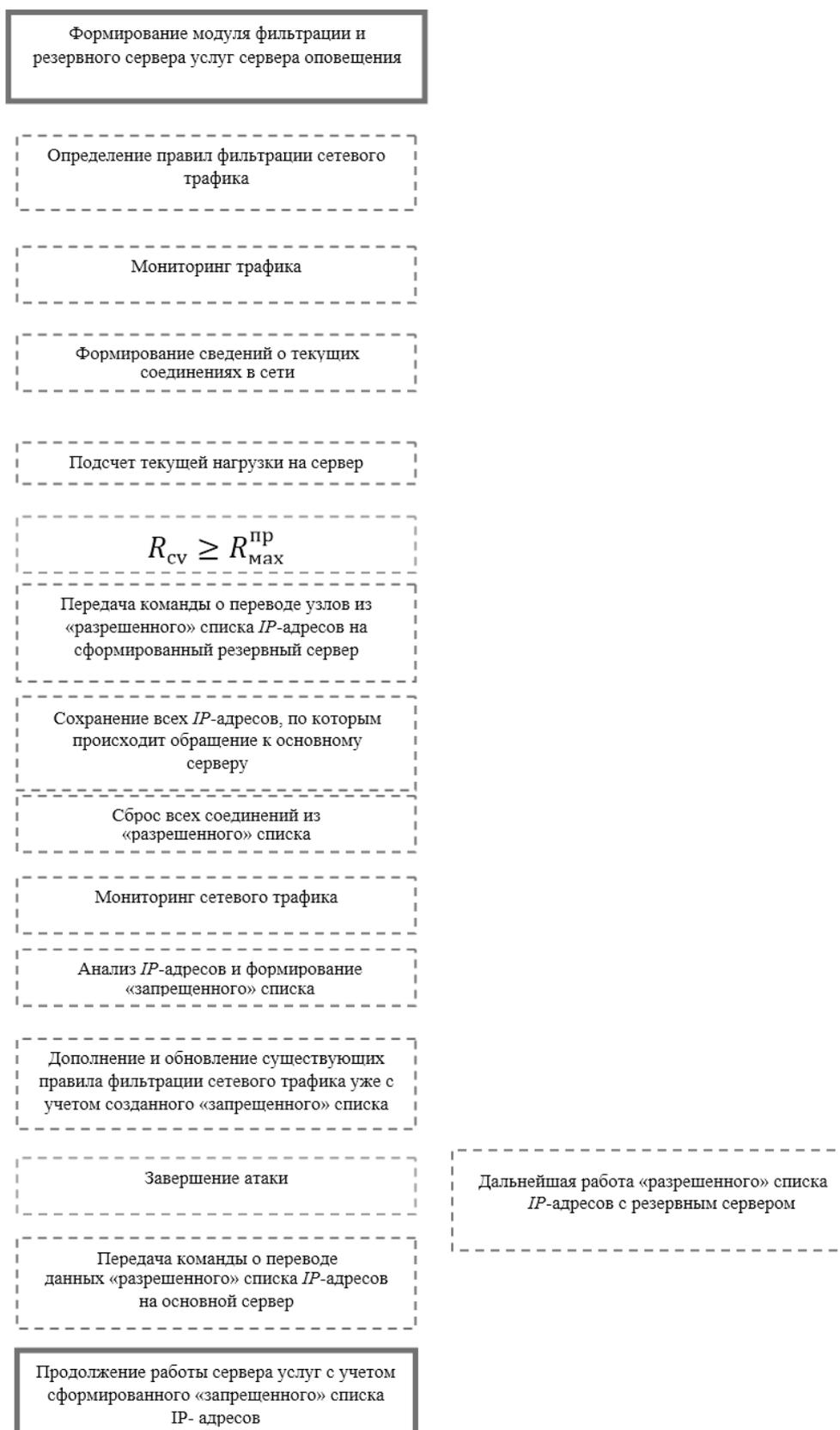


Рис. 1. Алгоритм, реализующий метод защиты сервера услуг от DDoS-атак

Алгоритм предлагаемого метода

Рассмотрим вариант реализации метода защиты с использованием IP-адресов, который может быть использован для защиты серверов от потенциальной угрозы DDos-атаки.

Схема предлагаемого метода представлена на рисунке 1, где на первом этапе формируется модуль управления, который в дальнейшем применяет «разрешенные» и «запрещенные» списки IP-адресов, а также корректируются правила фильтрации, по которым список «разрешенных» IP-адресов задается первоначально, а «запрещенный» список адресов формируется на шаге № 11. Также, помимо этого, задается максимальная производительность сервера услуг и формируется «дополнительный» резервный сервер услуг и сервер оповещения, который служит для рассылки служебных команд, которые формируются при переключении на дополнительный сервер.

На следующем шаге создаются правила фильтрации сетевого трафика. Данные правила основываются на выбранном режиме безопасности сети для каждого сетевого интерфейса, а также списка сетевых фильтров системы устранения атак. Фильтрация трафика происходит при установлении соединения в сети, то есть соединений, образующихся на основании разрешенного правилами входящего или исходящего пакета передачи данных в сети. При получении пакета данных на основании правил записываются параметры разрешенного фильтрами входящего или исходящего пакета данных. На основании этих данных в сети формируется временное разрешенное соединение для дальнейшего пропуска пакета данных. Данное правило действует, пока есть трафик, соответствующий данному соединению в сети.

Далее происходит мониторинг сетевого трафика. Программы мониторинга сети позволяют выполнять захват пакетов и их реассемблирование для дальнейшего анализа. Параллельно с этим идет обработка полученных данных обо всех запросах к серверу сети с последующим агрегированием полученных данных.

На шаге № 4 алгоритма идет сбор сведений о текущих соединениях сервера. Далее происходит процесс инвентаризации соединений на сервере и IP-адресов пользователя, а также подсчитывается количество IP-пакетов, которые были переданы между этими парами. Далее с учетом подсчитанных данных идет расчет текущей нагрузки на сервер. В общем случае представим подсчет нагрузки на сервер в виде произведения количества абонентов, подключенных к серверу услуг, и объема передаваемой абонентами информации:

$$R_{инф}^{юз} = N_{аб} * V_{инф}^{аб}$$

Где $R_{инф}^{юз}$ — общая нагрузка на сервер;
 $N_{аб}$ — количество абонентов;
 $V_{инф}^{аб}$ — объем передаваемой абонентами информации.

При рассмотрении ситуации в условиях сетевых атак общую нагрузку на сервер сети можно представить как сумму нагрузки DDoS-атаки и информационной нагрузки от узлов связи сети:

$$R_{cy} = \sum_{j=1}^I R_{инф}^{юз} * R_{ат}$$

Где R_{cy} — общая нагрузка на сервер услуг;
 $R_{инф}^{юз}$ — нагрузка от узлов связи, подключенных к серверу услуг;
 $R_{ат}$ — нагрузка на сервер, производимая DDoS-атакой.

На шаге № 6 идет проверка выполнения условия $R_{cy} \geq R_{max}^{нп}$. Если условие выполняется, то алгоритм переходит к шагу № 7 и передает команды о переводе узлов связи из «разрешенного» списка IP-адресов на резервный сервер услуг. Если условие не выполняется, то алгоритм возвращается к шагу № 3 и продолжает дальнейший мониторинг сетевого трафика. На шаге № 8 производится запись всех IP-адресов, с которых происходило обращение к основному серверу сети (кроме IP-адресов «разрешенного» списка), на основании полученных данных обо всех запросах к серверу услуг выделяют IP-адреса и записывают их в массив памяти M_1 .

На шаге № 9 происходит сбрасывание всех соединений из «разрешенного» списка IP-адресов. Все соединения из «разрешенного» списка IP-адресов, установленные с сервером сети, сбрасываются, после чего сервер услуг перезагружается.

На шаге № 10 осуществляют мониторинг сетевого трафика основного сервера услуг. На данном этапе идет обработка полученных данных обо всех запросах к серверу сети с последующим агрегированием полученной информации.

На шаге № 11 происходит анализ IP-адресов, а также формируется «запрещенный» список IP-адресов. Из полученных данных обо всех запросах к серверу сети выделяют IP-адреса, с которых было сформировано обращение к серверу, и сохраняют их в массив памяти M_2 . Далее идет сравнение массивов M_1 и M_2 . Если IP-адреса в массивах совпали, то они записываются в массив памяти M . Данный массив памяти M и будет считаться

«запрещённым» списком IP-адресов. IP-адреса, которые присутствовали только в одном из массивов, не считаются угрозой сети и в данный список не попадают.

Также следует указать, что запрещенный список IP-адресов принято разделять на статический и динамический списки. Ключевым недостатком статических списков является то, что для обращения к выбранной службе «запрещенных» списков установленные программы фильтрации создают специальный запрос DNS, который передается на сервер DNS оператора «запрещенных» списков. Динамический список «запрещенных» IP-адресов представляет собой сетевую службу, которая предоставляется оператором. Задача этих операторов непосредственно направлена на поиск IP-адреса, скомпрометированного возможным злоумышленником.

В предложенном алгоритме «запрещенный» список IP-адресов создается непосредственно при осуществлении атаки и позволяет выяснить актуальные для конкретной атаки IP-адреса. При этом данные списка постоянно обновляются в режиме реального времени, а также отсутствует необходимость обращения к оператору «запрещенных» списков IP-адресов.

На шаге № 12 происходит обновление правил фильтрации сетевого трафика на основании скорректированного «запрещенного» списка IP-адресов. На шаге № 13 данного алгоритма происходит проверка окончания атаки на основании сервера сети. Если данная атака продолжается, то алгоритм переходит на шаг № 14 и продолжает взаимодействие узлов «разрешенного» списка IP-адресов с резервным сервером услуг. Если нет, то алгоритм переходит к шагу № 15 и передает служебные команды о переводе узлов «разрешенного» списка IP-адресов на основной сервер услуг сети. На шаге № 16 осуществляется функционирование сервера услуг с учетом уже скорректированного «запрещенного» списка IP-адресов.

После перевода «разрешенного» списка IP-адресов на основной сервер сети пакеты данных проверяются с учетом «разрешенного» списка IP-адресов. Если принятые пакеты получены из списка «разрешенных» IP-адресов, то данный пакет обрабатывается. Если пакет принят с IP-адреса не из «разрешенного» списка, то далее данный IP-адрес сравнивается с «запрещенным» списком IP-адресов. Если обнаружится, что данный пакет данных получен из списка «запрещенных» IP-адресов, то такой пакет будет отфильтрован в центр очистки с дальнейшим полным уничтожением.

Рассчитав примерную эффективность предлагаемого алгоритма, следует заключить, что в среднем DDoS-ата-

ка длится приблизительно 5 часов, при этом во время атаки нагрузка на сервер сети превосходит допустимую возможную нагрузку, что в дальнейшем приводит к отказу в обслуживании абонентов сети, также используются лишние ресурсы и время для восстановления оптимальной работы сервера. Таким образом, все время проведения DDoS-атаки и время, необходимое для восстановления работоспособности, сервер услуг не сможет предоставлять услуги пользователям.

$$t_{oy} = 5ч + t_{\varepsilon}$$

где t_{oy} — среднее время отказа в обслуживании;
 t_{ε} — среднее время восстановления.

В предложенном алгоритме в начале DDoS-атаки за время t_1 все соединения, которые будут установлены с сервером услуг, будут переведены на резервный сервер, после чего за время t_2 происходит обработка сетевого трафика и формирование обновленного «запрещенного» списка IP-адресов. Время t_3 будет затрачено на перезагрузку сервера сети, а время t_4 — на восстановление работы сервера услуг сети (учитывая «запрещенный» список IP-адресов):

$$t_{oy} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$$

Подводя итоги, следует отметить, что данный метод позволит повысить защищенность сервера услуг за счет непрерывного обслуживания соединений из «разрешенного» списка IP-адресов, а также организации дополнительного анализа «запрещенного» списка IP-адресов.

Заключение

Приведенный метод защиты распределенных информационных систем за счет блокирования потенциально несущих угрозу исходящих потоков данных, осуществляющих реализацию DDoS-атак, даст возможность обеспечить безопасность информационной системы и ресурсов мобильной сети.

Основным шагом в выявлении DoS/DDoS-атак можно считать непосредственно обнаружение данной атаки. Поскольку число возможных атак и их видов растет, то их обнаружение становится главной проблемой. В настоящее время на практике сложно разработать и внедрить механизмы защиты от DDoS-атак. В современных мобильных сетях сейчас выполнение всех требований по обнаружению DDoS-атак становится очень затруднительным, потому что различные параметры информационной безопасности мобильной сети должны быть точно и надлежащим образом сбалансированы и быть полностью взаимосвязаны. Именно поэтому обсуждаемая проблема остается актуальной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бегаев А.Н., Добрышин М. М., Закалкин П. В. и др. Предложение по оценке способности узла компьютерной сети функционировать в условиях информационно-технических воздействий // Вопросы кибербезопасности. 2018. № 3 (27). С. 2–8.
2. Бегаев А.Н., Добрышин М. М., Закалкин П. В., Реформат А. Н., Рауткин Ю. В. Комплексный алгоритм мониторинга защищенности узлов VPN от компьютерной разведки и DDoS-атак // Электросвязь. 2018. № 7. С. 46–52.
3. Гречишников Е.В., Добрышин М. М., Закалкин П. В. Модель узла доступа VPN как объекта сетевой и потоковой компьютерных разведок и DDoS-атак // Вопросы кибербезопасности. 2016. № 3 (16). С. 4–12.
4. Карайчев С. Ю. Подход к формированию логических схем реализации угроз при визуализации информации в системах информационной безопасности / С. Ю. Карайчев, В. В. Бухарин // Защита информации Инсайд. 2017. № 2 (74). С. 52–57.
5. Коцыняк М.А., Лаута О. С., Иванов Д. А., Лукина О. М. Модель воздействия таргетированной кибернетической атаки на информационно-теле- коммуникационную сеть // Вопросы оборонной техники. Серия 16. 2019. Вып. 3–4 (129–130). С. 58–65.

© Храмцов Илья Александрович (ilia.khramcov@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ДИАГНОСТИКА И НОВЫЙ МЕТОД ЛЕЧЕНИЯ ВДАВЛЕННЫХ ПЕРЕЛОМОВ ЧЕРЕПА У ДЕТЕЙ

DIAGNOSTIC ASSESSMENT AND NEW METHOD OF TREATMENT OF DEPRESSED SKULL FRACTURE IN CHILDREN

**I. Babich
A. Pshenichniy
M. Avanesov
Yu. Melnikov**

Summary. Craniocerebral injury (CI) is one of the main health problems, because the traumatic brain damage makes many patients disabled and some of them die. The tactics of surgical correction of the depressed skull fractures in children remains a debating point till today. Discussions are held about one-step or two-step restoration of integrity of the damaged bone segment, as well as about the choice of material for reconstructive surgery. Results of treatment of children with the depressed skull fractures and also an original way of plastic reconstruction of a skull are presented in the article (Patent of the Russian Federation No. 2017143056, d/d 12.08.2017).

Keywords: depressed fracture, craniocerebral injury, skull bone reconstruction, cranioplasty.

Бабич Игорь Иванович

Д.м.н, профессор, ФГБОУ ВО «Ростовский
Государственный Медицинский Университет»
Минздрава России
babich-igor@yandex.ru

Пшеничный Александр Анатольевич

Заведующий нейрохирургическим отделением, ГБУ РО
«Областная детская клиническая больница»
rapaseya333@rambler.ru

Аванесов Михаил Сергеевич

Врач-нейрохирург, ГБУ РО «Областная детская
клиническая больница»
mihail-hx@yandex.ru

Мельников Юрий Николаевич

Аспирант, ФГБОУ ВО «Ростовский Государственный
Медицинский Университет» Минздрава России
pobzder@rambler.ru

Аннотация. Черепно-мозговая травма (ЧМТ), является одной из главных проблем здравоохранения, ведь из-за травматического повреждения головного мозга множество пациентов становятся инвалидами, а часть пострадавших погибают. Тактика хирургической коррекции вдавленных переломов черепа у детей до сегодняшнего дня остается дискуссионной. Дискуссии проводятся по поводу одномоментного или двухэтапного восстановления целостности поврежденного сегмента кости, а также в выборе материала для реконструктивной хирургии. В статье представлены результаты лечения детей с вдавленными переломами черепа, а также, оригинальный способ одномоментной пластики черепа (патент РФ № 2017143056, от 12.08.2017г).

Ключевые слова: вдавленный перелом, черепно-мозговая травма, реконструкция костей черепа, краниопластика.

Актуальность

Черепно-мозговая травма (ЧМТ), является одной из главных проблем здравоохранения, ведь из-за травматического повреждения головного мозга множество пациентов становятся инвалидами, а часть пострадавших погибают [9]. По статистическим подсчетам, около 5 млн. детей ежегодно получают разной степени черепно-мозговую травму. [1, 5, 11]. Из общего количества пострадавших с черепно-мозговой травмой повреждение костей черепа выявляется в ¼ части [1,9,16].

На тяжесть состояния ребенка, на тактику лечения и дальнейший исход влияют множество факторов, а именно возраст пострадавшего (высокая летальность зарегистрирована в раннем детском возрасте), степень повреждения паренхимы головного мозга, повреждение функционально значимых зон, травматический разрыв оболочечных и/или корковых сосудов (приводящих к развитию внутричерепных гематом), площадь и глубина вдавленного перелома, открытый или закрытый перелом (опаснее открытый из-за высокого риска формирования инфекционных осложнений), первичное состояние пациента, наличие травматического шока,

сочетанное повреждение других органов и систем организма [2, 13].

На местные и общие осложнения в послеоперационном периоде в значительной степени влияет характер повреждений органов, имеющие прямое отношение в системе гемостаза и прежде всего печени и селезенки, а также повреждение трубчатых костей скелета.

Костные отломки вдавленного перелома вызывают не только механическое травматическое повреждение паренхимы головного мозга, но и приводят к развитию сложной патологической цепи в виде нарушения местного кровообращения, метаболизма поврежденной ткани и как следствия формирования отека головного мозга [10].

Одна из главных задач врача, заключается в правильной диагностике полученной травмы больного с целью своевременного оказания медицинской помощи. При сочетанной травме в травматический процесс, которого вовлекается несколько органов и систем, провести быструю и эффективную диагностику помогает компьютерная томография. [18, 19].

При выявлении травматического повреждения костей черепа у ребенка в виде импрессионного перелома хирургическое лечение показано:

1. Миграции костных осколков в полость черепа на глубину 0,5 см и более.
2. Массивное кровотечение, приводящее к развитию оболочечных/внутричерепных гематом.
3. Выраженная деформация черепа (косметический дефект). [2,3].

Тактика хирургической коррекции до сегодняшнего дня остается дискуссионной. Однако, единым остается мнение всех нейрохирургов — устранение зоны компрессии осколками ткани головного мозга при наличии вдавленного перелома. Дискуссии проводятся по поводу одномоментного или двухэтапного восстановления целостности поврежденного сегмента кости, а также в выборе материала для реконструктивной хирургии [3, 7, 10].

При невыполнении одноступенчатой реконструктивной операции у больного сохраняется костный дефект, что приводит к возникновению общемозговой симптоматики (головная боль, тошнота, рвота), метеозависимости, вздутию/западению над трепанационным окном кожно-мышечного лоскута при изменении атмосферного давления, при любом повышении внутричерепного давления (например: кашле), т.е. формируется синдром «трепанованного черепа». Помимо этого, создается высокий риск к развитию эпилепсии, а также

к психологической травме из-за чувства неполноценности [8].

Для улучшения качества жизни больного проводят второй этап оперативной коррекции — краниопластика. На сегодняшний день на торговом медицинском рынке для выполнения реконструктивной операции черепа представлено множество аллотрансплантатов (титан, гидроксиапатит, реперен, полиэфиркетоны и другие), которые имеют свои достоинства и свои недостатки [15].

Титан — достоинства: низкая масса, высокая стойкость, легко моделировать; недостатки: высокая стоимость, возможны пролежни кожи, артефакты при лучевой диагностике.

Реперен — достоинства: высокая прочность, недорог; недостатки: сложность моделирования.

Полиэфиркетоны — достоинства: прочность, эластичность, хорошая рентгенопроницаемость; недостатки: высокая стоимость, сложность моделирования.

Только лишь собственная кость имеет положительные характеристики. Поиск тактики хирургического лечения и лучшего материала для восстановительной хирургии черепа на сегодняшний день не утратил свою актуальность.

Цель

Усовершенствовать хирургическое лечение вдавленных переломов костей свода черепа у детей, путем разработки нового способа одномоментной пластики черепа.

Материал и методы

С 2015 г. в ГБУ РО «Областной детской клинической больнице» г. Ростова-на-Дону в нейрохирургическом отделении проводилось хирургическое лечение 80 пациентам, получившим сочетанную травму, где превалировала черепно-мозговая травма, а именно отмечалось нарушение целостности костей свода черепа. Всем 80 больным выполнена реконструктивная операция. С целью проведения доказательного анализа, все прооперированные дети разделены на 2-е группы. В первую группу вошли дети с импрессионными переломами костей свода черепа, которым выполнена хирургическая коррекция в виде одномоментной пластики черепа разработанным способом, Патент № 2017143056, от 12.08.2017 г. Общее число таких больных составило 30 человек. Вторая группа (контрольная) — 50 пациентов, которым, ранее выполнена декомпрессивная/резекционная трепанация черепа и вторым этапом в качестве

реконструктивной операции в отдаленном периоде черепно-мозговой травмы произведена краниопластика аллотрансплантатами (во всех случаях нами использовался титан).

У пациентов первой группы вдавленные переломы наблюдались по анатомической локализации: 12 пациентов (40%) — теменная кость, у 8 (27%) — височная кость, 8 (27%) — лобная, у 2-х детей наблюдалось повреждение затылочной кости. По возрастной характеристике получены следующие данные: 22 пациента (73%) — мальчики, девочки составили 27% — 8 случаев. По характеру повреждения: закрытая черепно-мозговая травма составила 5 детей (17%), открытая не проникающая (без повреждения целостности твердой мозговой оболочки) — 18 (60%), открытая проникающая травма (с повреждением целостности ТМО) — 7 (23%). Уровень сознания оценивался по всемирно принятой классификации по шкале ком Глазго (ШКГ) — 4 пациента (13%) угнетено сознание до 13–14 баллов, оглушения I 26 больных (87%) — по ШКГ 11–12 баллов, оглушение II. У всех поступивших в стационар больных наблюдалась выраженная общемозговая симптоматика (головная боль, многократная рвота), в неврологическом статусе — асимметрия рефлексов, горизонтальный нистагм, менингеальный синдром.

У 30 больных имело место, помимо поражения головного мозга, травматическое повреждение других органов и систем, т.е. сочетанная травма: повреждение органов грудной клетки — 15 (50%) случаев, повреждение органов брюшной полости — 8 человек (27%), повреждение трубчатых костей скелета — 10 человек (33%)

В 100% случаях выполнялась в качестве диагностики компьютерная томография головного мозга, органов грудной клетки, брюшной полости. Данная тактика диагностики позволяет за небольшое время выявить/исключить смежное повреждение органов и систем и тем самым определить за короткое время тактику лечения.

Основными критериями для выполнения оперативного лечения являлись: 1. *Миграции костных осколков в полость черепа на глубину 0,5 см и более.* 2. *Массивное кровотечение, приводящее к развитию оболочечных/внутричерепных гематом.* 3. *Выраженная деформация черепа (косметический дефект).*

Результаты и обсуждение

30 пациентам с импрессионными переломами костей свода черепа выполнена одномоментная хирургическая обработка вдавленного перелома с последующей реконструкцией и восстановлением целостности черепа собственной костью. Операция проводилась

во всех случаях по разработанной и запатентованной методике — способ обработки вдавленного перелома по Пшеничному А. А. Суть данной методики заключается в том, что после хирургической обработки вдавленного перелома, костные отломки, мелкая стружка временно удаляются, после завершения устранения костной импрессии, при необходимости удаления оболочечных гематом/обработка очагов ушиба/пластика ТМО, далее на сформированное резекционное трепанационное окно укладывается влажная пластинка гемостатической губки «Тахоком», а уже на нее равномерно укладываются временно удаленные костные части поврежденного черепа и в заключении костные отломки покрывают второй влажной гемостатической губкой «Тахокомб».

Послеоперационный период у оперированных детей первой группы протекал без особенностей, осложнений не было, выписаны пациенты без неврологического дефицита, время госпитализации составило от 11–12 дней.

Во второй (контрольной) группе, реконструктивные операции выполнены 50 больным. В качестве аллотрансплантата использовался титан. Из общего числа больных, мы встретили у 5-х детей осложнения в виде: пиемическое осложнение (пластина была удалена, далее после регресса воспалительного очага выполнена повторная краниопластика) наблюдалось у 1 больного (2%), пролежень над титановым имплантом — 4 больных (8%). Экономически титановая пластина дороже гемостатической губки «Тахокомба», в установке требует более длительного времени, вызывает при выполнении компьютерной томографии артефакты, что создает дополнительные отрицательные стороны использования аллотрансплантата.

Выводы

1. Разработанный способ позволяет одномоментно провести хирургическую обработку вдавленного перелома черепа и восстановить его целостность.
2. Данная методика проста в использовании, не требует дополнительного оборудования и инструментария, экономически не затратная.
3. Позволяет минимизировать, а возможно и полностью исключить развитие осложнений (в нашей практике осложнений при выполнении данной методике не было).
4. Выполнение компьютерной томографии головного мозга, грудной клетки, органов брюшной полости при подозрении на сочетанную травму оправдана, позволяя за короткий промежуток времени выставить диагноз и оказать пострадавшему в ближайшее время необходимую медицинскую помощь (авторы рекомендуют не ограничиваться выполнением только одного поврежденного сегмента при подозрении на сочетанность травмы у больного).

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдумаджидов М.А., Мирсадыков Д. А., Файзуллаев Р.Б. Вдавленные переломы костей черепа и их коррекция у детей // Молодой ученый. — 2014. — № 20. — С. 47–50.
2. Артарян А.А., Иова А. С., Гармашов Ю. А., Банин А. В. Черепно-мозговая травма у детей // Черепно-мозговая травма. Клиническое руководство (под ред. А. Н. Коновалова, Л. Б. Лихтермана, А. А. Потапова), М. — Т2, 2000 г. — 2с.
3. Демьяненко В.А., Кабаньян А. Б., Байдаков А. П., Ержаков С. В., Фирсов А. Л., Шиталов А. И. Реконструктивные операции при вдавленных переломах черепа у детей. Кубанский научный медицинский вестник № 6 (135) 2012 г.
4. Карахан В., Лихтерман Л. Б. Вдавленные переломы черепа // Медицинская газета. — 2001. — № 27.
5. Комаревский А.В., Джинджихашвили С. И., Коливашко Ю. Н., Дмитриев А. Б. Пластика дефектов костей черепа титановыми имплантатами. Всероссийская научно-практическая конференция (Поленовские чтения), СПб., 2007. — С. 327–5.
6. Коновалов А.Н., Лихтерман Л. Б., Потапов А. А. Клиническое руководство по черепно-мозговой травме. М.: Антидор, 1998 г., т. 1. С. 550
7. Коновалова А. Н. Клиническое руководство по черепно-мозговой травме. — М., 2001, 2002
8. Кравчук А.Д., Потапов А. А., Лихтерман Л. Б., Еропкин С. В. Посттравматические повреждения черепа. Клиническое руководство по черепно-мозговой травме. Под редакцией Коновалова А. Н., Лихтермана Л. Б., Потапова А. А. «Антидор», М., 2002, 3, 147–165.
9. Крылов В.В., Талыпова А. Э., Левченко О. В. Хирургия тяжелой черепно-мозговой травмы.
10. Лебедев В.В., Крылов В. В. Неотложная нейрохирургия. Руководство для врачей // В. В. Лебедев, В. В. Крылов. — М.: «Медицина». 2000–568с.
11. Левченко О.В., Шалумов А. З. Реконструкция лобно-глазничной области в остром периоде краниофациальной травмы. Всероссийская научно-практическая конференция (Поленовские чтения), СПб., 2007. — С. 44].
12. Лихтерман Л. Б. Черепно-мозговая травма диагностика и лечение. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014 — С. 488.
13. Орлов Ю. А. Руководство по диагностике и лечению черепно-мозговой травмы у детей. — Киев, 2002. — 160с.
14. Савченко Е.И., Тяглый С. В., Зайцев Ю. В. и др. Украинский нейрохирургический журнал. — 2010. № 3. — С. 30. Опыт применения перфорированных титановых сеток при пластике дефектов черепа.
15. Ступак В.В., Мишинов С. В., Садовой М. А., Копорушко Н. А., Мамонова Е. В., Панченко А. А., Красовский И. Б. Современные материалы, используемые для закрытия дефектов костей черепа// Современные проблемы науки и образования. — 2017. — № 4.
16. Akram Khan M., Olumide A. A. Head Injury Caused by an Ostrich: A Rare Entity //Pediatric Neurosurgery. — 2006. — Vol. 42. — P. 308–310.
17. Grant F.C., Norcross N. C. Repair of cranial defects by cranioplasty. Ann Surg., 1939, 110: 488–512.
18. Marin J.R., Weaver M. D., Barnato A. E., et al. Variation in emergency department head computed tomography use for pediatric head trauma. Acad Emerg Med, 21 (2014), pp. 987–995. CrossRefView Record in ScopusGoogle Scholar
19. Miescier M.J., Dudley N. C., Kadish H. A., et al. Variation in computed tomography use for evaluation of head injury in a pediatric emergency department. Pediatr Emerg Care, 33 (2017), pp. 156–160. View Record in ScopusGoogle Scholar

© Бабич Игорь Иванович (babich-igor@yandex.ru), Пшеничный Александр Анатольевич (panaseya333@rambler.ru),

Аванесов Михаил Сергеевич (mihail-hx@yandex.ru), Мельников Юрий Николаевич (pobzder@rambler.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НЕОБХОДИМОСТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПАРОДОНТА ОПОРНЫХ ЗУБОВ, СПОСОБОВ ИХ ПРЕПАРИРОВАНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ НЕСЪЕМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВИДНЫХ ПРОТЕЗОВ (ОБЗОР)

THE NEED TO IMPROVE
INTEGRATED DIAGNOSTIC
METHODS AND THE FUNCTIONAL
STATE OF PERIODONTAL TEETH,
THE METHODS OF THEIR PREPARATION
IN THE MANUFACTURE OF FIXED
STRUCTURES OF BRIDGES (REVIEW)

**K. Barkovets
A. Efimin**

Summary. The article is devoted to the study of the problem of the use of modern replacement of defects in hard tissues of teeth and included defects of dentitions with fixed, integral cast prostheses. The need for the use of vital supporting teeth is shown, because a significant number of complications arise in patients due to tooth removal. To date, the cost-effective preparation of hard tissues and the further use of vital supporting teeth, knowledge of the security zones of the crown parts of the teeth and the use of x-ray data when studying the topographic and anatomical features of the pulp chamber of the teeth of patients of different ages is the most optimal in the scientific and practical approach to prosthetics with fixed bridges.

Keywords: prosthetics, periodontium, dissection, vital abutment teeth, devitalization, metal-ceramic prosthesis.

Барковец Константин Николаевич

Аспирант, Белгородский государственный
национальный исследовательский университет
barkovec_k73@mail.ru

Ефимин Александр Викторович

Аспирант, Белгородский государственный
национальный исследовательский университет
a-efimin@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена изучению проблемы применения современных замещения дефектов твердых тканей зубов и включенных дефектов зубных рядов несъемными цельнолитыми протезами. Показана необходимость использования витальных опорных зубов, ведь значительное количество осложнений возникает у пациентов вследствие депульпирования зубов. На сегодняшний день проведение экономного препарирования твердых тканей и дальнейшее использование витальных опорных зубов, знание зон безопасности коронковых частей зубов и применение рентгенологических данных при изучении топографо-анатомических особенностей пульповой камеры зубов пациентов разного возраста является наиболее оптимальным в научном и практическом подходе к протезированию несъемными мостовидными протезами.

Ключевые слова: протезирование, пародонт, препарирование, витальные опорные зубы, депульпирование, металлокерамика.

Введение

На современном уровне развития стоматологии остается актуальным внедрение современных технологий на этапе диагностики и проведения лечения пациентов с дефектами твердых тканей зубов и зубных рядов. Особенно это касается ортопедической стоматологии, когда во время изготовления несъемных мостовидных конструкций необходимо учесть состояние пульпы и величину резервных сил пародонта опорных зубов [1]. Довольно высокая распространенность

частичного отсутствия зубов в последние годы сопровождается повышенной потребностью населения нашей страны (до 80%) в протезировании несъемными зубными протезами [2, 3]. Отслеживается устойчивая тенденция к росту частичной потери зубов среди лиц молодого возраста, что является следствием заболеваний тканей пародонта — генерализованного пародонтита [4].

Разрушение окклюзионной и контактных поверхностей обуславливает развитие макроморфологических нарушений в структуре зубных рядов, таких как дефор-

мация окклюзионной поверхности, исчезновение характерных контактных точек смыкания на окклюзионной поверхности зубов-антагонистов [4, 5].

Проблема диагностики состояния пародонта при изготовлении несъемных мостовидных конструкций изучена недостаточно, научные исследования о внедрении и полноценном использовании новейших технологий в стоматологии на этапе ортопедического лечения единичны. Именно поэтому, учитывая вышеизложенную проблематику необходимо внедрение новых методик диагностики состояния пародонта, усовершенствование уже существующих и разработка комплексного подхода к проблеме диагностики и лечения пациентов с дефектами зубных рядов [6, 7].

Цель исследования

Обосновать необходимость совершенствования комплексных методов диагностики и функционального состояния пародонта опорных зубов, способов их препарирования при изготовлении несъемных конструкций мостовидных протезов.

Зубные ткани и ткани, ограничивающие зуб, составляют единую, устойчивую и сложную биомеханическую структуру, которая обеспечивает восприятие, распределение и поглощение циклической жевательной нагрузки [8, 9]. Зубочелюстная система функционирует вследствие взаимодействия составляющих компонентов — зубов и пародонта, челюстей и височно-нижнечелюстных суставов, нервно-мышечного аппарата [10–13]. Даже малейшие изменения структуры и соотношения элементов системы приводят к нарушению их функции, поскольку анатомия окклюзионной поверхности зубных рядов связана с функцией зубочелюстной системы [14].

Известно, что ведущим фактором функционирования и взаимодействия компонентов зубочелюстной системы является максимальный контакт между зубными рядами при оптимальном положении челюстей [15]. В процессе функционирования элементов зубочелюстной системы, возникает нарушение целостности отдельных зубов и зубных рядов вследствие кариозных и некариозных поражений, что ведет к смещению окклюзионных соотношений [16, 17]. Происходит нарушение одной из составляющих зубочелюстной системы, сопровождающееся нарушениями других структурных элементов [12, 18]. Нарушение окклюзионных соотношений вследствие частичной адентии приводит к развитию дисфункции жевательных мышц и височно-нижнечелюстных суставов (ВНЧС) [10, 19]. Отсутствие зубов может стать причиной зубочелюстных деформаций со значительной морфологической перестройкой в твердых и мягких тканях, нарушениями функции ВНЧС и жевательных мышц [20]. Поэтому устранение

дефектов твердых тканей зубов и зубных рядов является очень важным. На сегодня один из самых распространенных ортопедических методов — протезирование несъемными цельнолитыми комбинированными конструкциями [5, 16, 17]. Это обусловлено рядом преимуществ перед съемными протезами: восстановление жевательной эффективности практически на 100%, незначительное нарушение вкусовой, температурной и тактильной чувствительности. Эти особенности позволяют за короткий срок восстановить функции зубочелюстной системы. Особое значение при применении таких конструкций имеет величина осложнений при их использовании и объем препарированных тканей [10, 21].

Значительное внимание уделяется проблеме препарирования под несъемные конструкции опорных зубов с живой пульпой, поскольку увеличение объема препарирования твердых тканей зубов прямо пропорционально частоте возникновения операционной травмы пульпы и пародонта [22]. Также, препарирование ткани зуба оказывает влияние на организм пациента в целом и на его психоэмоциональное состояние. Во время препарирования на зубы действуют травмирующие факторы — температура, вибрация и т.д. Поверхность препарированного дентина является входными воротами для инфекции, которая через открытые дентинные канальцы может проникать в пульпу зуба и вызвать ее воспаление [23, 24].

Существуют различные профилактические меры по сохранению жизнедеятельности пульпы после глубокого препарирования, но количество осложнений до сих пор не уменьшается [22]. В случае протезирования больных с витальными опорными зубами вопрос изготовления защитных временных (привизорных коронок) имеет целью следующие задачи:

1. защитить обнаженный вследствие препарирования дентин от температурных и химических раздражителей;
2. сохранить жевательную эффективность по время изготовления постоянной конструкции несъемного протеза.

Качество выполняемой препарирования неразрывно связано с результатом проведенного лечения, с последующим изготовлением и фиксацией ортопедических конструкций [25,26]. Группой авторов проведен сравнительный анализ клинической и эргономичной эффективности применения стандартных гальванических и алмазных боров при несъемном протезировании, предложено целевое применение алмазных боров различной абразивности [27].

По данным ряда исследователей, важным моментом на этапе препарирования твердых тканей зубов явля-

ется создание уступа с целью обеспечения как четкого перехода собственно тканей зуба в конструкцию протеза, так и для маскировки места перехода композитной реставрации в край эмали. композитные реставрации предусматривают подбор и соответствие цвета в области края препарирования. Создание откосов эмали уменьшает разницу в цвете между реставрацией и поверхностью зуба [28]. Препарирование твердых тканей зубов является распространенным стоматологическим вмешательством и сопровождается комплексом стрессорных воздействий на организм пациента: ноцицептивным раздражением, специфической болевой перцепции и неспецифическими реакциями, что негативно влияет на организм пациента и на ткани зуба [6, 19, 21, 29, 30].

Ряд авторов представили методику регистрации изменений архитектоники десневого края опорных зубов при ортопедическом лечении несъемными керамическими и металлокерамическими мостовидными протезами с оральной вестибулярной, и апроксимальной поверхностей, где режущие края керамических реставраций предложены как константные величины и точки измерения [31]. На основе анализа результатов клинических исследований сформулированы рекомендации по оформлению уступов апроксимальных участков опорных зубов, граничащих с дефектами.

В результате проведенного комплексного исследования 78-и пациентов с имеющимися осложнениями при протезировании несъемными конструкциями, авторы после обследования состояния мостовидных протезов в полости рта пациентов отметили, что наибольшее количество осложнений наблюдается при использовании штампованно-паяных конструкций [17]. Основные из них: воспалительные заболевания тканей пародонта (24,3%), пролежни в области тела мостовидного протеза (20,3%), подвижность опорных зубов (12,2%), гиперестезия опорных зубов в ответ на термические и механические раздражители (10, 8%), осложнения после эндодонтического лечения (10,8%). После снятия пластмассовых мостовидных протезов наблюдали отжим десен, их кровоточивость, ретенцию частиц фиксирующего материала в месте соединения коронок с промежуточной частью, промывочное пространство недостаточной ширины. Наиболее важное значение для успешного протезирования с помощью несъемных мостовидных протезов имеют выбор формы и конструкции промежуточной части, а также сроки их изготовления после хирургических вмешательств [21, 32, 33].

Целью исследования, выполненного группой ученых, было осуществление оценки влияния толщины щечной и язычной стенок моляров на устойчивость к утомляемости, восстановленных CAD / CAM керамических вкладок. Зубы мудрости сорока больных были

отобраны и разделены на 4 группы, в соответствии с толщиной стенок после препарирования полости ($n = 10$): G1, 2,0 мм; G2, 1,5 мм; G3, 1,0 мм; G4, 0,5 мм. Все вкладки были изготовлены из керамических полевошпатных блоков в системе CAD / CAM, на цемент. После 1 недели хранения в дистиллированной воде при температуре 37 °С, образцы были подвергнуты тестированию на усталость циклически до начала разрушения или успешного завершения 185000 циклов. Выживание групп сравнивали с помощью кривых выживания Каплана-Майера ($p > 0,05$). Все образцы выдержали протокол усталости (185000 циклов), что составляет 100% выживание. Можно сделать вывод, что остаточная толщина стенок зуба не влияет на устойчивость к усталости моляров, восстановленных CAD / CAM керамическими вкладками [34].

Итак, при изготовлении несъемных цельнолитых мостовидных конструкций следует принимать во внимание функциональное состояние опорных зубов и выбор облицовочного материала. С этой целью необходимо использовать комплекс диагностических методик: для определения резервных сил пародонта, витальности опорного зуба, а также проведения индексной оценки состояния пародонта.

Существует много разных способов препарирования опорных зубов. Однако вопрос лечения витальных зубов несъемными цельнолитыми конструкциями, методики их препарирования изучены недостаточно. К настоящему времени отсутствует комплексный подход к оценке состояния пульпы опорного зуба в процессе препарирования под металлокерамические конструкции и его зависимость от глубины препарирования, также не определены критерии для формирования группы риска по развитию необратимых воспалительных осложнений в опорном зубе, требующих депульпирования, в связи с чем представляет научную и практическую заинтересованность разработка нового метода и индивидуального подхода с целью определения глубины препарирования витальных зубов.

Заключение

Мировой опыт изготовления ортопедических конструкций свидетельствует о неукоснительном соблюдении принципов биологической целесообразности и технологической рациональности: минимальное и одновременно экономное препарирование зубов, рассматриваемых как опорные, должно проводиться с учетом и соблюдением всех требований для дальнейшего изготовления той или иной конструкции.

Не вызывает никаких сомнений необходимость использования витальных опорных зубов, ведь значи-

тельное количество осложнений возникает у пациентов вследствие депульпирования зубов. На сегодняшний день проведение экономного препарирования твердых тканей и дальнейшее использование витальных опорных зубов, знание зон безопасности коронковых частей зубов и применение рентгенологических данных при изучении топографо-анатомических особенностей пульповой камеры зубов пациентов разного возраста является наиболее оптимальным в научном и практическом подходе к протезированию несъемными мостовидными протезами.

Известно также, что со временем происходит атрофия альвеолярного отростка вокруг депульпированных зубов, однако научно не обосновано, как использование витальных или депульпированных опорных зубов влияет на состояние резервных сил пародонта, и на их дальнейшую возможность выдерживать нагрузки предложенной конструкции. Поэтому, в настоящее время остается актуальным научное обоснование и изучение зависимости выносливости пародонта опорных зубов от их функционального состояния, а также выбора оптимального вида конструкции зубного протеза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абакаров С.И., Панин А.В., Гасангусейнов А.О. Результаты исследования функционального состояния сосудов пульпы зуба при препарировании твердых тканей под металлокерамические коронки. М: Стоматология. 2007;86(2):57–62.
2. Смирнова Л.Е. Нуждаемость населения в стоматологической помощи и ретроспективный взгляд на ее качество (Обзор литературы). Российский стоматологический журнал. 2018. Т. 22. № 1. С. 68–72.
3. Гажва С.И., Багрянцева Н.В. Нуждаемость стоматологических пациентов в ортопедической реабилитации (обзор). В сборнике: «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Нижний Новгород. 2018:428–433.
4. Гаджиев Д.Г. Распространенность основных стоматологических заболеваний среди профессиональных спортсменов В сборнике: General question of world science Collection of scientific papers on materials VIII International Scientific Conference. 2019:37–40.
5. Неспрядько В.П., Коваль Е.А., Клитинский Ю.В., Лысейко Н.В. Клинико- функциональный анализ формирования рабочей функции жевательного аппарата у пациентов разных возрастных групп. Медицинские новости. 2013; 12:88–90.
6. Аболмасов Н.Н., Сердюков М.С., Тымань С.Г., Чеботаренко О.Ю. Клинические аспекты препарирования зубов при изготовлении фарфоровых виниров. Новое в стоматологии. 2011;2:80–84.
7. Николаев А.И., Цепов Л.М. Фантомный курс терапевтической стоматологии. М.: МЕДпресс-информ. 2009; 432 с.
8. Вирджильо Ф., Феррарио М., Серрао Г. Взаимосвязь между количеством окклюзионных контактов и активностью жевательных мышц. Стоматология сегодня. 2007;3(63):16–21.
9. Жигунов Р.М. Биомеханические аспекты препарирования и восстановления зубов с дефектами на контактной поверхности моляров и премоляров (класс II): дис. ... канд. мед. наук: 14.01.14 / Жигунов Рустам Мухамедович. — М., 2014. — 97 с.
10. Мирза А.И., Мозолюк Е.Ю., Штефан А.В. Этиология и патогенез дисфункциональных состояний нижней челюсти и жевательных мышц. Современная стоматология. 2009;1:102–106.
11. Наумович Ю.Я. Особенности статической оценки жевательной эффективности у пациентов с нарушениями прикуса. Стом. журн. 2012;4:315–322.
12. Шемонаев В.И., Машков А.В., Залевский Д.А., Новочадов В.В. Циркадианная динамика функциональных показателей жевательного звена зубочелюстной системы человека в связи с его хронотипом. Тихоокеанский медицинский журнал. 2013;1:34–38.
13. Akulwar R. Sh., Kodgi A. Non-Rigid Connector for Managing Pier Abutment in FPD: A Case Report. J Clin Diagn Res. 2014;8(7):12–13.
14. Лысейко Н.В. Методы диагностики нарушений окклюзионных контактов зубов. Молодой ученый. 2013;9:87–91.
15. Арутюнов С.Д., Панин А.М., Антоник М.М., Юн Т.Е., Адамян Р.А., Широков И.Ю. Особенности формирования окклюзии искусственных зубных рядов, опирающихся на дентальные имплантаты. М: Стоматология. 2012;1(91):54–58.
16. Мачкалян, Э.Л. Композиционное восстановление утраченных тканей коронок зубов проволочно-витыми штифтовыми конструкциями: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.14 / Мачкалян Эдуард Леонович; Витеб. гос. мед. ун-т. — Витебск, 2011. — 124 с.
17. Неспрядько В.П., Кирилюк В.В. Осложнения при протезировании при помощи несъемных зубных протезов. Современная стоматология. 2014;1:130–133.
18. Ji Hee Song, Eunae S. Cho, Seong Taek Kim, Hyung Joon Ahn. Change of Distribution and Timing of Bite Force after Botulinum Toxin Type A Injection Evaluated by a Computerized Occlusion Analysis System. Yonsei Med J. 2014;55(4):1123–1129.
19. Pereira-Cenci T., José Pereira L., Sérgio Cenci Ml. Maximal bite force and its association with temporomandibular disorders. Braz Dent J. 2007;18(1):65–68.
20. Денисова Ю.Л. Современные методы комплексного лечения пациентов с болезнями периодонта в сочетании с зубочелюстными аномалиями и деформациями. Стоматолог. 2012;3:37–43.
21. Akulwar R. Sh., Kodgi A. Non-Rigid Connector for Managing Pier Abutment in FPD: A Case Report. J Clin Diagn Res. 2014;8(7):12–13.
22. Чернышева Т.В. Анализ методов сохранения жизнеспособности пульпы в стоматологической практике. Медицинский журнал. 2015;2:109–113.
23. Шаковец Н.В., Романова О.С. Препараты для витальной пульпотомии во временных зубах. Военная медицина. 2013;3:141–147
24. Bahrololoomi Z., Moeintaghavi A., Emtiazi M., Hosseini G. Clinical and radiographic comparison of primary molars after formocresol and electrosurgical pulpotomy: A randomized clinical trial. Indian J Dent Res. 2008;19(3):219–223.
25. Токаревич И.В., Наумович Ю.Я. Состояние функции жевания у пациентов с дистальным прикусом. Медицинский журнал. 2014;4:121–127.

26. Klymyuk Y.V., Ozhogan Z. R. Comparative characteristics of dentition defects treatment methods by fixed partial dentures on base of hygienic indexes data in different periods after prosthesis. *The Pharma Innovation*; New Delhi. May 2015;4(3):27–29.
27. Кунин В.А., Шишкин А.В., Ростовцев В.В. Клинические преимущества использования цельноспеченных алмазных боров при формировании уступа в клинике ортопедической стоматологии. *Дентал Юг*. 2012;2(98):26–29.
28. Бойко Г.И., Палий Л.И., Полонейчик Н.М., Котляров А.С. Варианты одномоментного замещения дефекта зубного ряда при единично отсутствующем зубе с применением фотокомпозиторных материалов. *Медицинский журнал*. 2010;2:146–147.
29. Sasaki E.W, Versiani M.A, Perez D.E, Sousa-Neto M.D, Silva-Sousa Y.T, Silva R. G. Ex vivo analysis of the debris remaining in flattened root canals of vital and nonvital teeth after biomechanical preparation with Ni-Ti rotatory instruments. *Braz Dent J*. 2006; 17:233–236.
30. Kikuchi H, Ikeda M, Araki K. Evaluation of a virtual reality simulation system for porcelain fused to metal crown preparation at Tokyo Medical and Dental University. *J Dent Educ*. 2013 Jun;77(6):782–92.
31. Slavcheva S, Krejci I, Bortolotto T. Luting of ceramic crowns with a selfadhesive cement: Effect of contamination on marginal adaptation and fracture strength. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2013;18(5):799–803.
32. Шумакова Е.В. Востребованность и доступность методов восстановления анатомической и функциональной целостности коронковой части зуба. *Медицинский журнал*. 2006;2:108–110.
33. Kinumatsu T, Umehara K, Nagano K, Saito A. Periodontal therapy for severe chronic periodontitis with periodontal regeneration and different types of prosthesis. *Bull Tokyo Dent Coll*. 2014;55(4):217–224.
34. Priscilla C. Lazari, Rodrigo C. Nunes de Oliveira, Rodolfo B. Anchieta. Stress distribution on dentin-cement-post interface varying root canal and glass fiber post diameters. A three-dimensional finite element analysis based on micro-CT data. *J. Appl. Oral. Sci*. 2013;21(6):511–517.

© Барковец Константин Николаевич (barkovets_k73@mail.ru), Ефимин Александр Викторович (a-efimin@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



DOI 10.37882/2223–2966.2020.07.03

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ ТРАНСКАТЕТЕРНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА У ПАЦИЕНТА ВЫСОКОГО РИСКА С НИЗКОЙ ФРАКЦИЕЙ ВЫБРОСА И ТЯЖЕЛОЙ СОПУТСТВУЮЩЕЙ ПАТОЛОГИЕЙ

TRANSCATHETER AORTIC VALVE IMPLANTATION IN PATIENT WITH SEVERE CO-DISEASE, LOW EJECTION FRACTION AND HIGH OPERATIVE RISK

**N. Bayandin
K. Vasiliev
A. Moiseev**

Summary. We describe the clinical case of 77-year old patient with severe aortic stenosis, ejection fraction of 22% and severe oncopathology. Patient had high risk of conventional operation (EuroScore II 7.43%, STS Score 12%). He successfully underwent transcatheter aortic valve implantation.

Keywords: aortic valve, aortic stenosis, TAVI.

Баяндин Николай Леонардович

Д.м.н., Городская Клиническая Больница № 15
им. О. М. Филатова, Москва

Васильев Константин Николаевич

К.м.н., врач-сердечно-сосудистый хирург, Городская
Клиническая Больница № 15 им. О. М. Филатова, Москва

Моисеев Алексей Александрович

Аспирант, ФГАОУ ВО «Российский национальный
исследовательский медицинский университет имени
Н. И. Пирогова» Министерства здравоохранения

Российской Федерации, г. Москва
alexi.moiseev@gmail.com

Аннотация. В статье представлено описание клинического случая успешного проведения транскатетерной имплантации аортального клапана у пациента с низкой фракцией, тяжелой сопутствующей патологией и высокой степенью риска открытого оперативного лечения.

Ключевые слова: аортальный клапан, аортальной стеноз, транскатетерная имплантация аортального клапана.

Введение

Аортальный стеноз — заболевание с длительным периодом скрытого течения и быстрым прогрессированием клинической симптоматики. После появления симптомов риск внезапной сердечной смерти среди неоперированных пациентов составляет 8–34% [7].

Проведение открытых операций в условиях искусственного кровообращения до недавнего времени было одновременно золотым стандартом и безальтернативным методом лечения больных аортальным стенозом, дававшим хорошие результаты.

Тем не менее в 30–50% случаев пациентам, имевшим показания к оперативному лечению порока сердца, операция не проводилась из-за крайне высокого операционного риска. При этом в 24% случаев операционный риск оказывается переоцененным [1].

Первую операцию транскатетерной имплантации аортального клапана выполнил Alain Cribier в 2002г па-

циенту высокого хирургического риска в связи с тяжелым декомпенсированным аортальным стенозом, тяжелой сопутствующей патологией [2].

Оценка результатов транскатетерной имплантации аортального клапана в крупном исследовании Partner [5] позволяет считать транскатетерную имплантацию аортального клапана методом выбора при лечении пациентов с аортальным стенозом высокого риска.

На примере развитых стран можно наблюдать все более активное применение технологии TAVI. Так, в 2018 г. в Германии выполнено порядка 20 000 операций, что составляет около 30% от всех кардиохирургических операций [3]. Быстрый рост количества выполняемых процедур обусловлен расширением показаний к транскатетерной имплантации аортального клапана на когорты пациентов промежуточного [4], а также низкого риска [6].

Однако в России число выполняемых вмешательств ограничено в связи с их дороговизной, в связи с чем в нашей клинике они выполняются преимущественно

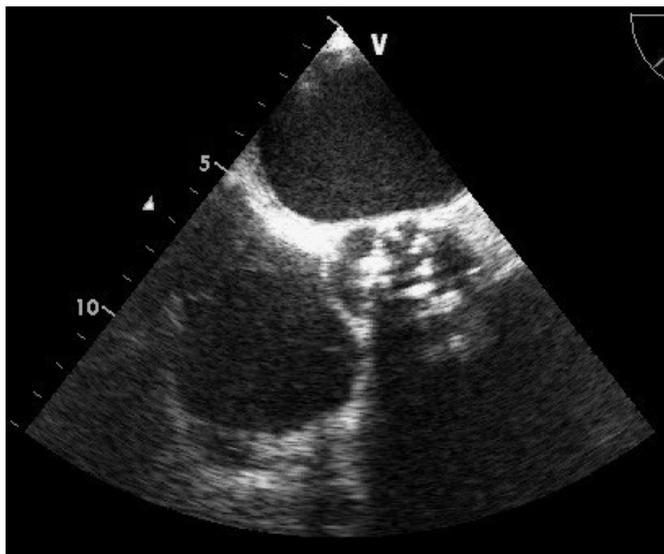


Рис. 1. Интраоперационная ЧП-ЭХО-КГ. Критически суженный кальцинированный аортальный клапан.

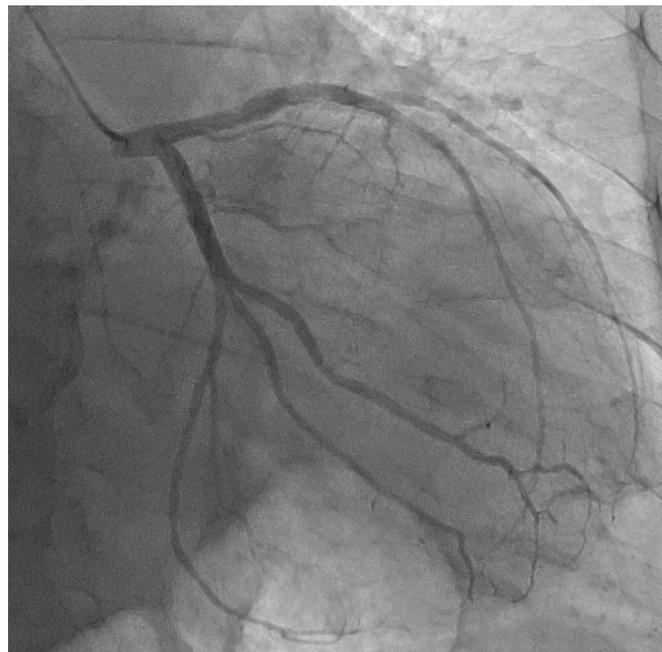


Рис. 2. Коронарография левая коронарная артерия без гемодинамически значимых стенозов.

у пациентов высокого хирургического риска (со сниженной фракцией выброса левого желудочка, перенесенные кардиохирургические вмешательства в анамнезе) [8].

В настоящей статье описан наш опыт использования транскатетерной имплантации аортального клапана в лечении пациента с тяжелым декомпенсированным аортальным стенозом высокого хирургического риска.

Описание

В Городскую Клиническую Больницу № 15 г. Москвы в сентябре 2017 г. госпитализирован пациент Е, 77 лет, с жалобами на нарастающую в течение нескольких последних месяцев одышку при минимальной физической нагрузке и в покое, кашель, колющие боли в левой половине грудной клетки, общую слабость.

Из анамнеза известно, что в течение длительного времени пациент отмечает подъем артериального давления с максимальными цифрами до 160/100 мм рт.ст. В течение 3х месяцев пациента беспокоит одышка при минимальной нагрузке, в покое, усиливающаяся в горизонтальном положении, колющие боли в левой половине грудной клетки.

Пациент неоднократно госпитализировался в городские больницы с декомпенсацией сердечной недостаточности, двусторонним гидротораксом. Проводилась

консервативная терапия сердечной недостаточности, неоднократно выполнялись плевральные пункции обеих плевральных полостей с эвакуацией значительных количеств серозного выпота (до 1500 мл). С сентября 2017 г.— персистирующая форма фибрилляции предсердий.

В анамнезе у пациента рак предстательной железы с метастатическим поражением костей, в 2015 г. выполнена орхэктомия, 2 курса полихимиотерапии.

Осмотр при поступлении: состояние пациента тяжелое. Выраженные отеки голеней и стоп, положение — ортопноэ, ЧДД 22/мин. Аускультативно — жесткое дыхание с проведением во все отделы легких, в нижних отделах легких выслушиваются влажные хрипы. Тоны сердца приглушенные, ритмичные с частотой 72/мин. Во всех точках аускультации выслушивается систолический шум с проведением на сосуды шеи. Живот мягкий, безболезненный, печень на 3 см выступает из-под края реберной дуги. Пациент гиперстенического телосложения рост 184 см, вес 100 кг.

В предоперационном периоде пациент полностью обследован с целью верификации поражения аортального клапана, оценки коронарного русла, выработки тактики хирургического лечения. По данным трансторакальной эхокардиографии (Рис. 1), у пациента значительное снижение сократимости левого желудочка, ФВ



Рис. 3. Коронарография правая коронарная артерия без гемодинамически значимых стенозов.

22%. Нарушения локальной сократимости: акинез задней, нижней стенок, гипокинезы боковой стенки и верхушки левого желудочка. Симметричная гипертрофия миокарда левого желудочка (МЖП 16 мм, ТЗСЛЖ 15 мм). Расширение всех отделов сердца. При доплеровском исследовании — тяжелый аортальный стеноз (макс. градиент 75 мм рт.ст, средний градиент 44 мм рт.ст., макс. скорость 4,3 м/с, средняя скорость 3,1 м/с). Недостаточность аортального клапана 2 ст. Митральная, трикуспидальная недостаточность 1 ст. Систолическое давление в легочной артерии 55 мм рт.ст.

По данным коронароангиографии — правый тип коронарного кровообращения, коронарные артерии без гемодинамически значимых стенозов (Рис. 2, 3).

При мультиспиральной компьютерной томографии грудной и брюшной аорты (Рис. 4) выявлены атеросклеротические изменения аортального клапана, грудной и брюшной аорты. Диаметр аорты на уровне кольца аортального клапана 28,4 мм, на уровне синусов Вальсальвы 4,3 см, на уровне синутубулярного соединения 3,6 см. Диаметр восходящей аорты 36 мм. Расстояние от кольца аортального клапана до ствола левой коронарной артерии 17,3 мм, до устья правой коронарной артерии 25,2 мм. Дуга аорты до отхождения магистральных артерий 36 мм, после отхождения магистральных ветвей

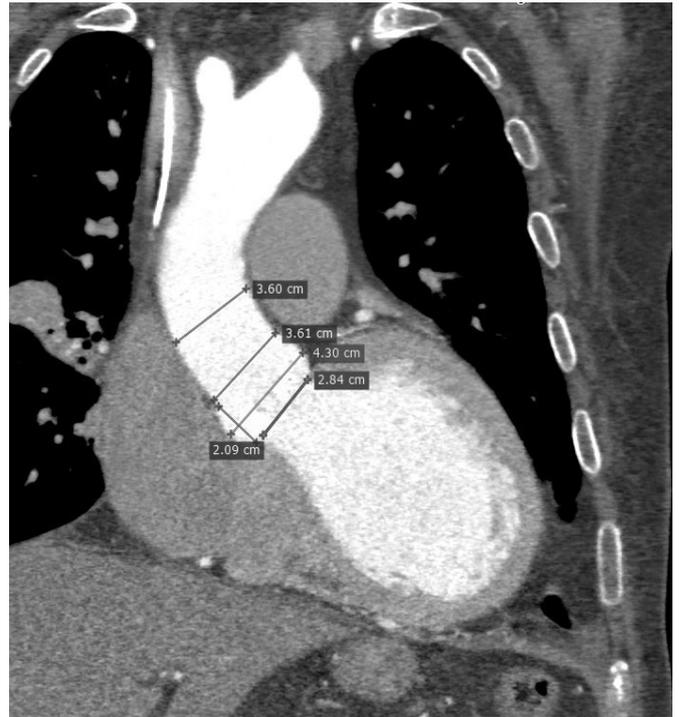


Рис. 4 МСКТ грудной аорты с контрастированием. Оценка параметров корня аорты.

33 мм. Нисходящий отдел аорты 31 мм. Брюшная аорта атеросклеротически изменена, с С-образным изгибом, на супраренальном уровне 21 мм, на инфраренальном 19 мм. Подвздошные сосуды атеросклеротически изменены, без гемодинамически значимых стенозов диаметром 15–17 мм. Бедренные сосуды атеросклеротически изменены, диаметром 10 мм.

По данным клинического анализа крови анемия легкой степени (Hb 110 г/л). Биохимический анализ крови выявил повышение креатинина до 130 мкмоль/л.

На ЭКГ — нормосистолическая форма фибрилляции предсердий, с частотой 79/мин. Неполная блокада левой ножки пучка Гиса. При исследовании функции внешнего дыхания выявлена тяжелая бронхиальная обструкция.

Предоперационная подготовка, попытки компенсировать сердечную недостаточность проводились в течение длительного времени в отделении кардиореанимации, где проводились инотропная, респираторная поддержка, диуретическая терапия. Учитывая низкую фракцию выброса, декомпенсацию аортального стеноза, высокие риски открытого оперативного вмешательства (EuroScore II 7.43%, STS Score 12%) было решено отказаться от открытого оперативного лечения в пользу транскатетерной имплантации аортального клапана (TAVI).



Рис. 5. Интраоперационная ЧП-ЭХО-КГ. Имплантированный протез EdwardsSapienXT 29. Парапротезная регургитация отсутствует.

Под эндотрахеальным наркозом проекционным доступом выделена правая бедренная артерия. Через правую бедренную вену в правый желудочек проведен электрод временной электрокардиостимуляции. В условиях высокочастотной кардиостимуляции выполнена баллонная вальвулопластика аортального клапана (ЧСС 180–190 уд/мин), После чего в тех же условиях выполнена имплантация биологического протеза аортального клапана EdwardsSapienXT диаметром 29 мм. При контрольной аортографии, ЧП-ЭХО-КГ — оптимальное положение аортального клапана, регургитации нет. (Рис. 5).

Контрастирование коронарного русла без патологии. Длительность операции — 2 часа. Больной на ИВЛ транспортирован в отделение кардиореанимации.

В послеоперационном периоде отмечались явления сердечной недостаточности, требующие проведения инотропной поддержки в течение 32 часов (Добутамин 4 мкг/кг/мин), проводилась респираторная поддержка, антикоагулянтная терапия (в/в инфузия гепарина под контролем АЧТВ). Пациент был экстубирован через 33 часа после начала операции, на 2 сутки переведен в кардиохирургическое отделение под наблюдение лечащего врача. Послеоперационный период протекал с явлениями умеренной сердечно-сосудистой недостаточности, которые к концу нахождения в стационаре купированы. При контрольной эхокардиографии на 12е сутки после-

операционного периода макс. градиент на аортальном клапане 13 мм рт.ст., средний градиент 7 мм рт. Ст. Фракция выброса левого желудочка 30%. В правой плевральной полости 200 мл выпота. Рана в области проекционного доступа к правой бедренной артерии зажила первичным натяжением. На 14 сутки пациент выписан из стационара.

При повторном осмотре через 2 месяца после проведенной операции у пациента явления сердечной недостаточности сведены к минимуму, способен к самообслуживанию в быту, спит на кровати с низким изголовьем, отмечается незначительная пастозность голеней. При контрольном ЭХО-КГ Фракция выброса левого желудочка 45%, макс. градиент на аортальном клапане 12/7 мм рт.ст., выпота в плевральных полостях нет.

Обсуждение

Данный клинический случай и наш анализ результатов транскатетерной имплантации аортального клапана пациентам убедительно указывает на преимущества последнего в лечении пациентов высокого риска, с тяжелой сопутствующей патологией в сравнении с открытыми хирургическими вмешательствами. Неоспоримыми преимуществами метода являются отсутствие необходимости в проведении искусственного кровообращения, сокращение времени искусственной вентиляции легких,

сроков нахождения пациента в отделении кардиореанимации и, как следствие — снижение летальности в данной группе пациентов.

Указанный метод (TAVI) не лишен недостатков — например, высокая стоимость клапана и системы доставки, ограничивающие количество проводимых вмеша-

тельств, преодоление которых требует новаторских организационных решений.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование исследования за счет авторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bach DS, Siao D, Girard E, Duvernoy C, McCallister B DJr, Gualano SK. Evaluation of patients with severe symptomatic aortic stenosis who do not undergo aortic valve replacement. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes* 2009;2:533–539
2. Cribier A, Eltchaninoff H, Bash A, et al. Percutaneous transcatheter implantation of an aortic valve prosthesis for calcific aortic stenosis: first human case description. *Circulation* 2002;106:3006–8
3. Institut für Transparenz und Qualität im Gesundheitswesen (IQTIG). Qualitätsreport 2019. Aorten Chirurgie, isoliert. https://iqtig.org/downloads/berichte/2018/IQTIG_Qualitaetsreport-2019_2019-09-25.pdf. Обращение 31.01.2020
4. Leon MB, et al. Transcatheter or Surgical Aortic-Valve Replacement in Intermediate-Risk Patients. *New England Journal of Medicine*. 2016; 374 (17):1609–1620
5. Leon MB, Smith CR, Mack M, et al. Transcatheter aortic-valve implantation for aortic stenosis in patients who cannot undergo surgery. *N Engl J Med* 2010; 363: 1597–607
6. Mack MJ, et al. Transcatheter Aortic-Valve Replacement with a Balloon-Expandable Valve in Low-Risk Patients. *New England Journal of Medicine*. 2019; 380 (18): 1695–1705.
7. Ross J, Braunwald E. Aortic stenosis. *Circulation* 1968;38:61–67
8. Баяндин Н. Л. Сравнительные результаты хирургического и транскатетерного лечения аортального стеноза у больных старше 75 лет. / Баяндин Н. Л., Кротовский А. Г., Васильев К. Н., Моисеев А. А., Сетьнь Т. В. // *Российский кардиологический журнал*. — 2018. — 23(11):21–26.

© Баяндин Николай Леонардович, Васильев Константин Николаевич,
Моисеев Алексей Александрович (alexi.moiseev@gmail.com).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ПАЦИЕНТОВ СО СКУЧЕННОСТЬЮ ЗУБОВ

MORPHOMETRIC METHOD FOR STUDYING PATIENTS WITH CROWDING OF TEETH

S. Galstyan
M. Rozhkova
A. Lepilin
A. Sevastyanov
S. Fischev

Summary. Introduction. The assessment of the volume of space in the dentition is carried out using anthropometric methods that allow us to assess both the size of the teeth, and the features of the dentition, the apical bases of the jaws. [4, 5].

Goal. Study the width of the dental arches of the upper and lower jaws at the level of the premolars, when the teeth are full. *Materials and methods.* 106 patients aged 21–35 years (65 women, 41 men) were examined. the comparison group consisted of 45 people aged 21–35 years (25 women, 20 men) with intact dentition and physiological types of bite. *Results.* Morphometric indicators of dental arches in group 3 patients before treatment were lower than in the comparison group. In group 2 patients, pre-treatment indicators were lower than in the comparison group. In patients of group 1, these indicators almost corresponded to the comparison group.

Conclusions: morphometric indicators of group 3 patients before treatment were lower than those obtained in the comparison group, and after treatment, the indicators were close to the values of the comparison group. In group 1 patients, these indicators were almost identical to the comparison group before and after orthodontic treatment. In group 2 patients after treatment, anthropometric indicators were registered on a par with those of the comparison group.

Keywords: crowding of teeth, plaster models, dental rows, orthodontic treatment.

Галстян Самвел Галустанович

Ассистент, Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет
Министерства здравоохранения РФ
samvel.galstyan.2012@mail.ru

Рожкова Мария Геннадьевна

Ассистент, Санкт-Петербургский государственный
педиатрический медицинский университет
Министерства здравоохранения РФ
rozmaria2010@yandex.ru

Лепилин Александр Викторович

Д.м.н., профессор, Саратовский государственный
медицинский университет имени В. И. Разумовского
Министерства здравоохранения РФ
lepilins@mail.ru

Севастьянов Аркадий Владимирович

Д.м.н., доцент, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
ardy.dkr@mail.ru

Фищев Сергей Борисович

Д.м.н., профессор, Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет Министерства здравоохранения РФ
super.kant@yandex.ru

Аннотация. Введение. Оценка количества места в зубном ряду осуществляется с помощью антропометрических методов, которые позволяют оценить, как размеры зубов, так и характеристики зубных рядов, апикальных базисов челюстей. [4, 5].

Цель. Изучить ширину зубных дуг верхней и нижней челюстей на уровне премоляров при скученном положении зубов. *Материалы и методы.* Обследовано 106 пациентов в возрасте от 21–35 лет (женщин 65 человек, мужчин 41 человек) со скученностью зубов в переднем отделе верхней и нижней челюстей, которым проводили ортодонтическое лечение съёмными и несъёмными ортодонтическими аппаратами в зависимости от морфометрических особенностей зубных дуг. Группой сравнения являлись 45 человек в возрасте 21–35 лет (женщин 25 человек, мужчин 20 человек), с интактными зубными рядами и физиологическими видами прикуса. *Результаты.* Морфометрические показатели зубных дуг пациентов 3 группы, до лечения были ниже показателей, полученных у лиц группы сравнения. У пациентов 2 группы показатели до лечения были ниже показателей группы сравнения. У пациентов 1 группы эти показатели практически соответствовали группе сравнения.

Выводы. Морфометрические показатели пациентов 3 группы, до лечения были ниже показателей, полученных у лиц группы сравнения, а после лечения показатели приблизились к значениям группы сравнения. У пациентов



При постоянном прикусе у пациентов со скученным положением зубов (СПЗ) важнейшим диагностическим критерием является оценка наличия места в зубной дуге и выявление потребности в его увеличении [1]. При скученном положении зубов риск возникновения кариеса и заболеваний тканей пародонта, неудовлетворительная гигиена усиливает риск развития стоматологических заболеваний.

Различные авторы изучали расположение зубов в трех плоскостях. При этом для определения индивидуальной нормы ШЗД в трансверсальном направлении применяется метод Pont A., который основан на зависимости между суммой ширины коронок верхних 4 резцов и величиной ШЗД в области премоляров и моляров [2]. Некоторыми авторами в эти индексы были внесены поправки с учетом этнических особенностей пациентов. Метод Снагиной Н.Г. (1969) основан на расчете зависимости между суммой мезиодистальных размеров 12 постоянных зубов и ШЗД.

Также было предложено определение длины переднего отрезка верхней зубной дуги в зависимости от суммы ширины коронок верхних резцов. При этом измеряется расстояние от срединной точки между центральными резцами с вестибулярной поверхности или режущего края по срединной линии челюсти до ее пересечения с линией, соединяющей точки Pont на первых премолярах [2]. В норме длина переднего отрезка нижней ЗД должна быть на 2 мм меньше значения длины переднего отрезка верхней ЗД [3].

Диагноз СПЗ устанавливается на основании результатов клинических и рентгенологических обследований и при изучении контрольно-диагностических моделей челюсти. В ходе диагностики оценивается ширина зубного ряда в районе премоляров и моляров с использованием метода Пона, а также ширина апикальных базисов по Снагиной. При сравнении данных с индивидуальной нормой определяется выраженность изменений зубного ряда [6, 7].

Цель исследования

Изучить ширину зубных дуг верхней и нижней челюстей на уровне премоляров при скученном положении зубов.

1 группы эти показатели были практически одинаковые с группой сравнения до и после ортодонтического лечения. У пациентов 2 группы после проведения лечения антропометрические показатели закрепились с показателями группы сравнения.

Ключевые слова: скученность зубов, гипсовые модели, зубные ряды, ортодонтическое лечение.

Материалы и методы

Обследовано 42 пациента в возрасте от 21–35 лет (женщин 26 человек, мужчин 16 человек) со скученностью зубов в переднем отделе верхней и нижней челюстей, которым проводили лечение съёмными и несъёмными ортодонтическими аппаратами (1 группа), 36 пациентов в возрасте 21–35 лет (женщин 24 человек, мужчин 12 человек) со скученностью зубов в переднем отделе верхней и нижней челюстей, которым проводили лечение несъёмными ортодонтическими аппаратами и сепарацию центральных резцов верхней и нижней челюстей (2 группа), 28 пациентов в возрасте 21–35 лет (женщин 15 человек, мужчин 13 человек) со скученностью зубов в переднем отделе верхней и нижней челюстей, которым проводили лечение несъёмными ортодонтическими аппаратами в сочетании удалении зубов (3 группа). Нами предложен оригинальный метод ортодонтического лечения пациентов со скученностью зубов в переднем отделе верхней и нижней челюстей.

По предложенному нами оригинального метода ортодонтического лечения пациентов со скученностью зубов в переднем отделе верхней и нижней челюстей. Пациентам выполняли компьютерную томограмму, по полученным результатам измеряли толщину компактной пластинки центральных зубов с вестибулярной и оральной стороны верхней и нижней челюстей. При измерении кортикальной пластинки центральных зубов верхней и нижней челюсти с помощью КТ в качестве значимых параметров измеряли показатели компактной пластинки, определяли толщину корней центральных зубов и апикальный базис каждой из челюстей, расчеты производили по формуле, с помощью которой определяли корректирующий коэффициент «Н»:

$$H = \sum \frac{(OP + BP)}{ЗК} * \frac{AB}{AH}$$

где ОП — толщина кортикальной пластинки с оральной стороны, мм;

ВП — толщина кортикальной пластинки с вестибулярной стороны, мм;

ЗК — ширина зубных корней, мм;

АБ — апикальный базис данного пациента;

Таблица 1. Ширина зубной дуги до лечения (M±m)

Показатели	Группа сравнения (n=45)	Группа 1 (n=42)
ШЗД ВЧ на уровне премоляров	31,1±0,2	30,9±0,2
ШЗД НЧ на уровне премоляров	32,5±0,5	32,1±0,5

Таблица 2. Ширина зубной дуги до лечения (M±m)

Показатели	Группа сравнения (n=30)	Группа 2 (n=36)
ШЗД ВЧ на уровне премоляров	31,1±0,2	29,6±0,5
ШЗД НЧ на уровне премоляров	32,5±0,5	30,7±0,5

Таблица 3. Ширина зубной дуги до лечения (M±m)

Показатели	Группа сравнения (n=30)	Группа 3 (n=28)
ШЗД ВЧ на уровне премоляров	31,1±0,2	28,0±0,2
ШЗД НЧ на уровне премоляров	32,5±0,5	29,5±0,5

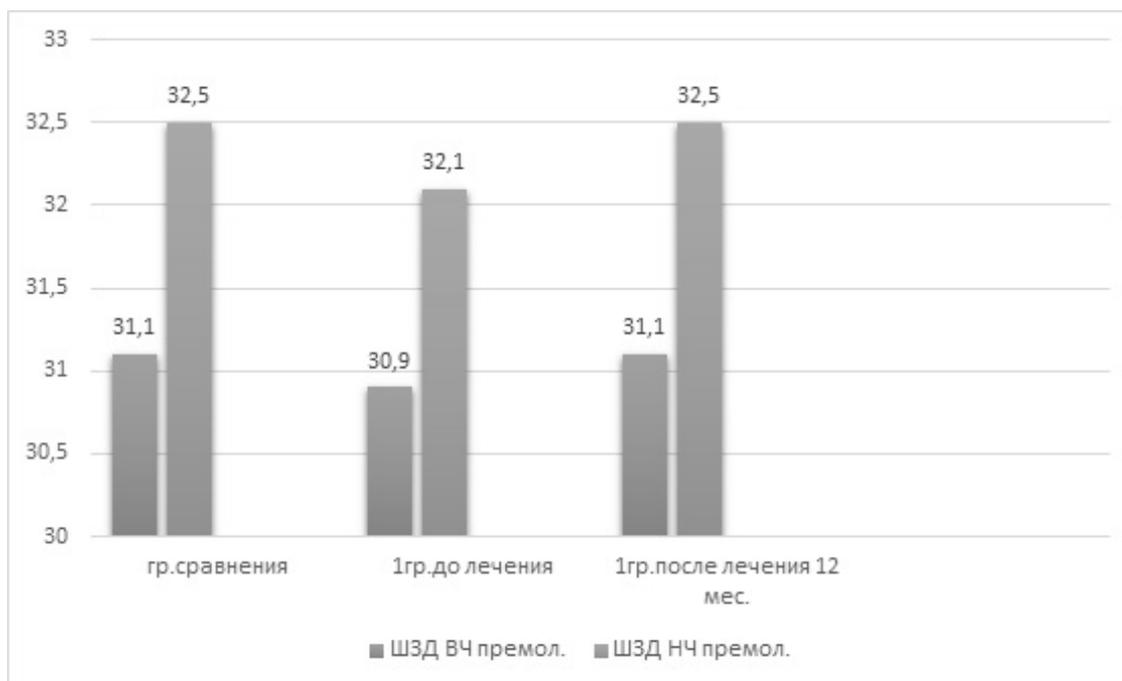


Рис. 1. Диаграмма динамики показателей ширины зубной дуги в динамике лечения пациентов 1 группы.

АН — нормативный апикальный базис, составляющий 44% для верхней челюсти и 43% для нижней челюсти.

Таким образом, в основе предложенного нами подхода к ортодонтическому лечению скученного положения зу-

бов лежит выявленная связь между толщиной кортикальных пластинок контактных поверхностей корней зубов (представлена в формуле соотношением $\Sigma(\text{ОП} + \text{ВП})/\text{ЗК}$ — сумма показателей центральных зубов); и возможностью перемещения зубов в пределах апикального базиса.

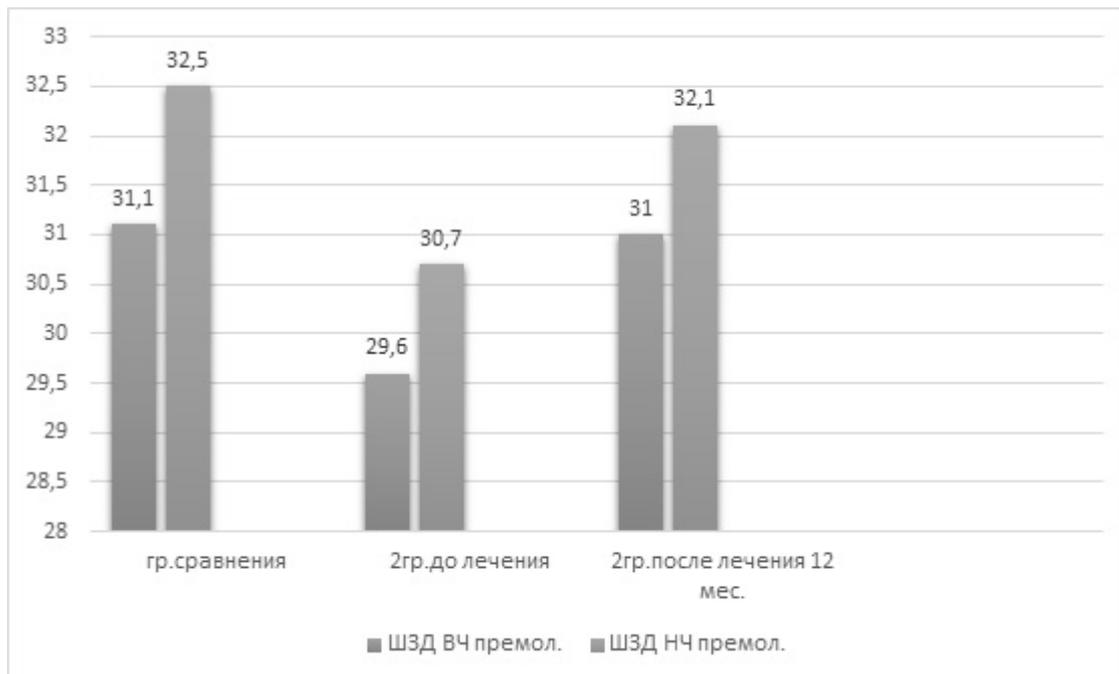


Рис. 2. Диаграмма динамики показателей ширины зубной дуги в динамике лечения пациентов 2 группы.

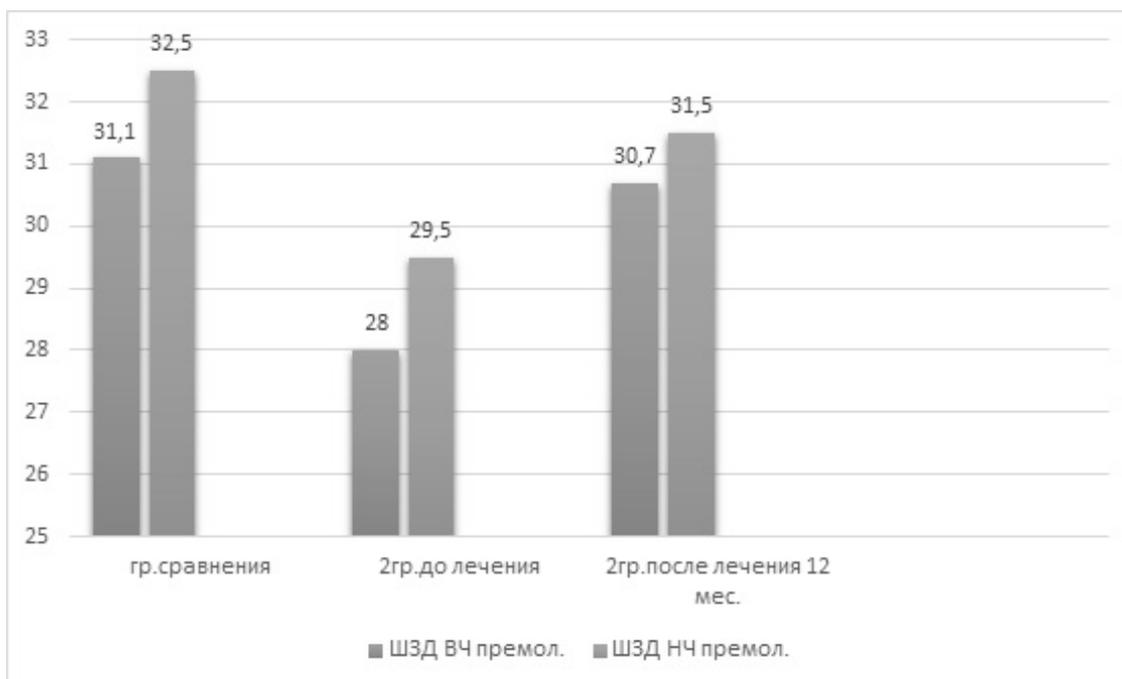


Рис. 3. Диаграмма динамики показателей ширины зубной дуги в динамике лечения пациентов 3 группы.

Качество лечения оценивали с использованием гипсовых моделей и компьютерной томограммы. Группой сравнения являлись 45 человек в возрасте 21–35 лет (женщин 25 человек, мужчин 20 человек), с интактными зубными рядами и физиологическими видами прикуса.

У пациентов 3 группы проводилось комплексное обследование с применением современных методов компьютерной диагностики и моделирования (ортодонтическое и хирургическое лечение). Пациентам 2 группы проводили комплексное обследование и компьютерную

диагностику (ортодонтическое лечение с применением сепарации центральных резцов верхней и нижней челюстей). Пациентам 1 группы также проводили комплексное обследование и компьютерную диагностику (ортодонтическое лечение съёмными и несъёмными аппаратами).

Эффективность применяемого лечения оценивали по гипсовым моделям и с помощью компьютерного томографа Dentsply Sirona Orthophos XG 3.

Результаты исследования

Морфометрические показатели 3 группы, до лечения были ниже показателей, полученных у лиц группы сравнения. У пациентов 2 группы показатели до лечения были ниже показателей группы сравнения. У пациентов 1 группы эти показатели практически соответствовали группе сравнения.

Результаты морфометрического исследования (в мм) у пациентов 1 группы до лечения представлены в таблице 1.

Результаты морфометрического исследования (в мм) у пациентов 2 группы до лечения представлены в таблице 2.

Результаты морфометрического исследования (в мм) у пациентов 3 группы до лечения представлены в таблице 3.

После проведённого исследования ширины зубных дуг пациентов до лечения всех трёх исследуемых групп, показало, что они не соответствуют группе сравнения.

Динамика лечения пациентов

На рисунке 1 представлена динамика лечения пациентов 1 группы.

На рисунке 2 представлена динамика лечения пациентов 2 группы.

На рисунке 3 представлена динамика лечения пациентов 3 группы.

Выводы

Использование предложенного подхода к планированию и лечению пациентов с дефицитом места сопровождается нормализацией показателей ширины зубной дуги верхней и нижней челюстей на уровне премоляров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпанова А.С., Арсенина О.И., Грудянов А.И. и др. Совершенствование диагностики при планировании ортодонтического лечения // Стоматология. — 2018. — Т. 97, № 6–2. — С. 28–31.
2. Нетцель Ф., Шульц К. Практическое руководство по ортодонтической диагностике. Анализ и таблицы для использования в практике / Пер. с англ. — Львов: Гал-дент, 2006. — 175 с.
3. Панкратова Н.В., Слабковская А.Б. Методика определения размеров зубных рядов в зависимости от размеров нижних резцов // Ортодент-Инфо. — 1998. — № 1. — С. 6–8.
4. Слабковская А.Б., Панаиотов И.П. Мультидисциплинарное лечение в современной реставрационной стоматологии // Ортодонтия. — 2014. — № 2 (66). — С. 39–47.
5. Снагина Н.Г. Методы измерения зубных рядов и их практическое значение // Теория и практика в стоматологии. — 1969. — Вып. 15. — С. 284.
6. Шкарин В.В. Междисциплинарный подход в оказании стоматологической ортопедической помощи при дефектах зубных рядов // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. — 2019. — № 1. — С. 105–122.
7. Bansal A.V., Bansal A., Kulkarni V. K. et al. Multidisciplinary management of an unusual case of multiple developmental defects in lateral incisor followed by intrusive injury to primary incisors // Contemp. Clin. Dent. — 2012. — Vol.3(4). — P. 510–513.

© Галстян Самвел Галустович (samvel.galstyan.2012@mail.ru), Рожкова Мария Геннадьевна (rozmaria2010@yandex.ru),

Лепилин Александр Викторович (lepilins@mail.ru), Севастьянов Аркадий Владимирович (ardy.dkr@mail.ru),

Фищев Сергей Борисович (super.kant@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИЗМЕНЕНИЕ ТОНУСА СОБСТВЕННО ЖЕВАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ У ПАЦИЕНТОВ СО СКУЧЕННОСТЬЮ ЗУБОВ В ПЕРЕДНЕМ ОТДЕЛЕ ВЕРХНЕЙ И НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТЕЙ ПОСЛЕ ОРТОДОНТИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ

THE CHANGE IN TONE ACTUALLY MASTICATORY MUSCLES IN PATIENTS WITH CROWDING IN THE ANTERIOR UPPER AND LOWER JAWS AFTER ORTHODONTIC TREATMENT

S. Galstyan
M. Rozhkova
A. Lepilin
A. Sevastyanov
S. Fisher

Summary. Introduction. Crowding of teeth—a pathology of the dentition characterized by a close location of the teeth as a result of the existing lack of space—is one of the most common types of abnormalities in the formation of the dentition, which is often an independent pathology [2]. Purpose. To study the state of proper chewing muscle tone in patients with crowding of teeth in the anterior Department. Materials and methods. We examined 32 patients aged 21–35 years (18 women, 14 men) with a crowd of teeth in the anterior part of the upper and lower jaws, treated with fixed orthodontic devices and Central incisors (group 1), and 26 patients aged 21–35 years (15 women, 11 men) with a crowd of teeth in the anterior part of the upper and lower jaws, treated with fixed orthodontic devices in combination with tooth extraction (group 2). We have proposed an original method of orthodontic treatment of patients with crowding of teeth in the anterior part of the upper and lower jaws.

The quality of treatment was assessed using myotonometry, measuring the rest tone (TP) and tension tone (TN) of the actual chewing muscles. The comparison group consisted of 50 people aged 21–35 years (30 women, 20 men) with intact dentition and physiological types of bite. Results. Indicators of chewing muscle tone in group 2 patients before treatment were lower than those obtained in the comparison group. In group 1 patients, these indicators were almost identical to the comparison group. Conclusions: indicators of chewing muscle tone in group 2 patients before treatment were lower than in the comparison group, and after treatment, the tone of rest and tension became normal. In group 1 patients, these indicators were almost identical to the comparison group before and after orthopedic treatment.

Keywords: crowding of teeth, myotonometry, orthodontics, orthodontic treatment.

Галстян Самвел Галустанович

Ассистент, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет
 Министерства здравоохранения РФ
 samvel.galstyan.2012@mail.ru

Рожкова Мария Геннадьевна

Ассистент, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет
 Министерства здравоохранения РФ
 rozmaria2010@yandex.ru

Лепилин Александр Викторович

Д.м.н., профессор, Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского
 Министерства здравоохранения РФ
 lepilins@mail.ru

Севастьянов Аркадий Владимирович

Д.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет
 Министерства здравоохранения РФ
 ardy.dkr@mail.ru

Фищев Сергей Борисович

Д.м.н., профессор, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет
 Министерства здравоохранения РФ
 super.kant@yandex.ru

Аннотация. Введение. Скученность зубов — это патология зубных рядов, характеризующаяся тесным расположением зубов в результате имеющегося дефицита места — является одним из наиболее распространенных видов аномалий формирования зубных рядов, которая нередко является самостоятельной патологией [2]. Цель. Изучить состояние тонуса собственно жевательных мышц у пациентов со скученностью зубов в переднем отделе. Материалы и методы. Обследовано 32 пациента в возрасте от 21–35 лет (женщин 18 человек, мужчин 14 человек) со скученностью зубов в переднем отделе верхней и нижней челюстей, которым проводили лечение несъемными ортодонтическими аппаратами и сепарацией центральных резцов (1 группа) и 26 пациентов в возрасте 21–35 лет (женщин 15 человек, мужчин 11 человек) со скученностью зубов в переднем отделе верхней и нижней челюстей, которым проводили лечение несъемными ортодонтическими аппаратами в сочетании с экстракцией зубов (2 группа). Нами предложен оригинальный метод ортодонтического лечения пациентов со скученностью зубов в переднем отделе верхней и нижней челюстей.

Качество лечения оценивали с использованием миотонометрии, измеряя тонус покоя (Тп) и тонус напряжения (Тн) собственно жевательных мышц.



Основными причинами скученности зубов являются: увеличение размеров коронок зубов, дефицит апикального базиса челюстей, сужение зубных рядов, наличие зачатков сверхкомплектных зубов [4]. В качестве одного из факторов, способствующих возникновению дефицита места в зубном ряду. Нехватка места в зубной дуге может возникнуть из-за нарушения сроков их прорезывания и ранней потери временных зубов [3]. Также сужение зубных рядов и скученность зубов в переднем отделе вызывает прорезывание третьих моляров. Реже причиной скученности зубов является увеличение мезиодистальных размеров коронок [5].

При скученном положении зубов риск возникновения кариеса и заболеваний тканей пародонта, неудовлетворительная гигиена усиливает риск развития стоматологических заболеваний. [1].

Из-за несоответствия размеров альвеолярных дуг и размеров зубов развивается дефицит места в зубной дуге. В клинической практике применяется два принципиальных подхода к созданию места в зубной дуге: удаление отдельных зубов и расширение зубной дуги. При этом удаление зубов, обеспечивая стабильность результата лечения, сокращает размер верхней зубной дуги, вызывает ретракцию верхних резцов, что впоследствии приводит к торможению сагиттального роста нижней челюсти [6].

Цель исследования

Изучить состояние тонуса жевательных мышц у пациентов со скученностью зубов в переднем отделе верхней и нижней челюстей.

Материалы и методы

Обследовано 32 пациента в возрасте от 21–35 лет (женщин 18 человек, мужчин 14 человек) со скученно-

Группой сравнения являлись 50 человек в возрасте 21–35 лет (женщин 30 человек, мужчин 20 человек), с интактными зубными рядами и физиологическими видами прикуса. Результаты. Показатели тонуса жевательных мышц пациентов 2 группы, до лечения были ниже показателей, полученных у лиц группы сравнения. У пациентов 1 группы эти показатели были практически соответствовали группе сравнения. Выводы: Показатели тонуса жевательных мышц у пациентов 2 группы, до лечения были ниже показателей, полученных у лиц группы сравнения, а после лечения тонус покоя и напряжения стали в норме. У пациентов 1 группы эти показатели были практически одинаковые с группой сравнения до и после ортопедического лечения.

Ключевые слова: скученность зубов, мионометрия, ортодонтия, ортодонтическое лечение.

стью зубов в переднем отделе верхней и нижней челюстей, которым проводили лечение несъемными ортодонтическими аппаратами и сепарацией центральных резцов (1 группа) и 26 пациентов в возрасте 21–35 лет (женщин 15 человек, мужчин 11 человек) со скученностью зубов в переднем отделе верхней и нижней челюстей, которым проводили лечение несъемными ортодонтическими аппаратами в сочетании с экстракцией зубов (2 группа).

Нами предложен оригинальный метод ортодонтического лечения пациентов со скученностью зубов в переднем отделе верхней и нижней челюстей. Пациентам выполняли компьютерную томограмму, по полученным результатам измеряли толщину компактной пластинки центральных зубов с вестибулярной и оральной стороны верхней и нижней челюстей. При измерении кортикальной пластинки центральных зубов верхней и нижней челюсти с помощью КТ в качестве значимых параметров измеряли показатели компактной пластинки, определяли толщину корней центральных зубов и апикальный базис каждой из челюстей, расчеты производили по формуле, с помощью которой определяли корректирующий коэффициент «Н»:

$$H = \sum \frac{(OP+BP)}{ЗК} * \frac{AB}{АН}$$

где ОП — толщина кортикальной пластинки с оральной стороны, мм;

ВП- толщина кортикальной пластинки с вестибулярной стороны, мм;

ЗК- ширина зубных корней, мм;

АБ — апикальный базис данного пациента;

АН — нормативный апикальный базис, составляющий 44% для верхней челюсти и 43% для нижней челюсти.

В таблице 1 представлены примеры расчета корректирующего коэффициента «Н».

Таблица 1. Пример расчета корректирующего коэффициента «К».

Зуб	ОП	ВП	ЗК	АБ	Ан
13	1,9	1,3	6,8	44	44
12	2,0	1,1	5,4	44	44
11	2,1	0,8	6,1	44	44
21	2,2	0,8	6,7	44	44
22	2,1	0,9	6,1	44	44
23	1,8	0,7	7,1	44	44
33	1,1	0,8	7,5	43	43
32	1,1	0,6	6,0	43	43
31	1,0	0,8	5,8	43	43
41	1,1	0,8	5,4	43	43
42	1,2	0,8	5,8	43	43
43	1,3	1,0	7,6	43	43

Таблица 2. Результаты исследования тонуса жевательных мышц у пациентов 1 группы и группы пациентов с нормой.

Состояние тонуса	Показатели тонуса собственно жевательных мышц	
	Норма	1 группа
Тонус покоя	48,15 ± 3,3	47,59 ± 4,2
Тонус напряжения	167,3 ± 4,7	166,85 ± 5,4

Полученные данные позволяли выбрать следующие варианты тактики ортодонтического лечения:

Полученные данные позволяли выбрать следующие варианты тактики ортодонтического лечения:

- ◆ при «Н» = 0,4 и более проводили лечение с использованием ортодонтических съёмных и несъёмных аппаратов;
- ◆ при величине «Н» менее 0,4 и более 0,2 проводили лечение с использованием ортодонтических аппаратов и сепарацию зубов;
- ◆ при «Н» = 0,2 и менее проводили лечение с использованием ортодонтических аппаратов и удалении зубов, например, парных премоляров или зубов мудрости.

Таким образом, в основе предложенного нами подхода к ортодонтическому лечению скученного положения зубов лежит выявленная связь между толщиной кортикальных пластинок контактных поверхностей корней зубов (представлена в формуле соотношением $\Sigma(\text{ОП} + \text{ВП})/\text{ЗК}$ — сумма показателей центральных зубов); и воз-

можностью перемещения зубов в пределах апикального базиса.

Качество лечения оценивали с использованием миотометрии, измеряя тонус покоя (Тп) и тонус напряжения (Тн) собственно жевательных мышц. Группой сравнения являлись 50 человек в возрасте 21–35 лет (женщин 30 человек, мужчин 20 человек), с интактными зубными рядами и физиологическими видами прикуса. У пациентов 2 группы проводилось комплексное обследование с применением современных методов компьютерной диагностики и моделирования (ортодонтическое и хирургическое лечение). Пациентам 1 группы также проводили комплексное обследование и компьютерную диагностику (ортодонтическое лечение с применением сепарации центральных резцов верхней и нижней челюстей).

Эффективность применяемого лечения оценивали по средствам миотометрии, с помощью миотометра SZIRMA венгерской фирмы METRIMPEX. Щуп миотометра помещали в моторные точки на правой и левой

Таблица 3. Результаты исследования тонуса жевательных мышц у пациентов 2 группы и группы пациентов с нормой.

Состояние тонуса	Показатели тонуса собственно жевательных мышц	
	Норма	2 группа
Тонус покоя	48,15 ± 3,3	44,35 ± 3,9
Тонус напряжения	167,3 ± 4,7	140,72 ± 4,8

Таблица 4. Результаты исследования тонуса мышц у пациентов до и после применения комплексного лечения.

Состояние тонуса	Норма	До лечения	После лечения	P
Показатели тонуса жевательных мышц				
Тонус покоя	48,15 ± 3,3	44,35 ± 3,9	48,10 ± 3,3	< 0,05
Тонус напряжения	167,6 ± 4,7	140,72 ± 4,8	169,4 ± 2,7	< 0,05

Таблица 5. Результаты исследования тонуса мышц у пациентов до и после лечения.

Состояние тонуса	Норма	До лечения	После лечения	P
Показатели тонуса жевательных мышц				
Тонус покоя	48,15 ± 3,3	44,35 ± 3,9	48,10 ± 3,3	< 0,05
Тонус напряжения	167,6 ± 4,7	137,72 ± 4,8	165,4 ± 2,7	< 0,05

собственно жевательных мышцах и измеряли тонус покоя и тонус напряжения.

Результаты исследования

Результаты миотонометрического исследования пациентов 2 группы показали, что тонус покоя и тонус напряжения жевательных мышц был ниже нормы. У пациентов 1 группы эти показатели были практически в норме.

Результаты исследования тонуса (в граммах) собственной жевательных мышц у пациентов 1 группы представлены в таблице 2.

Результаты исследования тонуса (в граммах) собственной жевательных мышц у пациентов 2 группы представлены в таблице 3.

Результаты исследования показали, что у пациентов 2 группы отмечалось уменьшение тонуса напряжения собственно жевательных мышц, вследствие ограничения движения нижней челюсти и уменьшения количества функционирующих контактов.

Результаты исследования тонуса (в граммах) жевательных мышц у пациентов 2 группы после лечения представлены в таблице 4.

У пациентов 2 группы через 3–6 месяцев после комплексного лечения показатели тонуса собственно жевательных мышц приближались к крайним границам показателей тонуса мышц, полученных у людей с физиологической окклюзией, что свидетельствовало об эффективности комплексного лечения.

Пациенты 1 группы после проведения ортодонтического лечения и сепарации центральных резцов верхней и нижней челюстей, имели следующие результаты лечения (таблица 5).

Результаты исследования показали, что тонус покоя собственно жевательных мышц до лечения были ниже нормы незначительно, после ортодонтического лечения стали близкими к группе сравнения.

Выводы: Использование предложенного подхода к планированию и лечению пациентов с выраженным дефицитом места сопровождается нормализацией показателей электромиографии и показателей мышечного тонуса собственно жевательных мышц.

Показатели тонуса жевательных мышц у пациентов 2 группы, до лечения были ниже показателей, полученных у лиц группы сравнения, а после лечения тонус покоя и напряжения стали в норме. У пациентов 1 группы эти показатели были практически одинаковые с группой сравнения до и после ортопедического лечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постников М.А., Степанов Г.В., Ульянова Л.Г. Антропометрия зубных рядов у пациентов с мезиальной окклюзией до и после ортодонтического лечения // Наука и инновации в медицине. — 2016. — № 2 (2). — С. 24–28.
2. Рубникович С.П., Корхова Н.В., Тимчук Я.И. Сравнительная характеристика антропометрических методов диагностики у пациентов с постоянным прикусом // Вестник Витебского государственного медицинского университета. — 2017. — Т. 16, № 5. — С. 105–111.
3. Снагина Н.Г. Методы измерения зубных рядов и их практическое значение // Теория и практика в стоматологии. — 1969. — Вып. 15. — С. 284
4. Choi Y.J., Chang J. E., Chung C. J. et al. Prediction of long-term success of orthopedic treatment in skeletal Class III malocclusions // Am. J. Orthod. Dentofacial. Orthop. — 2017. — Vol.152(2). — P. 193–203.
5. Hourfar J., Bister D., Kanavakis G. et al. Influence of interradicular and palatal placement of orthodontic mini-implants on the success (survival) rate // Head Face Med. — 2017. — Vol.13. — P. 14–18.
6. Metzner R., Schweska-Polly R., Helms H. J., Wiechmann D. Comparison of anchorage reinforcement with temporary anchorage devices or a Herbst appliance during lingual orthodontic protraction of mandibular molars without maxillary counterbalance extraction // Head Face Med. — 2015. — Vol.11. — P. 22–26.

© Галстян Самвел Галустович (samvel.galstyan.2012@mail.ru), Рожкова Мария Геннадьевна (rozmaria2010@yandex.ru),
 Лепилин Александр Викторович (lepilins@mail.ru), Севастьянов Аркадий Владимирович (ardy.dkr@mail.ru),
 Фищев Сергей Борисович (super.kant@yandex.ru).
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет Министерства здравоохранения РФ

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ ШЕЕЧНОЙ БЕРЕМЕННОСТИ. ДИАГНОСТИКА И ТЕРАПИЯ

A CASE REPORT OF CERVICAL ECTOPIC PREGNANCY. DIAGNOSIS AND THERAPY

**N. Grigoryan
L. Galustyan
J. Sargsyan**

Summary. In Russia, ectopic pregnancy miscarriage occurs in 1.13 cases per 100 pregnancies, or in 3.6 cases per 100 live births. The development of this pathology is facilitated by numerous adverse exo and endogenous environmental factors on the woman's organism. One of the most dangerous types of ectopic pregnancy is — the cervical pregnancy. Amongst the most issues in modern reproductive medicine, development and implementation of early diagnosis methods and organ-saving treatment methods are one of the most important. In this article, we give an example of a successful, in terms of maintaining reproductive function outcome of cervical pregnancy.

Keywords: ectopic pregnancy, fetal egg, cervical pregnancy, gynecological diseases, Doppler ultrasound, uterine artery embolization, fertility.

Григорян Нарине Аразиковна

К.б.н., доцент, Ростовский Государственный медицинский университет, Ростов-на-Дону
narine_g69@mail.ru

Галустян Лусине Кареновна

Ростовский Государственный медицинский университет, Ростов-на-Дону
markgalustyan@yandex.ru

Саргсян Джульетта Гургеновна

Ростовский Государственный медицинский университет, Ростов-на-Дону
Dzhuliya.02@mail.ru

Аннотация. В России внематочная беременность встречается в 1,13 случаев на 100 беременностей, или в 3,6 случаев на 100 родивших живых детей. Развитию данной патологии способствуют многочисленные неблагоприятные экзо и эндогенные факторы окружающей среды на организм женщины. Одной из самых опасных видов внематочной беременности является — шейечная. Разработка и внедрение методов ранней диагностики и органосберегающих методов лечения является одним из важнейших вопросов современной репродуктивной медицины. В нашей статье мы приводим пример благополучного исхода шейечной беременности.

Ключевые слова: внематочная беременность (ВБ) эктопическая беременность, плодное яйцо, шейечная беременность, гинекологические заболевания, ультразвуковое исследование.

Введение

Внематочная (ВБ) или эктопическая беременность — это общий термин, характеризующий любую беременность, развивающуюся после имплантации бластоцисты, в любом другом месте кроме эндометриальной выстилки матки. Данную патологию в англоязычной литературе принято называть эктопической беременностью (ЭБ), а в русскоязычной внематочной, оба термина являются синонимами.

На сегодняшний день наблюдается все больше случаев эктопической беременности с 0,5 до 1–2%, 11 на 1000 беременностей, наиболее часто имплантация плодного яйца происходит в одном из отделов маточной трубы, и только 5% локализуется вне маточной трубы. К ред-

ким или атипичным формам относят интерстициальную (0,4–1%), яичниковую (0,4–1,3%), брюшную (0,1–0,9%), шейечную (0,1–0,4%) беременности. К казуистике относят чрезвычайно редкие наблюдения сочетания маточной и трубной беременности — гетеротопическая внематочная беременность [1].

Наиболее опасной считается шейечная беременность. При этой локализации слишком высок риск разрыва шейки на ранних сроках, с обильным кровотечением, опасным для жизни. До последнего времени шейечная ВМБ практически всегда заканчивалась удалением матки. [2].

Впервые развитие беременности в канале шейки описал в 1881 году И.М. Львов. Несмотря на появление

за последние десятилетия новых методик диагностики и лечения такого крайне тяжелого состояния, каким является шеечная беременность, данная проблема остается особенно актуальной. Шеечная беременность по месту прикрепления может быть как чисто шеечная (эмбрион не выходит за пределы шейки), так и шеечно-перешеечная (перешейком называется переход собственно тела матки в её шейку). Любая разновидность такой беременности является прямым показанием к хирургическому вмешательству и срочному прерыванию беременности.

При шеечной беременности плодное яйцо с развивающимся в нем эмбрионом имплантируется в шейку матки и может там расти до середины 1 триместра. По мере того, как развивается плодное яйцо, растягивается и шейка матки, женщина начинает испытывать боль в области таза с сопутствующим кровомазаньем. Кровотечение может быть, достаточно обильным, что при отсутствии незамедлительных гемостатических мероприятий представляет угрозу для жизни женщины.[3]

Наиболее частыми причинами развития шеечной беременности, по мнению, австрийских ученых R. Lehner и соавт. (2000) [4], являются перенесенные генитальные инфекции. Существенную роль, в развитии шеечной беременности играют перенесенные гинекологические заболевания, аномалии развития шейки матки, эрозия шейки матки, миома матки [5]. Большой риск развития шеечной беременности играют перенесенные ранее операции по выскабливаниям слизистой полости матки, искусственным абортam на ранних сроках беременности, а также оперативным вмешательствам по поводу доброкачественных образований яичников, миомы тела матки, эндометриоза и спаечного процесса в малом тазу, так же при врожденной аномалии репродуктивных органов, наличии синдрома Ашермана (спайки в полости матки). Длительное использование внутриматочных контрацептивов и ЭКО тоже могут привести к развитию шеечной ВМБ. Полученные данные позволяют нам предположить, что травматизация шейки матки и расширение цервикального канала в ходе оперативных вмешательств являются факторами риска при развитии шеечной беременности.

Диагностировать шеечную беременность при гинекологическом осмотре достаточно сложно. При осмотре в зеркалах врач может обратить внимание на увеличение шейки в размерах, при двуручном гинекологическом исследовании тело матки не соответствует предполагаемому сроку беременности и его размеры меньше шейки, которая имеет мягковатую консистенцию и резко отклонена к лону или крестцу. Уровень хорионического гонадотропина в крови снижен по сравнению с нормой для данного срока нормальной беременности.

Очень важна своевременная правильная диагностика, чем раньше выявлено заболевание, тем лучше прогноз. При позднем обращении, или неправильной диагностике есть угроза не только потери матки, но и жизни женщины. Причиной смерти чаще всего является кровотечение (в 75–85% случаев), реже — инфекция, при своевременном выявлении детородную функцию возможно сохранить.

Исходя из вышеизложенного можно считать, что методом выбора при диагностике шеечной беременности является — трансвагинальное ультразвуковое исследование — основной метод диагностики при таких патологиях.

Ультразвуковая картина при шеечной беременности показывает плодное яйцо, расположенное в цервикальном канале, в котором нередко визуализируется желточный мешок или эмбрион. Округлое или овальное плодное яйцо, имеющее правильную форму и окруженное экзогенным ободком, с высокой вероятностью указывает на шеечную беременность. Диагноз становится наиболее вероятным, если внутри яйца обнаруживается эмбрион с сердцебиением. При обнаружении плодного яйца уплощенной формы без экзогенного ободка, либо со слабо выраженным ободком, при отсутствии в яйце эмбриона или обнаружении мертвого эмбриона наиболее вероятным становится диагноз аборт в ходу.

При поставленном диагнозе — шеечная беременность важно правильно выбрать терапию! Органосохраняющие хирургические вмешательства можно комбинировать с медикаментозным лечением эктопической беременности. В последние годы в клиническую практику вошел новый метод лечения миомы матки — эндоваскулярная эмболизация маточных артерий. По мнению ряда исследователей, эмболизация маточных артерий может стать методом выбора при шеечной беременности. [6]

Для контроля массивного кровотечения при шеечной внематочной беременности шейки матки используется двойной шейный баллон. [7]

Материалы и методы

Пациентка N первобеременная в возрасте 30 лет, обратилась в мкг после положительно теста на беременность. Гинекологический анамнез отягощен эрозией шейки матки. При соматическом анамнезе экстрагенитальной патологии не выявлено

Ультразвуковое исследование проведено на аппарате Logiq S8 от General Electric Healthcare (США) с использованием трансвагинального датчика.



Рис. 1. Шеечная беременность.

Клинический случай

В сентябре 2018 г. В медицинский центр «Ваш Доктор» г. Константиновска ростовской области, обратилась пациентка N, в возрасте 30 лет, в связи с задержкой менструации и положительного теста на беременность. Примерный срок беременности 7 недель от начала последней менструации. Беременность первая: в анамнезе эрозия шейки матки. На момент обращения жалоб не имела. Пациентке было назначено трансабдоминальное и трансвагинальное ультразвуковое исследование малого таза с цветным доплеровским картированием (ЦДК). В результате трансвагинального УЗИ установлено: тело матки размером 50*40*56 мм, контуры четкие, ровные, размер матки не увеличен. В полости матки определяется gravidарный эндометрий, плодного яйца в полости матки не обнаружено.

Шейка матки обычной формы, несколько увеличена в переднезаднем направлении, в цервикальном канале шейки матки четко определяется плодное яйцо диаметром 12 мм округлой формы, с желточным мешком



Рис. 2. Плодное яйцо в шейки матки (режим ЦДК)

имеющим наружный диаметр 3мм. Яичники визуализированы с обеих сторон в правом яичнике желтое тело диаметром 22 мм, с характерным циркулярным кровотоком

Заключением УЗИ стало: УЗ-признаки шеечной беременности 5–6 недель. Рекомендована консультация гинеколога в срочном порядке. В экстренном порядке пациента была госпитализирована в гинекологическое отделение. Диагноз был подтвержден интероперационно. Было проведено органосохраняющее оперативное вмешательство.

Заключение

На сегодняшний день возрос риск развития разных видов эктопической беременности, в том числе и шеечной. Применение ЭКО, тенденция к увеличению возраста рожениц, влиянием различных экзо и эндогенных факторов на репродуктивное здоровье женщин. Своевременная профилактика женщин в группе риска и ранняя диагностика дает возможность сохранить не только жизнь, но и репродуктивную функцию женщин.

ЛИТЕРАТУРА

1. С.Н. Буянова, Н.В. Пучкова, М.В. Мгелиашвили, Р.А. Барто. редкие формы эктопической беременности//Российский вестник акушера-гинеколога. 2017;17(6): с. 53–56
2. Л.К. Галустьян, Н.А. Григорян. Гетеротопическая беременность. Клинический случай// Материалы VI межрегиональной научно-практической студенческой конференции «Экология и здоровье», 16 мая 2019 г, Ростов-на-Дону с. 161–165.

3. Питер М. Дубиле, Кэрл Б. Бенсон Атлас по ультразвуковой диагностике в акушерстве и гинекологии // 2011 г., с. 300–302.
4. Lehner R., Kucera E., Jirecek S. et al. Ectopic pregnancy // Arch. Gynecol. Obstet. 2000. Vol. 263. P. 87–92.
5. Козаченко А.В., Акинфиев Д. М., Адамян Л. В., Яроцкая Е. Л. Органосохраняющее лечение шеечной беременности у женщин репродуктивного возраста // Акушерство и гинекология: Новости. Мнения. Обучения. 2017. № 2 (16). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organosohranyayushee-lechenie-sheechoy-b>
6. И.С. Липатов, Ю. В. Тезиков, Н. В. Мартынова, И. З. Блюмина, Е. В. Зубковская, С. А. Севостьянова Сохранение репродуктивной функции при шеечной беременности путем применения эмболизации маточных артерий // Современные проблемы науки и образования. — 2016. — №. 6. — С. 8–8.
7. N. Zambrano et al. Double balloon cervical ripening catheter for control of massive hemorrhage in a cervical ectopic pregnancy // Case reports in obstetrics and gynecology. — 2017. — Т. 2017.

© Григорян Нарине Аразиковна (narine_g69@mail.ru), Галустян Лусине Кареновна (markgalustyan@yandex.ru),

Саргсян Джульетта Гургеновна (Dzhuliya.02@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Ростов-на-Дону

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ РАЗМЕРНОЙ ТОЧНОСТИ ВРЕМЕННЫХ ИСКУССТВЕННЫХ КРОНОК, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ТРАДИЦИОННЫХ И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

METHODS FOR STUDYING THE DIMENSIONAL ACCURACY OF TEMPORARY ARTIFICIAL CROWNS MADE USING TRADITIONAL AND DIGITAL TECHNOLOGIES

**E. Zhulev
J. Vokulova**

Summary. The aim of the study was to study the dimensional accuracy of temporary artificial crowns made using the Asiga Max UV 3D printer, the KaVo ARCTICA CAD/CAM system, using digital images of the experimental model obtained by the intraoral laser scanner iTero Cadent and temporary artificial crowns made by the laboratory method of hot polymerization. The dimensional accuracy of artificial crowns was studied using the computer program MeshLab. The Friedman criterion was used for statistical analysis of the obtained data. The results of our research indicate a high dimensional accuracy of temporary artificial crowns made using modern digital technologies (CAD/CAM systems, intraoral laser scanning and 3D printer), compared to artificial crowns made by the traditional method of hot polymerization of acrylic plastic with a significance level of $p < 0,05$.

Keywords: digital technologies in dentistry, digital impressions, CAD/CAM, intraoral scanner, 3D printing.

Жулев Евгений Николаевич

Заслуженный работник высшей школы РФ, д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Нижний Новгород

hrustalev54@mail.ru

Вокулова Юлия Андреевна

К.м.н., врач стоматолог — ортопед, ФГКУ «Поликлиника № 2 Федеральной таможенной службы России», Нижний Новгород
vokulova@rambler.ru

Аннотация. Целью исследования было изучение размерной точности временных искусственных коронок, изготовленных с применением 3D принтера Asiga Max UV, CAD/CAM-системы KaVo ARCTICA, по цифровым изображениям экспериментальной модели, полученным внутриротовым лазерным сканером iTero Cadent и временных искусственных коронок, изготовленных лабораторным методом с применением горячей полимеризации. Размерную точность искусственных коронок изучали с помощью компьютерной программы MeshLab. Для статистического анализа полученных данных применяли критерий Фридмана. Результаты нашего исследования свидетельствуют о высокой размерной точности временных искусственных коронок, изготовленных с помощью современных цифровых технологий (CAD/CAM-системы, внутриротового лазерного сканирования и 3D принтера), превосходящей искусственные коронки, изготовленные традиционным методом с использованием горячей полимеризации акриловой пластмассы ($p < 0,05$).

Ключевые слова: цифровые технологии в стоматологии, цифровые оттиски, CAD/CAM, внутриротовой сканер, 3D печать.

Введение

В настоящее время приоритетным способом изготовления несъемного зубного протеза признаны цифровые технологии. Внутриротовые сканеры, различные CAD/CAM-системы и 3D принтеры активно используются в ортопедической стоматологии при изготовлении ортопедических конструкций [1, 2, 3, 4, 6, 7]. Изготовление временных конструкций протезов является неотъемлемой частью ортопедического лечения. В частности, временный протез защищает подготовленные зубы от проникновения бактерий полости рта в дентинные каналы и пульпу, внешнего воздействия химических и температурных факторов, формирует

десневой контур прорезывания при опоре на имплантаты, препятствует перемещению зубов в период протезирования [5]. В предыдущих исследованиях имеются сообщения о размерной точности временных несъемных протезов, полученных с помощью различных CAD/CAM-систем и сравнении субтрактивного метода изготовления искусственных коронок с лабораторным методом с использованием горячей полимеризации акриловой пластмассы [1, 9, 10]. В то же время малочисленность и различия в полученных разными авторами данных о размерной точности временных искусственных коронок, изготовленных с помощью 3D принтеров, явилось обоснованием проведения настоящего исследования.

Цель исследования

Изучить размерную точность временных искусственных коронок, изготовленных с применением 3D принтера Asiga Max UV, CAD/CAM-системы KaVo ARCTICA, и временных искусственных коронок, изготовленных лабораторным методом с использованием горячей полимеризации акриловой пластмассы.

Материалы и методы исследования

Для изучения размерной точности временных искусственных коронок, изготовленных с помощью традиционных и цифровых технологий, нами была разработана специальная схема проведения исследования (рис. 1), в которой использовалась экспериментальная модель (рис. 2) с подготовленным под искусственную коронку зубом с циркулярным уступом в виде желоба.

На первом этапе было получено 10 цифровых изображений экспериментальной модели с помощью внутриворотного лазерного сканера iTero Cadent (США). В программном обеспечении DentalCAD2.2 Valletta проводили моделирование временных искусственных коронок для культы зуба 2.7 экспериментальной модели. Для всех искусственных коронок при виртуальном моделировании задавали величину цементного зазора 50 мкм.

На втором этапе из полиметилметакрилата VITA CAD-Temp monocolour в фрезерно-шлифовальном станке KaVo ARCTICA Engine изготовили 10 временных искусственных коронок. На третьем этапе с помощью 3D принтера Asiga Max UV были изготовлены 10 искусственных коронок из биологически совместимого микронаполненного гибридного материала NextDent C&B MFH.

На третьем этапе с экспериментальной модели были получены двухслойные одноэтапные А — силиконовые оттиски (Express STD, Express XT Regular Body, 3M ESPE, США) и изготовлены 10 разборных моделей из высокопрочного гипса Fujirock (GC, Япония), на которых создавали восковые заготовки искусственных коронок методом погружения до получения необходимой толщины. Затем моделировали литники, восковую репродукцию формовали в опоку, выплавляли воск и методом горячей полимеризации изготавливали 10 временных искусственных коронок из акриловой пластмассы СинмаМ.

На четвертом этапе с помощью лабораторного оптического сканера KaVo ARCTICA AutoScan получали цифровые изображения экспериментальной модели и полученных в ходе исследования временных искусственных коронок. В компьютерной программе MeshLab проводили совмещение цифрового изображения культы зуба экспериментальной модели с цифровыми изобра-

жениями искусственных коронок, полученными с помощью CAD/CAM KaVo ARCTICA, с цифровыми изображениями искусственных коронок, созданных с помощью 3D принтера Asiga Max UV и с цифровыми изображениями искусственных коронок, изготовленными лабораторным методом без использования цифровых технологий. Совмещение цифровых изображений в компьютерной программе MeshLab осуществляется автоматически. После наложения двух цифровых изображений, программа рассчитывает «медиану расстояний» между цифровыми объектами. Алгоритм сравнения в компьютерной программе MeshLab состоит в следующем. Случайным образом выбирается достаточно большое число точек на двух цифровых изображениях равное числу вершин в одной из моделей. Для каждой точки одного цифрового изображения перебираются точки другого виртуального изображения для определения ближайшей. Расстояние между этими двумя точками запоминается. Среди всех запомненных расстояний в программе MeshLab автоматически рассчитывается медиана расстояний между двумя цифровыми изображениями. В приложении к нашему исследованию размерная точность искусственных коронок будет тем больше, чем меньше значение «медианного расстояния» между цифровыми изображениями после их совмещения. Результаты измерений заносили в таблицы для последующего статистического анализа.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты измерения медианного расстояния между цифровым изображением экспериментальной модели и цифровыми изображениями искусственных коронок, изготовленных разными методами, представлены в таблице 1.

Для анализа полученных результатов применяли критерий Фридмана. Критерий Фридмана позволяет установить, что величины показателей изменяются от условия к условию, но при этом не указывает на направление изменений. Критерий Фридмана является обобщением критерия Уилкоксона на большее чем два количество условий измерения, в котором мы ранжируем не абсолютные величины сдвигов, а сами индивидуальные значения измерений. Нулевую гипотезу при статистическом анализе обозначили следующим образом $H_0 = \{\text{между полученными в разных условиях показателями существуют лишь случайные различия}\}$.

В данном исследовании нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,0166667$, т.е. вероятность ошибочного признания различий значимыми меньше 0,0166667. При расчете критического уровня значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных сравнений: $0,0166667 = 0,05 /$

Таблица 1. Результаты измерения медианного расстояния между цифровым изображением экспериментальной модели и цифровыми изображениями искусственных коронок, изготовленных разными методами, мм (n – количество каркасов искусственных коронок)

n	CAD/CAM	3D Принтер	Традиционная техника
1	0,037514	0,033102	0,062912
2	0,030418	0,032247	0,055099
3	0,025269	0,033476	0,050735
4	0,024048	0,025326	0,062744
5	0,029457	0,034582	0,075111
6	0,038979	0,029457	0,047642
7	0,025635	0,034323	0,060814
8	0,026552	0,028036	0,075706
9	0,033283	0,032032	0,086157
10	0,030273	0,020313	0,059525
Среднее значение	0,030143	0,030289	0,063645

Таблица 2. Описательные статистики распределения значений величины медианы расстояний (n – количество каркасов искусственных коронок)

Метод получения коронок	n	Среднее ± стандартное отклонение	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль	Стандартная ошибка среднего
CAD/CAM	10	0,030 ± 0,005	0,030	0,024	0,039	0,026	0,033	0,002
3D принтер	10	0,030 ± 0,0046	0,032	0,020	0,035	0,028	0,033	0,001
Традиционная техника	10	0,064 ± 0,012	0,062	0,048	0,086	0,056	0,072	0,004

Таблица 3. Результаты попарного сравнения групп

Сравниваемые группы	p
CAD/CAM - 3D принтер	0,718636731572
Традиционная техника - 3D принтер	0,000000162848
Традиционная техника - CAD/CAM	0,000000001315

3, где 0,05 — общепринятое значение критического уровня значимости для одинарного сравнения в медико-биологических исследованиях, а 3 — число сравнений.

Описательные статистики распределения значений величины медианы расстояний представлены в таблице 2.

Различия величин медианы расстояний цифровых изображений временных искусственных коронок, изготовленных различными методами, можно признать статистически значимыми на уровне $p < 0,0166667$ (критерий Фридмана $S = 45,600000$, $p = 0,000000$). Далее проводили попарное сравнение всех цифровых методик, применяемых для изготовления временных искусственных коронок, с традиционным методом горячей полимеризации пластмассы и цифровых методик между собой (табл. 3, рис. 3).

Из таблицы 3 и рисунка 3 видно, что цифровые методики изготовления временных искусственных коронок различимы от традиционного метода горячей полимеризации с уровнем значимости $p < 0,0166667$ по признаку «Величина медианы расстояний». Статистических различий между методами изготовления искусственных коронок с помощью CAD/CAM системы и 3D принтера не обнаружено.

На основании полученных данных было установлено, что среднее значение медианного расстояния между цифровым изображением культи экспериментальной модели и цифровыми изображениями искусственных коронок, изготовленных с помощью CAD/CAM-системы KaVo ARCTICA, составляет $0,030 \pm 0,005$ мм. Среднее значение медианного расстояния между цифровым изображением культи экспериментальной модели и цифровыми изображениями искусственных коронок,

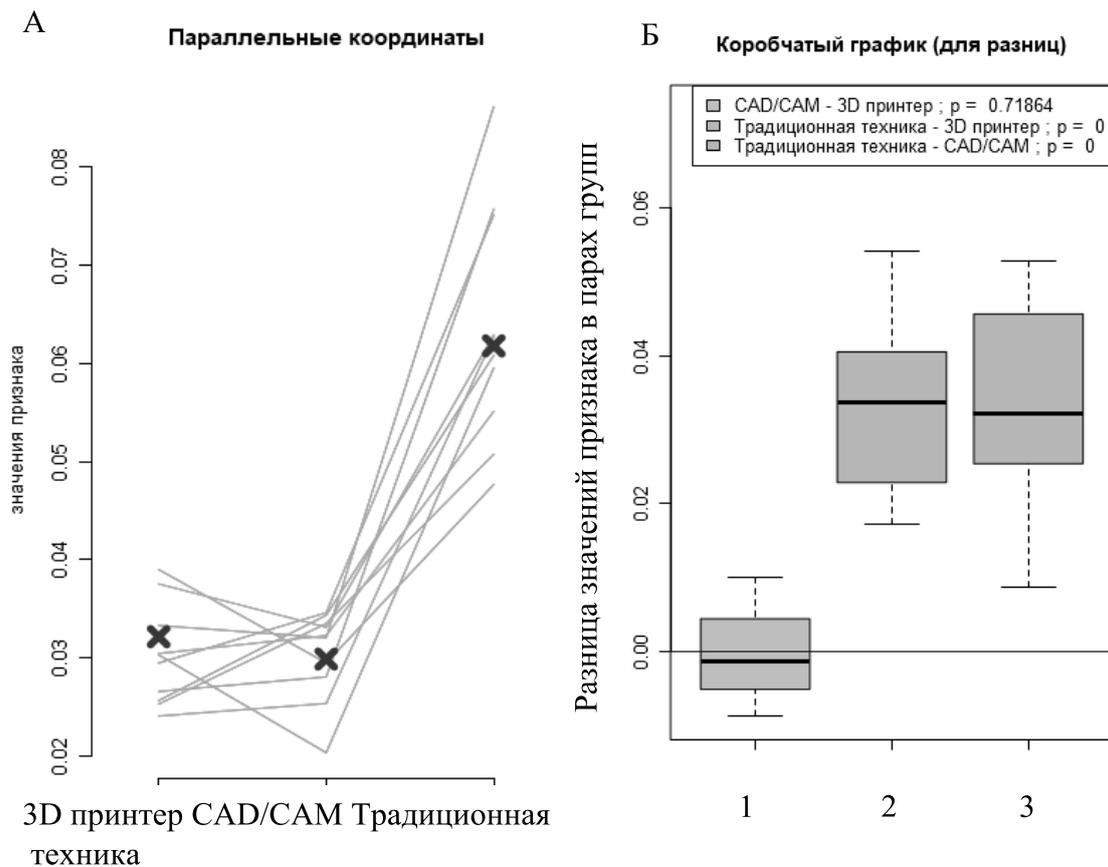


Рис. 3. Анализ различий значений признака «Величина медианы расстояний». А. Диаграмма с параллельными координатами. Б. Коробчатый график для попарно сравниваемых групп: 1 — CAD/CAM — 3D принтер; 2 — Традиционная техника — CAD/CAM; 3 — Традиционная техника — 3D принтер

изготовленных с применением 3D принтера Asiga Max UV, составляет $0,030 \pm 0,0046$ мм. Среднее значение медианного расстояния между цифровым изображением культи экспериментальной модели и цифровыми изображениями искусственных коронок, изготовленных по лабораторному методу без применения цифровых технологий, составляет $0,064 \pm 0,012$ мм. Эти данные позволили нам сделать вывод о том, что временные искусственные коронки, изготовленные с помощью современных цифровых технологий (внутриротовое лазерное сканирование, CAD/CAM-система, 3D принтер) обладают большей размерной точностью по сравнению с временными искусственными коронками, изготовленными традиционным методом горячей полимеризации акриловой пластмассы с уровнем значимости $p < 0,0166667$.

В этом плане представляют интерес исследования иностранных авторов, занимающихся изучением данной проблемы. В частности, S.Y. Kang et al. [8] в своем исследовании по изучению размерной точности временных искусственных коронок, изготовленных субтрактивным

и аддитивным методами, пришли к выводу, что временные искусственные коронки, полученные с помощью CAD/CAM обладают большей размерной точностью, чем временные искусственные коронки, полученные с помощью 3D принтера. Мы же не выявили статистически значимых различий между методами изготовления искусственных коронок с помощью CAD/CAM системы KaVo ARCTICA и 3D принтера Asiga Max UV, но пришли к выводу, что цифровые методики изготовления временных искусственных коронок различимы от традиционного метода горячей полимеризации с уровнем значимости $p < 0,0166667$. На наш взгляд, различия в полученных результатах, объясняются прежде всего тем, что применялись разные CAD/CAM-системы и 3D принтеры.

Заключение

Результаты нашего исследования свидетельствуют о высокой размерной точности временных искусственных коронок, изготовленных с помощью современных цифровых технологий (CAD/CAM-системы, внутрирото-

вого лазерного сканирования и 3D принтера), по сравнению с временными искусственными коронками, изготовленными традиционным методом горячей полимеризации акриловой пластмассы с уровнем значи-

мости $p < 0,05$ (критерий Фридмана $S = 45,600000$, $p = 0,000000$). Статистических различий между методами изготовления искусственных коронок с помощью CAD/CAM системы и 3D принтера мы не обнаружили.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вокулова Ю. А. Разработка и внедрение цифровых технологий при ортопедическом лечении с применением несъемных протезов зубов: Автореф. дис. ... кандидата медицинских наук (14.01.14). — Нижний Новгород, 2017. — 22 с.
2. Жулев Е.Н., Вокулова Ю. А. Изучение размерной точности внутреннего прилегания искусственных коронок к культе опорного зуба и цифровых оттисков в эксперименте // Кубанский научный медицинский вестник. 2016. № 6 (161). с. 58–62.
3. Вокулова Ю.А., Жулев Е. Н. Оценка точности получения оттисков зубных рядов с применением технологии лазерного сканирования // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 5. С. 164. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25447>.
4. Жулев Е.Н., Вокулова Ю. А. Результаты изучения качества краевого прилегания каркасов из диоксида циркония, изготовленных с применением технологии внутриротового лазерного сканирования iTero Cadent в эксперименте // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 1. С. 5. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25903>
5. Маркскорс Р. Несъемные стоматологические реставрации. М.: Информационное агентство Newdent: 2007. 368 с.
6. Ряховский, А. Н. Цифровая стоматология. М.: ООО «Авантис», 2010. 282 с.
7. Шустова В.А., Шустов М. А. Применение 3D-технологий в ортопедической стоматологии. СПб: СпецЛит, 2016. 159 с.
8. Kang S.Y., Park J. H., Kim J. H., Kim W. C. Accuracy of provisional crowns made using stereolithography apparatus and subtractive technique // J Adv Prosthodont. 2018. N10. P. 354–360.
9. Kim CM, Kim SR, Kim JH, Kim HY, Kim WC. Trueness of milled prostheses according to number of ball-end mill burs // J Prosthet Dent. 2016. № 115. P. 624–629.
10. Kirsch C, Ender A, Attin T, Mehl A. Trueness of four different milling procedures used in dental CAD/CAM systems // Clin Oral Investig. 2017. № 21. P. 551–558.

© Жулев Евгений Николаевич (hrustalev54@mail.ru), Вокулова Юлия Андреевна (vokulova@rambler.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Приволжский Исследовательский Медицинский Университет

МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ РИСКА ПРЕДРАКОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ И РАКА ЭНДОМЕТРИЯ

METABOLIC RISK FACTORS OF PRECANCER DISEASES AND ENDOMETRIAL CANCER

M. Ivanov
A. Parsadanyan
A. Kasparova

Summary. To date, it has been established that metabolic syndrome is not only a significant risk factor for cardiovascular diseases, but also makes a significant contribution to the development and progression of hyperplastic processes and endometrial cancer. The purpose of this work is to study the role of the main components of the metabolic syndrome in the development of endometrial cancer and precancerous diseases of the female reproductive sphere. The analysis of literary sources on the basis of scientific electronic libraries eLIBRARY, PubMed, Cyberlenink. In women with metabolic syndrome, the incidence of endometrial cancer increases by about 2 times, which is associated with metabolic and hormonal changes, such as insulin resistance, hyperinsulinemia, hyperestrogenia, a decrease in adiponectin and an increase in the concentration of leptin, which contribute to the development of pathological processes in the endometrium. Among the components of the metabolic syndrome, abdominal obesity, which contributes to the formation of chronic systemic inflammation, which is a favorable environment for malignant transformation of cells, has the greatest connection with the development of hyperplastic processes and endometrial cancer. However, a combination of disorders of carbohydrate metabolism, dyslipidemia and hypertension, regardless of the presence of obesity, also increases the risk of endometrial cancer. An integrated multidisciplinary approach to the management of women with metabolic syndrome and impaired reproductive sphere will allow timely identification and correction of existing risk factors for hyperplastic processes and endometrial cancer. It is advisable to include recommendations for reducing body weight in the program for the prevention of endometrial cancer and precancerous diseases of the reproductive female sphere in obese women.

Keywords: metabolic syndrome, endometrial hyperplastic processes, endometrial cancer, female gender, obesity.

Иванов Максим Дмитриевич

Аспирант, Сургутский государственный университет; врач-акушер-гинеколог, БУ «Сургутская окружная клиническая больница»
judo21052010@gmail.com

Парсаданян Арарат Микичович

Профессор, Сургутский государственный университет; главный внештатный специалист по онкологии, БУ «Сургутская окружная клиническая больница»; врач-онколог
surgutokb@surgutokb.ru

Каспарова Анжелика Эдуардовна

Профессор, Сургутский государственный университет
anzkasparova@yandex.ru

Аннотация. На сегодняшний день установлено, что метаболический синдром является не только значимым фактором риска сердечно-сосудистых заболеваний, но и вносит ощутимый вклад в развитие и прогрессирование гиперпластических процессов и рака эндометрия. Цель данной работы — изучить роль основных компонентов метаболического синдрома в развитии рака эндометрия и предраковых заболеваний женской репродуктивной сферы. Проведен анализ литературных источников на базе научных электронных библиотек eLIBRARY, PubMed, Киберленинка. У женщин с метаболическим синдромом частота развития рака эндометрия увеличивается примерно в 2 раза, что связывают с метаболическими и гормональными сдвигами, такими как инсулинорезистентность, гиперинсулинемия, гиперэстрогения, снижение уровня адипонектина и повышение концентрации лептина, способствующих развитию патологических процессов в эндометрии. Среди компонентов МС наибольшую связь с развитием гиперпластических процессов и рака эндометрия имеет абдоминальное ожирение, которое способствует формированию хронического системного воспаления, являющегося благоприятной средой для злокачественной трансформации клеток. Вместе с тем, сочетание нарушений углеводного обмена, дислипидемии и артериальной гипертензии независимо от наличия ожирения также повышает риск рака эндометрия. Комплексный мультидисциплинарный подход к ведению женщин с МС и патологией репродуктивной сферы позволит своевременно выявить и скорректировать имеющиеся факторы риска гиперпластических процессов и рака эндометрия. В программу профилактики рака эндометрия и предраковых заболеваний репродуктивной женской сферы у женщин с ожирением целесообразно включать рекомендации по снижению массы тела.

Ключевые слова: метаболический синдром, гиперпластические процессы эндометрия, рак эндометрия, женский пол, ожирение.

На сегодняшний день проблема злокачественных новообразований (ЗНО) остается актуальной в связи с их высокой распространенностью, выраженным снижением качества жизни, ранней инвалидизацией и летальностью больных. В России ЗНО находятся на втором месте после болезней системы кровообращения в структуре общей заболеваемости, инвалидности и смертности [1]. В настоящее время отмечается увеличение случаев ЗНО, обусловленное, с одной стороны, широкой распространенностью канцерогенов в окружающей среде, с другой — усовершенствованием диагностических методов и использованием морфологической верификации диагноза. Как известно, частота ЗНО растет с возрастом. Следовательно, учитывая тенденцию к старению населения в России, в ближайшее время не приходится ожидать уменьшения числа случаев заболеваемости ЗНО [2].

В последние годы во всем мире зафиксировано увеличение частоты развития гормонозависимых новообразований. В первую очередь, это относится к раку эндометрия (РЭ), распространенность которого в России за 20 лет выросла в 2 раза [3]. В структуре ЗНО репродуктивных органов РЭ занимает второе место после новообразований молочной железы [4,5]. Распространенность рака тела матки в России в 2018 году составила 180,5 случаев на 100 тыс. населения, при этом в 83,8% случаев заболевание было диагностировано в I–II стадиях [6].

Во многих случаях РЭ развивается на фоне гиперпластических процессов эндометрия, которые определяются у 10–55% женщин, чаще всего в перименопаузе [7]. Установленными гинекологическими факторами риска РЭ являются раннее менархе, позднее наступление менопаузы, бесплодие, небольшое число родов или их отсутствие, поздние первые роды, наличие хронической ановуляции [8–10]. В ряде исследований показана роль генетических факторов в развитии РЭ [11,12]. Имеются сведения о повышенном риске РЭ у женщин, получающих тамоксифен в качестве адъювантной гормонотерапии по поводу рака молочной железы [13]. На сегодняшний день значимым фактором риска, повышающим в несколько раз вероятность развития РЭ, признан метаболический синдром (МС). Так, Weiss J. M. et al. установили, что риск высокоагрессивного РЭ выше у женщин с ожирением и СД, имеющих менее двух детей, получающих заместительную гормональную терапию эстрогенными препаратами от 8 лет и более [14].

Целью данной работы было изучение роли основных компонентов МС в развитии РЭ и предраковых заболеваний женской репродуктивной сферы. Для решения поставленной цели проведен анализ отечественных и зарубежных литературных источников на базе науч-

ных электронных библиотек eLIBRARY, PubMed, Киберленинка.

Согласно современным рекомендациям, МС отличается повышением массы абдоминального жира, инсулинорезистентностью и гиперинсулинемией, которые обуславливают расстройства углеводного и липидного обмена, а также формирование артериальной гипертензии (АГ) [15]. В зависимости от используемых критериев диагностики, МС определяется у 30–40% взрослого населения, у женщин примерно в 2,5 раза чаще, чем у мужчин, и имеет тенденцию к увеличению частоты с возрастом [16,17]. Высокая частота МС во многом объясняется малоподвижным образом жизни населения, потреблением высококалорийной пищи и чрезмерным психоэмоциональным напряжением [18]. Известно, что наличие МС ассоциировано с высоким риском сердечно-сосудистых заболеваний. Установлено, что в течение 7 лет после диагностирования МС в 15% случаев развивается инфаркт миокарда, в 13% — инфаркт головного мозга [19]. На сегодняшний день доказана связь МС с повышенным риском возникновения некоторых форм ЗНО, в том числе РЭ, а также с прогрессированием гиперплазии эндометрия [20–24]. В литературе ожирение, сахарный диабет (СД) и АГ называют «метаболической триадой» РЭ [25].

В крупномасштабном зарубежном исследовании показано, что наличие МС увеличивает вероятность развития РЭ примерно в 2 раза, при этом риск РЭ коррелирует с индексом массы тела: избыточная масса тела увеличивает риск РЭ в 1,32 раза, а ожирение — в 2,54 раза [26]. Схожие результаты получены в отечественном исследовании [27].

В работе Кишкиной А.Ю. и др. [28] определено, что наиболее частым вариантом МС у женщин с РЭ является 4-х компонентная форма в виде сочетания абдоминального ожирения (100%), АГ (93,7%), снижение уровня холестерина липопротеинов высокой плотности (81,2%) и повышение концентрации триглицеридов (50%). Кроме того, авторы исследования выявили некоторые особенностями течения РЭ на фоне МС — умеренная степень дифференцировки опухоли и глубина инвазии до ½ миометрия.

Установлено, что среди компонентов МС наибольшую связь с развитием гиперпластических процессов эндометрия и РЭ имеет ожирение [29–32]. По некоторым данным, ожирение обуславливает более 40% случаев РЭ. Примечательно, что к 2030 г прогнозируется практически одинаковое увеличение частоты новых случаев РЭ и ожирения в развитых странах по сравнению с 2005–2010 гг — на 57% и 63%, соответственно [33]. По оценке ВОЗ к 2025 году 50% женщин в мире будет иметь ожи-

рение. В литературе имеются данные, что прибавка веса на каждые 5 кг повышает риск РЭ в 1,2 раза; увеличение массы тела на 30 кг и больше увеличивает риск РЭ в 3–4 раза [34]. В то же время высказывается мнение о возможно большем значении в процессе развития РЭ абсолютной жировой массы, а не относительного веса женщины. На степень риска РЭ оказывает влияние характер распределения жировой клетчатки — андройдное ожирение в 6 раз увеличивает риск развития РЭ. Помимо повышенного риска развития РЭ и гиперпластических процессов, ожирение у женщин репродуктивного возраста связано с высокой частотой ановуляции, синдромом гиперандрогении, нарушениями менструального цикла, бесплодием [35].

По современным представлениям жировая ткань является активной эндокринной железой, клетки которой секретируют лептин, резистин, адипонектин, фактор некроза опухоли, интерлейкин-6, интерлейкин-8, свободные жирные кислоты, которые принимают участие в регуляции физиологических процессов и могут играть роль в злокачественной трансформации клеток. Большинство исследователей высказывают мнение, что ожирение увеличивает риск развития РЭ посредством повышения конверсии андрогенов в эстрогены путем ароматизации в жировой ткани. Гормонозависимый вариант РЭ составляет 60–70% случаев и характеризуется наличием предшествующей длительной гиперэстрогении и гиперплазии эндометрия в сочетании с метаболическими нарушениями [36]. Основой патогенеза гиперплазии эндометрия и РЭ является избыточная длительная эстрогенная стимуляция эндометрия в сочетании с отсутствием или недостаточностью прогестерона, приводящие в итоге к аномальной пролиферации желез эндометрия [37]. Следует отметить, что у женщин в постменопаузе яичники не продуцируют эстрогены и прогестерон. Ароматазы конвертируют андростендиол, секретируемый надпочечниками, в эстрон, который в периферической жировой ткани превращается в эстрадиол. В связи с отсутствием яичникового прогестерона в постменопаузе определяется очень высокий уровень эстрогемии, что обуславливает увеличение риска РЭ в 5–10 раз. Тогда как у женщин с нормальной массой тела только 1% андростендиона конвертируется в эстрон, при ожирении конверсия достигает 10%. Кроме того, при ожирении отмечается снижение уровня белка, связывающего половые стероиды, и, соответственно, повышается количество свободного эстрадиола в циркулирующей крови.

Как было сказано выше, одним из основных гормонов жировой ткани является лептин, играющий доминирующую роль в энергетическом балансе организма, посылая сигналы головному мозгу о запасах энергии. При ожирении имеет место увеличение уровня лептина, который перестает выполнять должным образом свою

функцию — снижение потребления пищи и увеличение энергетических затрат. Расстройства функционирования лептина и резистина сопровождаются значимым повышением панкреатической секреции инсулина, уменьшением его биологического действия и развитием инсулинорезистентности, что в конечном счете приводит к формированию СД 2-го типа. Вместе с тем, нарушения выработки лептина и его недостаточное биологическое действие могут вызывать репродуктивную дисфункцию. Компенсаторная гиперинсулинемия усиливает стероидогенез в яичниках, соответственно, увеличивается продукция мужских половых гормонов, что наряду с уменьшением количества белков, связывающих половые стероидные гормоны, обуславливает повышение уровня биологически активных фракций андрогенов, приводя к гиперандрогении. В результате часто возникает синдром поликистозных яичников, который в сочетании с имеющейся при ожирении гиперэстрогенией обуславливает повышенный риск развития пролиферативных процессов эндометрия.

При изучении гормонально-метаболического профиля у женщин с гиперпластическими процессами эндометрия в сочетании с МС выявлены высокая частота развития гипопрогестеронемии, гиперхолестеринемии, гипертриглицеридемии, гиперинсулинемии, сниженного уровня адипонектина и повышенной концентрации лептина [3]. Кроме того, у женщин с МС при отсутствии органической патологии репродуктивной сферы отмечено значимое повышение уровня фибриногена в плазме крови и СРБ по сравнению с практически здоровыми женщинами, которое свидетельствует о наличии хронического системного воспаления и высокого риска сердечно-сосудистых заболеваний. Таким образом, в условиях гормональных и метаболических расстройств при висцеральном ожирении формируется системное хроническое воспаление, которое является благоприятной средой для злокачественной трансформации клеток.

На сегодняшний день не прекращается изучение проонкогенных механизмов ожирения и поиск новых точек приложения в лечении РЭ. Например, некоторые авторы предполагают, что механизм канцерогенного эффекта ожирения может быть связан с адипоцитарными экзосомами — мельчайшими мембранными везикулами, которые формируются в клетках в составе так называемых мультивезикулярных телец выходят во внеклеточное пространство после слияния этих телец с клеточной мембраной [38]. Известно, что высокий уровень эстрогенов усиливает в эндометрии экспрессию инсулиноподобного фактора роста-I (ИФР-I), а сниженная концентрация связывающих белков увеличивает его биодоступность. В совокупности эти факторы приводят к формированию гиперпластических процессов в эндометрии. В этой связи, некоторые авторы предлагают включать определе-

ние маркеров системы ИФР в комплекс диагностики для выделения группы риска развития РЭ [39].

В исследовании Arthur R. S. et al. показано, что сочетание гипергликемии, дислипидемии и АГ практически в 2 раза повышают риск РЭ, независимо от ожирения [40]. По данным многих исследований, у женщин с СД, преимущественно 2-го типа, повышен риск РЭ [41]. По некоторым данным, РЭ у женщин с СД диагностируется в 1,3–2,8 раза чаще, чем у женщин без СД. Самый высокий риск РЭ отмечен у женщин, которым СД установлен в возрасте до 45 лет. Выделяют несколько механизмов канцерогенного эффекта СД: стимуляция инсулином роста опухолевых клеток посредством собственных инсулиновых рецепторов; гиперэкспрессия инсулиновых рецепторов с преобладанием форм, обладающих выраженным митогенным эффектом, что обеспечивает селективный рост злокачественных клеток; косвенное действие через повышение концентрации ИФР-1, который может стимулировать рост опухолевых клеток; сочетание с ожирением [42]. Следует отметить, что ожирение и СД имеют много общих патогенетических звеньев: инсулинорезистентность, компенсаторная гиперинсулинемия, увеличение уровня лептина, уменьшение концентрации адипонектина, гипергликемия, дислипидемия и хроническое воспаление [25].

На сегодняшний день определена связь АГ с повышенным риском РЭ [43]. Однако, некоторые авторы подчеркивают, что АГ как фактор риска РЭ имеет значение только как компонент МС, то есть при сочетании с ожирением и инсулинорезистентностью [44].

Кроме повышения риска развития РЭ, наличие МС значительно увеличивает риск рецидивов заболевания и ухудшает показатели выживаемости у женщин с РЭ. Вероятнее всего, это обусловлено иммунологическими нарушениями, наличием противоопухолевой устойчивости, повреждениями на молекулярно-генетическом уровне, воздействием на механизмы ангиогенеза и метастазирования, а также наличием коморбидной патологии, часто определяемой у лиц с МС. Установлены факторы, от которых зависят эффективность лечения и характер течения гиперпластических процессов эндометрия у женщин в репродуктивном возрасте с жи-

рением. К ним относятся: степень тяжести ожирения, характер распределения жировой ткани, длительность ожирения и бесплодия, наличие метаболических нарушений — гипергликемии, дислипидемии, и гормональных расстройств — гиперэстрогении, гипертестостеронемии, гиперлептинемии [45].

На сегодняшний день не вызывает сомнения, что наиболее эффективным способом профилактики РЭ является своевременное выявление и лечение гиперпластических процессов эндометрия [46]. Согласно прогнозу ВОЗ эффективные профилактические мероприятия позволяют предупредить до 33% всех потенциальных случаев ЗНО. Успешная профилактика ЗНО во многом зависит от онкологической настороженности врачей различных специальностей и населения, активного привлечения граждан к участию в профилактических мероприятиях [1]. Особо следует подчеркнуть, что если женщина с гиперплазией эндометрия страдает ожирением, то одной из эффективных мер профилактики РЭ являются рекомендации по снижению массы тела [47,48]. Показано, что лечение ожирения может снизить риск РЭ, а гиперпластические процессы эндометрия могут подвергнуться обратному развитию после снижения массы тела [49].

Таким образом, на сегодняшний день в многочисленных исследованиях продемонстрировано, что МС не только значительно повышает риск сердечно-сосудистых заболеваний, но и способствует формированию гиперпластических процессов эндометрия и РЭ. Ожирение как ключевой компонент МС реализует канцерогенный эффект путем относительной гиперэстрогении и запуска каскада метаболических расстройств, являющихся благоприятной средой для развития опухолей. Раскрытие патогенетических взаимодействий между компонентами МС и развитием ЗНО может способствовать разработке методов эффективной профилактики и лечения РЭ. Комплексный мультидисциплинарный подход к ведению женщин с метаболическими расстройствами позволит своевременно выявить и скорректировать имеющиеся факторы риска гиперпластических процессов эндометрия и РЭ. В программу профилактики РЭ и предраковых заболеваний репродуктивной женской сферы у женщин с ожирением целесообразно включать рекомендации по снижению массы тела.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова Л. М., Старинский В. В., Каприн А. Д., Самсонов Ю. В. Профилактика онкологических заболеваний как основа взаимодействия онкологической службы с первичным звеном здравоохранения. Исследования и практика в медицине. 2017; 4(1): 74–80. DOI: 10.17709/2409–2231–2017–4–1–10
2. Турсун-заде Р. Оценка распространенности злокачественных новообразований в России с применением модели заболеваемость-смертность. Демографическое обозрение. 2018; 5(3): 103–126.
3. Жирняков А. И. Метаболический синдром как фактор риска развития рака эндометрия и сердечно-сосудистой патологии. Бюллетень медицинских Интернет-конференций (ISSN2224–6150). 2015;5(11): 1383–1384.

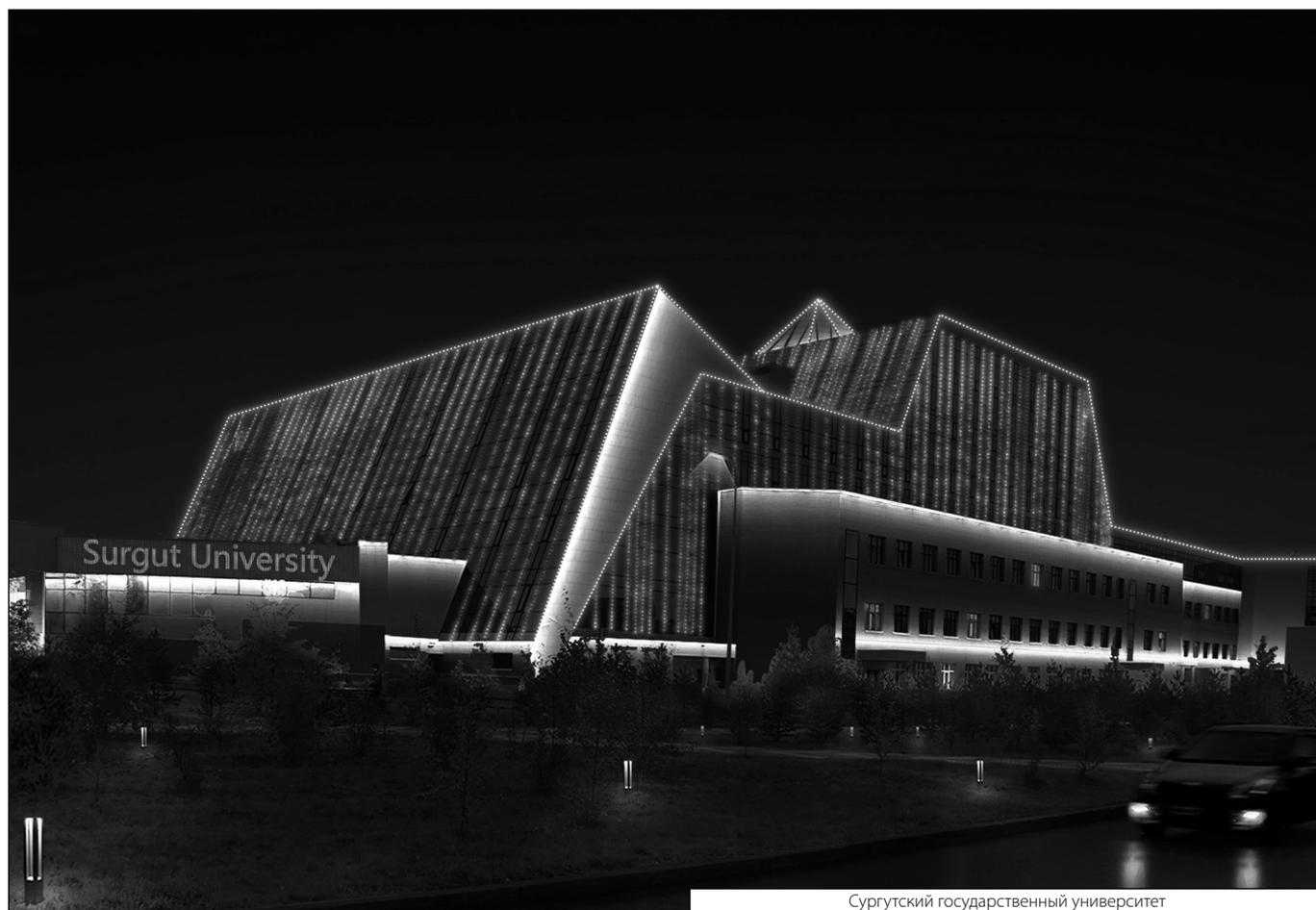
4. Arem H., Irwin M. L. Obesity and endometrial cancer survival: a systematic review. *Int J Obes (Lond)*. 2013; 37 (5): 634–639. DOI: 10.1038/ijo.2012.94
5. Уткин Д.О., Попова Н. М., Выборнова О. В., Данилина И. А., Болдырева М. В. Молекулярно-биологические аспекты рака эндометрия: современные стоящие проблемы. *Наука молодых — Eruditio Juvenium*. 2018;1(6):144–156. DOI:10.23888/HMJ20181144–156
6. Состояние онкологической помощи населению в 2018 году/ Под ред. А. Д. Каприна, В. В. Старинского, Г. В. Петровой. М.: МНИОИ им. П. А. Герцена, филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2019. 236 с. ISBN978–5–85502–250–6
7. Киселев В.И., Сидорова И. С., Унанян А. Л., Муйжнек Е. Л. Гиперпластические процессы органов женской репродуктивной системы: теория и практика. М.: Медпрактика-М, 2011. 467 с. ISBN978–5–98803–232–8
8. Ali A. T. Reproductive factors and the risk of endometrial cancer. *J. Gynecol. Cancer*. 2014; 24(3): 384–393. DOI: 10.1097/IGC.0000000000000075
9. Gong T.T., Wang Y. L., Ma X. X. Age at menarche and endometrial cancer risk: a dose-response meta-analysis of prospective studies. *Sci. Rep*. 2015; 5: 14–51. DOI: 10.1038/srep14051
10. Staples J.N., Duska L. R. Cancer screening and prevention highlights in gynecologic cancer. *Obstet. Gynecol. Clin. North Am*. 2019; 46 (1): 19–36. DOI: 10.1016/j.ogc.2018.09.002
11. Габидуллина Р.И., Смирнова Г. А., Нухбала Ф. Р., Валеева Е. В., Орлова Ю. И., Шакиров А. А. и др. Связь однонуклеотидного полиморфизма гена CYP19A1 rs2414098 с риском развития эндометриальной аденокарциномы. *Практическая медицина*. 2019; 17(4): 68–71. DOI: 10.32000/2072–1757–2019–4–68–71
12. Иванова Т.И., Крикунова Л. И., Хорохорина В. А., Вербинская Н. И., Мкртчян Л. С., Рябенко Н. И. и др. Полиморфизм гена HFE — фактор риска возникновения рака эндометрия у женщин репродуктивного возраста. *Радиация и риск*. 2012; 21(2): 54–60.
13. Bertelli G., Hall E., Ireland E., Snowden C. F., Jassem J., Drosik K. et al. Longterm endometrial effects in postmenopausal women with early breast cancer participating in the Intergroup Exemestane Study (IES) — a randomised controlled trial of exemestane versus continued tamoxifen after 2–3 years tamoxifen. *Ann Oncol*. 2010; 21(3): 498–505. DOI: 10.1093/annonc/mdp358.
14. Weiss J.M., Saltzman B. S., Doherty J.A, Voigt L. F., Chen Ch., Shirley A. A. et al. Risk factors for the incidence of endometrial cancer according to the aggressiveness of disease. *Am. J Epidemiol*. 2006; 164 (1): 56–62. DOI: 10.1093/aje/kwj152
15. Рекомендации по ведению больных с метаболическим синдромом (клинические рекомендации). Москва, 2013. 43 с.
16. Бокарев И. Н. Метаболический синдром. *Клиническая медицина*. 2014; 92(8): 71–75.
17. Чумакова Г.А., Веселовская Н. Г., Гриценко О. В., Отт А. В. Метаболический синдром: сложные и нерешенные проблемы. *Российский кардиологический журнал*. 2014; 3(107): 63–71.
18. Стрелкова С.Н., Овсянников К. В., Уткина Н. И. Роль немедикаментозных методов лечения метаболического синдрома: трудности и перспективы. *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. 2016; 12(6): 725–732. DOI:10.20996/18196446–2016–12–6–725–732
19. Чернавский С.В., Потехин Н. П., Фурсов А. Н. Метаболический синдром. От полиметаболических нарушений к нозологическим формам заболеваний. М.: Медпрактика-М, 2013. 78 с. ISBN: 978–5–98803–303–5
20. Bhandari R., Kelley G. A., Hartley T. A., Rockett I. R. Metabolic syndrome is associated with increased breast cancer risk: A systematic review with meta-analysis. *Int J Breast Cancer*. 2014; 2014: 189384. DOI: 10.1155/2014/189384.
21. LeBlanc E.L., Patnode C. D., Webber E. M., Redmond N., Rushkin M., O'Connor E. A. Metabolic syndrome and risk of cancer: a system review and meta-analysis. *Diabetes Care*. 2012; 35 (11): 2402–11. DOI: 10.2337/dc12–0336
22. Børge T., Lukanova A., Jonsson H., Tretli S., Ulmer H., Manjer J. et al. Metabolic syndrome and breast cancer in the me-can (metabolic syndrome and cancer) project. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2010; 19(7): 1737–45. DOI: 10.1158/1055–9965.EPI-10–0230
23. Hernandez A.V., Pasupuleti V., Benites-Zapata V.A., Thota P., Deshpande A., Perez-Lopez F. R. Insulin resistance and endometrial cancer risk: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Cancer*. 2015; 51(18): 2747–58. DOI: 10.1016/j.ejca.2015.08.031
24. Коган Е.А., Унанян А. Л., Намиот В. А., Бабурин Д. В., Удалцов С. Н. Прецизионный подход к диагностике и выбору тактики лечения гиперплазии эндометрия в перименопаузе. *Биофизика*. 2019;64(4): 811–820. DOI: 10.1134/S0006302919040227
25. Yang X., Wang J. The Role of Metabolic Syndrome in Endometrial Cancer: A Review. *Front Oncol*. 2019; 9: 744. DOI:10.3389/fonc.2019.00744
26. Colombo N., Creutzberg C., Amant F., Bosse T., González-Martín A., Ledermann J. et al. ESMO-ESGO-ESTRO Endometrial Consensus Conference Working Group. ESMO-ESGO-ESTRO Consensus Conference on Endometrial Cancer: diagnosis, treatment and follow-up. *Ann. Oncol*. 2016; 27(1): 16–41. DOI: 10.1093/annonc/mdv484
27. Берштейн Л. М. Рак эндометрия, эстрогены и метаболический синдром: сценарий усложняется. *Вопросы онкологии*. 2014; 60(3): 254–262
28. Кишкина А.Ю., Коломиец Л. А., Юнусова Н. В. Клинические варианты метаболического синдрома у больных раком эндометрия. *Сибирский онкологический журнал*. 2019; 18(5): 38–44. DOI: 10.21294/1814–4861–2019–18–538–44.
29. Esposito K., Chiodini P., Capuano A., Bellastella G., Maiorino M. I., Giugliano D. Metabolic syndrome and endometrial cancer: a meta-analysis. *Endocrine*. 2014; 45(1): 28–36. DOI: 10.1007/s12020–013–9973–3
30. Ryan D.H., Kahan S. Guideline Recommendations for Obesity Management. *Med Clin North Am*. 2018; 102(1): 49–63. DOI: 10.1016/j.mcna.2017.08.006
31. Wise M.R., Jordan V., Lagas A., Showell M. Obesity and endometrial hyperplasia and cancer in premenopausal women: A systematic review. *Am J Obstet Gynecol*. 2016; 214(6): 689.e1–689.e17. DOI:10.1016/j.ajog.2016.01.175
32. Нейфельд И.В., Жирняков А. И., Киричук В. Ф., Рогожина И. Е., Бобылева И. В. Акушерско-гинекологический анамнез с позиции факторов риска возникновения сердечно-сосудистых заболеваний. *Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки*. 2014; 19(3): 986–990.
33. Sheikh M.A., Althouse A. E., Freese K. E., Soisson S., Edwards R. P., Welburn Sh. et al. USA endometrial Cancer Projections to 2030: should we be concerned? *Future oncol*. 2014; 10: 2561–2568. DOI: 10.2217/fon.14.192.
34. Фролова И. И. Рак эндометрия и ожирение. *Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии*. 2009; 8(3): 63–68.

35. Broughton D.E., Moley K.H. Obesity and female infertility: potential mediators of obesity's impact. *Fertil Steril.* 2017; 107(4): 840–847. DOI: 10.1016/j.fertnstert.2017.01.017
36. Бохман Я. В. Лекции по онкогинекологии. М.: МИА; 2007. 304 с.
37. MacKintosh M.L., Crosbie E. J. Prevention Strategies in Endometrial Carcinoma. *Curr Oncol Rep.* 2018; 20(12): 101. DOI: 10.1007/s11912-018-0747-1
38. Choi C. H. J., Cohen P. Adipose crosstalk with other cell types in health and disease. *Exp. Cell Res.* 2017; 360(1): 6–11. DOI: 10.1016/j.yexcr.2017.04.022
39. Стрижаков А. Н., Кушлинский Н. Е., Шахламова М. Н. Исаева Э. А., Колосов Е. А., Рощина Е. Г. Дифференцированный подход к диагностике и тактике ведения больных с гиперпластическими процессами эндометрия в постменопаузе. *Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии.* 2014; 13(1): 5–14
40. Arthur R.S., Kabat G. C., Kim M. Y., R. A. Wild, A. H. Shadyab, J. Wactawski-Wende et al. Metabolic syndrome and risk of endometrial cancer in postmenopausal women: a prospective study. *Cancer Causes Control.* 2019; 30(4): 355-363. DOI: 10.1007/s10552-019-01139-5
41. Garg S. K., Maurer H., Reed K., Selagamsetty R. Diabetes and cancer: two diseases with obesity as a common risk factor. *Diabetes, Obesity and Metabolism.* 2014; 16(2): 97–110. DOI: 10.1111/dom.12124
42. Мисникова И. В. Сахарный диабет и рак. *РМЖ.* 2016; 20: 1346–1350.
43. Aune D., Sen A., Vatten L. J. Corrigendum: Hypertension and the risk of endometrial cancer: a systematic review and meta-analysis of case-control and cohort studies. *Sci Rep.* 2018; 8: 46961. DOI: 10.1038/srep46961
44. Braun M.M., Overbeek-Wager E.A., Grumbo R. J. Diagnosis and Management of Endometrial Cancer. *Am Fam Physician.* 2016; 93(6): 468-474.
45. Шакирова Е. А., Артымук Н. В. Факторы риска неэффективности лечения и рецидивирующего течения гиперпластических процессов эндометрия у женщин репродуктивного возраста с ожирением. *Фундаментальная и клиническая медицина.* 2016; 1(1): 20–25
46. Binder P.S., Mutch D. G. Update on prognostic markers for endometrial cancer. *Womens Health (Lond Engl).* 2014; 10 (3): 277–88. DOI: 10.2217/WHE.14.13
47. Khomami B. M., Joham A. E., Boyle J. A., Piltonen T., Arora Ch., Silagy M. et al. The role of maternal obesity in infant outcomes in polycystic ovary syndrome—A systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Obes Rev.* 2019; 20(6): 842–858. DOI: https://doi.org/10.1111/obr.12832

© Иванов Максим Дмитриевич (judo21052010@gmail.com),

Парсаданян Арарат Микичович (surgutokb@surgutokb.ru), Каспарова Анжелика Эдуардовна (anzkasparova@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Сургутский государственный университет

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСЕРВАТИВНЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ОПУХОЛЕЙ В ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ЗОНЕ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

IMPROVEMENT OF CONSERVATIVE METHODS OF DIAGNOSIS AND TREATMENT OF TUMORS IN THE MAXILLOFACIAL ZONE: REVIEW

A. Kasparov
I. Gazaliev

Summary. Many varieties and localization of tumors in the maxillofacial region complicates the procedure for the diagnosis and treatment of these tumors. The development of cancer in this area is associated with the complex architectonics of anatomical formations, which leads to the need for complex operations. Further, it is necessary to organize a long rehabilitation period with the subsequent restoration of the anatomical and functional structure using artificial materials and the patient's own tissues. This article analyzes the literature on the improvement of methods for the diagnosis and treatment of tumors in the maxillofacial zone. Particular attention is paid to publications over the past 5 years.

Keywords: maxillofacial zone, MFZ, tumors, benign, malignant, diagnosis, treatment.

Среди новообразований челюстно-лицевой области (ЧЛО) выделяют медленно развивающиеся доброкачественные опухоли, лечение которых обычно происходит с помощью хирургического иссечения, выполняемого посредством полноценных операций или малоинвазивных методов [12]. Опухоли, склонные к быстрому росту (разрастанию), независимо от наличия/отсутствия в их структуре раковых клеток являются сложнейшей медико-социальной проблемой в ортопедической стоматологии [8]. Доля новообразований, включая опухолеподобные разновидности, в полости рта и ЧЛО составляет 20–25% от всех возможных локализаций [9, 11]. Особенность диагностики таких опухолей заключается в распространенности их позднего обнаружения и идентификации. Примерно 60–70% больных на старте лечения имеют III — IV стадию заболевания [13]. По статистике каждый год отмечается рост случаев выявления опухолей ЧЛО, в том числе тяжелых злокачественных разновидностей, приводящих к появлению аномалий/деформаций [8, 10] и, следовательно, к утрате нормальных показателей функционирования ротовой полости и внешности человека.

Каспаров Арсен Артемович

Дагестанский государственный медицинский университет; мед. брат, ООО «Альфамедсервис», г. Махачкала
kasparov@spbu.su

Газалиев Ибнукаsum Багаудинович

Коммерческий директор, ООО «МеседМед» (г. Москва)
ibnukasum@icloud.com

Аннотация. Многообразие разновидностей и локализации опухолей в челюстно-лицевой области затрудняет процедуру диагностики и лечения данных новообразований. Развитие рака в данной зоне сопряжено со сложной архитектурой анатомических образований, что приводит к необходимости проведения сложных операций. Далее требуется организация длительного периода реабилитации с последующим восстановлением анатомо-функциональной структуры с помощью искусственных материалов и собственных тканей пациента. В настоящей статье проведен анализ литературных данных по совершенствованию методов диагностики и лечения опухолей в челюстно-лицевой зоне. Особое внимание уделено публикациям за последние 5 лет.

Ключевые слова: челюстно-лицевая зона, ЧЛО, новообразования, опухоли, доброкачественные, злокачественные, диагностика, лечение.

Современная диагностика и лечение опухолей в челюстно-лицевой хирургии, стоматологии, и отоларингологии включает множество нерешенных вопросов [9], в частности в неэффективность раннего выявления новообразований или проведение сложных операций, не обеспечивающих дальнейшего быстрого восстановления пациента.

Виды и классическое лечение опухолей ЧЛО

Выделяют добро- и злокачественные новообразования ЧЛО. Последние по общей классификации подразделяются на первичные (возникшие непосредственно) и вторичные (после попадания метастаз) [11]. Разновидность опухоли зависит от зоны ее расположения вида ткани, включенной в состав новообразования (табл. 1).

Хирургическое иссечение новообразований проводится разными способами:

1. Удаление опухоли единым блоком (наиболее травматичный вариант).

Таблица 1. Доброкачественные опухоли ЧЛО

Доброкачественные			
Челюстей и зубов (однотогенные)		Мягких тканей (неодонтогенные)	
Название / Происхождение / Особенности	Классическое лечение	Название / Происхождение	Классическое лечение
Остеома и остеобластома / костная ткань челюстей	Хирургическое иссечение	Липома / жировая ткань	Хирургическое иссечение
Амелобластома / эпителий	Удаление, вычищение костной ткани с реконструкцией с помощью имплантатов	Фиброма / фиброзная ткань	Хирургическое иссечение
Одонтома / твердые и мягкие ткани зуба	Хирургическое иссечение	Гемангиома, лимфангиома / сосудистая, лимфоидная ткань	Хирургическое иссечение или малоинвазивные методы для грудных детей

2. Кюретаж в случае наружного доступа и подходящего типа опухоли (более щадящий, но не всегда эффективный метод).
3. Эндоскопический способ (при малых размерах опухоли и ее трудной доступности).

Среди злокачественных опухолей ЧЛО, чаще встречающихся у пожилых пациентов, выделяют новообразования соединительнотканного (разные виды сарком) и эпителиального (плоскоклеточный рак, карциномы) происхождений. Их хирургическое удаление часто затрагивает обширные области тканей и приводит неизменной инвалидизации пациента [9]. К классическим методам лечения данных опухолей относятся химиотерапия и лучевая терапия. Для повышения эффективности лечения используют комбинированное использование сразу трех направлений лечения [2].

Актуальные стратегии диагностики новообразований ЧЛО

Независимо от масштабности хирургическая операция в ЧЛО неизменно сопряжена с вмешательством в зону с обильной нервной иннервацией и кровоснабжением. При обширном удалении тканей страдают функции жевания, глотания, дыхания, внешний вид пациента. Поэтому высока актуальность поиска вариантов предотвращения и устранения тяжелых последствий с участием *врачей-ортодонтов и ортопедов в восстановительном периоде. Ключевым успехом лечения является использование современных технологий для разреза ткани, в том числе лазера, практически не оставляющего после операционных рубцов* [10].

Своевременная и правильная диагностика опухолей вносит весомый вклад в успех лечения. Выявление новообразований в ЧЛО сопряжено с рядом рисков [8, 12]:

1. Бессимптомное протекание на начальных стадиях, приводящее к недостатку внимания у врача и пациента к скрытой проблеме.

2. Разнообразие гистологических форм и локализаций, затрудняющих постановку диагноза и существенно увеличивающих вероятность ошибки.

Ранняя и дифференциальная диагностика новообразований является сложной задачей [8]. В современных исследованиях подтверждена эффективность применения компьютерной (КТ) или магнитно-резонансной томографий с целью выбора эндоскопического удаления опухоли или вмешательства с наружным подходом. Требуется детальный анализ результатов КТ в аксиальной и коронарной плоскостях, чтобы определить размеры и точку роста опухоли [12]. Показана эффективность применения КТ с подтверждением диагностики посредством гистологического исследования в выборе варианта (наружное или эндоскопическое) вмешательства для добро- или злокачественной опухоли. Первые характеризуются четкими границами тени, мягкой плотностью с наличием внутреннего рисунка с различной степенью зернистости, а также отсутствием признаков распада и смещения/остеопороза костной ткани в силу давления опухоли [8]. Инфракрасная термография, рассматриваемая как недорогая альтернатива КТ, во многих исследованиях показала хорошие результаты по соответствию тепловых изображений и участков локализации опухоли. Эффективность метода повышается при использовании алгоритма сегментации изображения [16].

Кроме позднего выявления выделяют следующие трудности лечения опухолей ЧЛО [8]:

1. Сложная архитектура анатомических образований.
2. Быстрый рост, а также высокий риск прогрессирования и рецидивирования некоторых разновидностей.
3. Удаление даже небольших по размеру злокачественных опухолей нередко приводит к необходимости выполнения операций со значительными деструктивными вмешательствами,

приводящими к долгой и мучительной для пациента стоматологической реабилитации.

Рассматриваются экспресс-варианты неинвазивной диагностики посредством анализа онкомаркеров в ротовой жидкости, используемых для уточнения диагноза, а также показывающих эффективность лечения и реабилитации. Так, после лучевой терапии концентрации большинства важных для диагностики белков увеличивается в связи с разрушением опухолевых клеток, в частности TIMP-1 и СЕА. Полную ремиссию опухолевого процесса подтверждает экспрессия AFP, СЕА и СА 125. Обнаружено, что с помощью онкомаркеров можно оценить адаптацию организма пациента к используемым (акриловым, в частности) протезам. Метод помогает выявить особенности влияния съемного и несъемного вариантов реконструкции [8].

Совершенствование методов в области доброкачественных новообразований

В отношении доброкачественных опухолей ЧЛО в современной стоматологии прослеживается тенденция изучения возможностей использования малоинвазивных методов лечения. Так, при удалении гемангиом в связи распространенностью их у грудных детей щадящие варианты терапии особенно актуальны. Традиционный способ их лечения — склерозирующая терапия (облитерация опухоли посредством многократного воздействия активного вещества), а к современным консервативным методам относится прием пропранолола (неселективного β -адреноблокатора). Недостатки первого и второго метода включают соответственно:

1. Риск инфицирования, болевые ощущения, продолжительность процедуры (до 10 раз).
2. Длительное лечение и возникающие в связи с этим побочные эффекты (брадикардия, гипотония, бронхоспазмы, гипогликемия).

В современных исследованиях обнаружено, что комбинация вышеуказанных методов позволяет преодолеть ряд их недостатков. Достигается возможность применения амбулаторного щадящего режима приема (3–4 недели) пропранолола с медленным повышением дозировки с 1,5 до 3 мг/кг в сутки в течение 5 дней. Применение лекарства сопровождается 3 процедурами склерозирующей терапии с перерывом 2–3 дня и повторением курса каждый месяц до полной ремиссии опухоли [5].

Хирургическое удаление миксомы — неонтогенной доброкачественной опухоли сопряжено со значительным повреждением ЧЛО в связи с особенностью разрастания опухоли в виде пальцевидных выростов. Однако исследования показали, что применение кю-

ретажа, обычно неэффективного при наличии такого новообразования в связи с высоким риском рецидива, в комплексе с внутрикостными инфузиями позволяет получить стойкий положительный результат лечения [4].

Изучение совершенствования методов лечения одонтогенных кист направлено на предотвращение осложнений их развития (нагноение, выпадение зубов, появление переломов, деформация челюсти). В качестве лечения применяют цистотомию, цистэктомию и двухэтапную хирургию. Вторым вариантом используется для кист небольших размеров, затрагивающих не более 2 интактных зубов, и приводит к появлению костного дефекта и необходимости подбора конструкционного материала. Проведение цистэктомии методом энуклеации позволяет сохранить зубы, в случае необходимости проводят депульпацию и эндодонтическое лечение. Показана эффективность заполнения образовавшейся костной полости вместо полностью искусственных протезов смесью гранул никелида титана и плазмы крови пациента, обогащенной тромбоцитами и покрытой тонкой (4050 мкм) тканью из того же сплава, что привело к формированию органотипической кости [15]. Другой эффективный метод заключается в применении после цистэктомии остеопластического материала гилроксипола в смеси с обогащенной тромбоцитами плазмой [17].

Методы костной инженерии — перспективная альтернатива использования аутоаллотрансплантатов для восстановления костных дефектов в ЧЛО. Однако для успешной регенерации костной ткани необходима ее адекватная васкуляризация посредством инициации сосудистого разрастания (с помощью факторов роста или посева клеток, в частности) от окружающей ткани к трансплантату и/или наоборот. В последнем случае в трансплантате предварительно создаются микрососудистые сети или их фрагменты. В качестве источника стволовых клеток или микрососудистых фрагментов используется жировая ткань. Данные технологии находятся в стадии исследования, финальной целью которого является разработка 3D-моделей, имитирующих среду костного дефекта и ускорение процесса репарации [20].

Совершенствование методов лечения злокачественных новообразований ЧЛО

В сфере злокачественных новообразований наиболее важна ранняя диагностика патологии [1, 11] с учетом:

1. Предрасполагающих факторов, включающих предраковые (с высоким риском перерождения) состояния (хронический гайморит, лейкоплакия, дискератоз, незаживающие трещины и язвы).
2. Повышенной онкологической настороженности терапевтов, хирургов и стоматологов.

Таблица 2. Доброкачественные опухоли ЧЛО

№	Этап	Описание
1	Периоперационный	Планирование реабилитации стоматогнатической системы и хирургических вмешательств по удалению новообразования, изготовление протезов (обдураторов, опорных пластин)
2	Ранний послеоперационный (1 мес.)	Реконструкции, пластические операции, лечебно-профилактические мероприятия для протезной реабилитации, предварительные/ранние/немедленные реставрации, коррективы перед следующим этапом.
3	Промежуточный (2–6 мес.)	Заживление/восстановление зубной основы, лучевая терапия, продолжение лечебно-профилактических мероприятий для протезной реабилитации, финальная подготовка ротовой полости к основному протезированию, а также повторное наложение и коррекция послеоперационных зубных протезов, использование окклюзионных шин для определения/закрепления новых окклюзионных состояний и межмаксиллярных отношений.
4	Протезирование	Протезирование с использованием постоянных/подвижных реставраций, длительные протезные реставрации и точное протезирование, коррекция и повторное наложение зубных протезов, при необходимости лечение грибковой инфекции.
5	Наблюдение (постпротезирование)	Контрольные осмотры каждые полгода с оценкой состояния протезной основы, жевательного органа и гигиены ротовой полости.

Примечание: таблица составлена по данным D. Rolski с соавт. [18].

Таблица 3. Причины низкой эффективности протезной реабилитации пациентов при лечении злокачественных опухолей ЧЛО

Категория	Причины
Анамнез	Значительно прогрессирующее заболевание.
Лечение	Большая протяженность неопластического процесса, лучевая терапия, тяжесть дополнительного лечения.
Осложнения	Инфекции, рецидив новообразования.

Примечание: таблица составлена по данным D. Rolski с соавт. [18].

Таблица 4. Влияние злокачественных опухолей ЧЛО

Фактор	Влияние
Изменение pH в полости рта	Усиление электрокоррозии ортопедических металлических конструкций; появление токсических стоматитов; наиболее/наименее устойчивые металлы: хром-кобальтовые и хромо-никелевые сплавы/штампованно-паяные мостовидные протезы с нитрид-титановым покрытием.
Химиолучевое лечение	Появление ксеростомии и снижение способности слюны к удалению токсичного мономера, присутствующего в составе некоторых марок акриловых конструкций и, как следствие, появление аллергии.
Ионизирующее излучение	Уровень выживаемости имплантатов: на нижней челюсти — 74,4–97%, на верхней челюсти — 49,44% при суммарной дозе облучения до 70 Гр.

Примечание: таблица составлена по данным Е. В. Ижминой с соавт. [15].

- Оперативного удаления доброкачественных опухолей с целью предотвращения их перерождения в раковые.

Применение хирургического лечения и/или лучевой терапии на ранних стадиях рака ЧЛО отличается высокой эффективностью и отсутствием функционально-физических повреждений или их минимальным проявлением. В случае местно-распространенных новообразований, не затрагивающих костную ткань, особенно для неоперабельных пациентов, предпочтительна первичная лучевая

терапия в виде монолечения или в комплексе с химиотерапией. При наличии глубокой и/или костной инфильтрации используют хирургическое вмешательство с послеоперационной лучевой терапией [19]. Известно, что применение лучевой терапии при лечении рака стадий 34 обеспечивает достижение ремиссии в 30–50% случаях, из них только 30% больных входят в группу пятилетней выживаемости. Поэтому современные исследования в лечении злокачественных опухолей ЧЛО направлены на совершенствование и разработку методов комбинированного лечения в комплексе с микрохирургической

ауто трансплантацией, обеспечивающей анатомо-функциональное восстановление прооперированной области [13, 18]. Для достижения положительного результата необходимо участие многопрофильной команды специалистов в областях онкологической и челюстно-лицевой хирургии, ларингологии, лучевой терапии, ортопедической стоматологии. Применяемое лечение нередко способствует возникновению многочисленных морфофункциональных нарушений в стоматогнатической системе [18]. Поэтапный алгоритм ведения протезной реабилитации у больных после хирургического лечения новообразований ЧЛО представлен в табл. 2.

К лечебно-профилактическим мероприятиям для протезной реабилитации относятся: консервативное и пародонтальное лечение, гигиенические процедуры, выявление и лечение грибковых инфекций [18].

Исправление анатомо-морфологических структур пациентов с обширным удалением злокачественных новообразований в современной медицине предполагает использование технологий пластической хирургии. Удаление опухоли единым блоком обязательно затрагивает зоны окружающих ее здоровых тканей, что нередко приводит к сквозному дефекту, нарушающего нормальный внешний вид пациента и функции структур ЧЛО [3]. Восстановление утраченных тканей, как правило, включает использование аутогенного трансплантата для формирования кожно-фасциально-мышечного лоскута и костную реконструкцию [18]. Совершенствование терапии в данной сфере направлено на изучение возможностей объединения нескольких или всех этапов лечения в одномоментный формат. Например, иссечение опухоли; выкраивание кожножирового или кожно-мышечно-надкостничного лоскутов с другого участка тела с размерами, превышающими площадь дефекта на 30–50%; фиксация ауто трансплантата на поврежденном месте с помощью шва и турунд с йодоформом. Снятие швов происходит через 10–12 дней с назначением антибактериальной терапии и препаратов для стимуляции микроциркуляторного кровообращения [3]. Несмотря на развитие методов стоматологической реконструкции, уровень протезной реабилитации пациентов после

удаления злокачественных новообразований ЧЛО недостаточно высок (табл. 3), в частности 6,73 и 21,61% для верхней и нижней челюсти. Возникает резорбция и потеря имплантата [18] и комбинированное лечение злокачественных новообразований ЧЛО неизменно влияет на стоматологический статус пациентов (табл. 4).

При восстановлении костных дефектов целесообразность применения ауто трансплантатов ставится под сомнение вследствие травмы донорского участка, а применение аллотрансплантатов вызывает проблему иммунной совместимости [16].

Трансплантированная кость в сочетании с лучевой терапией определяется как негативный прогностический фактор выживаемости имплантата. Поэтому часто рассматривается дентальная имплантационная реабилитация полости рта [18]. Происходит постоянное совершенствование состава, обработки и применения керамических материалов на основе фосфатов кальция, отличающихся совместимостью с тканями организма, а также активным формированием контактов с костями и новой костной ткани. Их рекомендуют использовать для формирования опорных структур в зоне ЧЛО [16]. Важно правильно спланировать время протезной реабилитации и возможного введения имплантата для достижения длительного терапевтического эффекта [18].

Заключение

Таким образом, современные стратегии диагностики опухолей ЧЛО направлены на обеспечение своевременной и точной диагностики в комплексе с повышенной осторожностью врачей общего профиля и стоматологов. Оптимизация методов микрохирургического лечения включает: разработку щадящих инвазивных методов, подбор лечебных мероприятий и материалов для ускорения постреабилитационного периода с сохранением органотипической костной структуры. Особое внимание уделяется разработке эффективных комбинированных методов лечения в онкологии ЧЛО с последующей эффективной реабилитацией больного с устранением дефектов с помощью синтетических материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бузов Д.А., Герасимова Л. Д., Гинзбург А. Г. Актуальность ранней диагностики злокачественных опухолей челюстно-лицевой области // Сибирский онкологический журнал. — 2010. — № 3. — С. 59–61.
2. Галонский В. Г. Радиоэпителииты слизистой оболочки полости рта при лучевой терапии злокачественных новообразований челюстно-лицевой области / В. Г. Галонский, А. А. Радкевич, Т. В. Казанцева и др. // Сибирское медицинское обозрение. — 2012. — № 4. — С. 1–11.
3. Дурново Е. А. Пластика сквозных дефектов челюстно-лицевой области у онкологических больных / Е. А. Дурново, Н. В. Мишина, Н. Е. Хомутичкина и др. // Современные технологии медицины. — 2010. — № 4. — С. 86–91.
4. Ефимов Ю. В. Профилактика новообразований челюстно-лицевой области // Волгоградский научно-медицинский журнал. — 2012. — № 2(34). — С. 36–38.

5. Замятина И.А., Бимбас Е.С., Вольхина В.Н. Опыт лечения детей с сосудистыми опухолями челюстно-лицевой области // Проблемы стоматологии. — 2018. — № 4. — С. 82–86.
6. Ижнина Е.В., Кочурова Е.В., Сеферян К.Г. Влияние противоопухолевого лечения на стоматологический статус пациентов со злокачественными новообразованиями орофарингеальной зоны // Кубанский научный медицинский вестник. — 2017. — № 5. — С. 111–119.
7. Исламов И.М., Миненков Г.О. К обоснованию выбора эндоскопического удаления доброкачественных опухолей челюстно-лицевой области по данным компьютерной томографии // Популярная медицина. — 2012. — № 6(61). — С. 7–10.
8. Кочурова Е.В. Стоматологическая реабилитация в комплексном лечении пациентов с новообразованиями челюстно-лицевой области / Е.В. Кочурова, В.Н. Николенко, П.А. Деменчук и др. // Кубанский научный медицинский вестник. — 2015. — № 2. — С. 88–93.
9. Мальцев П.А., Мещерякова М.Ю., Малиновская Д.В. Неверифицированные опухоли челюстно-лицевой области // Проблемы стоматологии. — 2010. — № 2. — С. 5–7.
10. Митин Н.Е. Реабилитация пациентов после операций в челюстно-лицевой области / Н.Е. Митин, М.Д. Абдиркин, Е.И. Абдиркина и др. // The Journal of scientific articles "Health and Education Millennium". — 2018. — V. 20, No. 2. — P. 60–64.
11. Михальченко Д.В., Жидовинов А.В. Виды злокачественных новообразований челюстно-лицевой области и современные способы их лечения // Современные проблемы науки и образования. — 2016. — № 6. — URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=25734> (дата обращения: 15.04.2020).
12. Насыров В.А., Исламов И.М., Миненков Г.О. Некоторые КТ-особенности доброкачественных новообразований челюстно-лицевой области и их роль в выборе метода хирургического лечения // Вестник КГМА им. И.К. Ахунбаева. — 2019. — № 2. — С. 26–32.
13. Поляков А.П. Пятнадцатилетние результаты комбинированного лечения местнораспространенных злокачественных опухолей орофарингеальной зоны с одномоментной микрохирургической реконструкцией / А.П. Поляков, И.В. Решетов, А.В. Бойко и др. // Онкология. Журнал им. П.А. Герцена. — 2015. — № 2. — С. 12–19.
14. Решетов И.В. Клиническое наблюдение реконструкции костного дефекта челюстно-лицевой зоны сложным индивидуальным композитным эндопротезом / И.В. Решетов, Н.С. Сергеева, А.П. Поляков и др. // Онкология. Журнал им. П.А. Герцена. — 2014. — Т. 3, № 6. — С. 51–55.
15. Hushvakhtov D. I. Modern Approach to Treatment of Patients with Odontogenic Cyst of Jaw / D. I. Hushvakhtov, M. Sh. Mirzoev, R. N. Jonibekova et al. // SMBIM Conference Proceedings Shape Memory Biomaterials and Implants in Medicine. — 2017. — V. 2017. — P. 418–423.
16. Macianskyte D. Comparison of segmented thermal images versus a CT scanning for detection of maxillofacial pathology / D. Macianskyte, E. Monastyreckiene, A. Basevicius et al. // Dentomaxillofac Radiol. — 2019. — V. 48, No 4. — P. 1–9.
17. Rakhimov Z. K. Experience in the treatment of patients with odontogenic jaw cysts / Z. K. Rakhimov, F. A. Khamitova, S. A. Kambarova et al. // European science review. — 2018. — No 11–12. — С. 150–153.
18. Rolski D. The management of patients after surgical treatment of maxillofacial tumors / D. Rolski, J. Kostrzewa-Janicka, P. Zawadzki et al. // Biomed. Res. — Int. 2016. — V. 2016. — P. 1–9.
19. Sankaranarayanan R. Oral Cancer: prevention, early detection, and treatment / R. Sankaranarayanan, K. Ramadas, H. Amarasinghe et al.; Eds.: H. Gelband, P. Jha, R. Sankaranarayanan et al. In: Cancer: Disease Control Priorities, Third Edition (V. 3). Washington (DC): The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 2015. — 363 p.
20. Wu V. Bone tissue regeneration in the oral and maxillofacial region: a review on the application of stem cells and new strategies to improve vascularization / V. Wu, M. N. Helder, N. Bravenboer et al. // Stem Cells Int. — 2019. — V. 2019. — P. 1–15.

© Каспаров Арсен Артиевич (kasparov@spbu.su), Газалиев Ибнукасум Багаудинович (ibnukasum@icloud.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИЗМЕНЕНИЯ ТКАНЕЙ ПАРОДОНТА ПРИ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ 2 ТИПА (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

CHANGES IN PERIODONTAL TISSUES IN TYPE 2 DIABETES (LITERARY REVIEW)

**M. Lisina
I. Borodulina
V. Chirsky
L. Vasilieva**

Summary. In the present work, an analysis of the scientific literature on the urgent problem of periodontal changes in people with type 2 diabetes mellitus was carried out.

Keywords: periodontal diseases, type 2 diabetes mellitus, periodontal.

Лисина Марианна Андреевна

Аспирант, ФГБ ВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова», г. Санкт-Петербург
lisina1212@gmail.com

Бородулина Ирина Ивановна

Д.м.н., профессор, ФГБ ВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова», г. Санкт-Петербург
borodulina59@mail.ru

Чирский Вадим Семенович

Д.м.н., профессор, ФГБ ВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова», г. Санкт-Петербург
v_chirsky@mail.ru

Васильева Людмила Васильевна

К.м.н., доцент, ФГБ ВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова», г. Санкт-Петербург
vasilievaLv0611@yandex.ru

Аннотация. В представленной работе был проведен анализ научной литературы по актуальной проблеме изменения пародонта у людей с сахарным диабетом второго типа.

Ключевые слова: заболевания пародонта, сахарный диабет 2 типа, пародонт.

Введение

Актуальность изучения заболеваний пародонта определяется частотой их встречаемости. По данным ВОЗ до 98% взрослого населения страдают заболеванием пародонта, у 90% из наблюдается сопутствующая соматическая патология. Сахарный диабет является самой распространенной соматической патологией, влияющей на патологию пародонта. Возникающие при сахарном диабете поражение сосудистой системы, снижение местной иммунных реакций, активация резорбции костной ткани, способствует развитию воспалительных, дистрофических и атрофических изменений в органах и тканях, в том числе и пародонте, изменяя при этом характер течения воспалительного процесса и требуя особенных принципов лечения заболевания [14–20].

Цель работы

Проведение анализа современных исследований, посвященных вопросам особенностей этиологии и патогенеза, клинического течения, диагностики заболеваний пародонта при сахарном диабете 2 типа.

Материалы и методы

В ходе исследования проводился поиск и изучение материалов по вопросам этиопатогенеза, диагностики и лечения заболеваний пародонта при сахарном диабете 2 типа с использованием следующих баз данных: Российская государственная библиотека, eLibrary, Google Scholar.

Результаты исследования

Сахарный диабет (СД) — эндокринное заболевание, связанное с абсолютной (СД 1 типа) или относительной (СД 2 типа) недостаточностью инсулина, приводящей к нарушению всех видов обмена [1, 3], является широко распространенной патологией. Пациенты с СД составляют около 3–4% населения и их число продолжает расти [2]. Количество лиц, страдающих сахарным диабетом по данным МЗ РФ на 1 января 2014 года составляет 3964889 человек (больных СД 2 типа — 3625529 человек) и, согласно прогнозу, за ближайшие два десятилетия будет зарегистрировано 5,81 млн. пациентов, при этом такое же количество больных не будет выявлено [1, 3]. Возникновение СД 2 типа как правило связано с относи-

тельной инсулиновой недостаточностью, возникающей по причине инсулинорезистентности клеток в периферических тканях (жировой, печеночной, мышечной), либо секреторных дефектов в β -клетках поджелудочной железы [5, 6, 7]. Развитие СД 2 типа характеризуется отсутствием ярко выраженной клинической картины. После установления диагноза у 40–50% пациентов обнаруживаются поздние сердечно — сосудистые осложнения, психосоматические изменения [5, 9] и практически в 100% — воспалительные заболевания пародонта [3, 10–13].

Выраженность поражения пародонта с возрастом прогрессирует. В возрастной группе 16–19-летних преобладает катаральный гингивит — 44,47% [31]. Самым распространенным поражением пародонта при сахарном диабете является генерализованный пародонтит (ГП) [21, 22]. Выявление хронического ГП у лиц, страдающих сахарным диабетом с возрастом увеличивается, достигая в группе 50–59-летних 84,62% [31].

Классическое клиническое проявление воспалительных заболеваний пародонта характеризуется накоплением зубного налета и камня, содержащие вирулентную микрофлору, которая приводит к деструкции тканей пародонта и резорбции альвеолярная кость вокруг зубов.

ГП относится к полиэтиологическому заболеванию, при котором ведущими изменениями являются те, что связанные с микробными и как следствие иммунологическими изменениями [23, 24].

У большинства исследователей сложилось единое представление об уровне гигиены полости рта, оценивавшийся по индексам Грина — Вермилиона и Федорова — Володкиной как плохое [30]. Одним из факторов, негативно сказывающемся на процессах самоочищения в полости рта при СД является ксеростомия, выявленная у 9,26% пациентов 50–59-летнего возраста [31]. Пациенты ощущают неприятный запах изо рта — галитоз или неприятный привкус во рту, жалуются на вкусовые расстройства (дисгезия), болезненные ощущения в языке (глоссодиния) и жажду, особенно в ночное время. Ксеростомия приводит к заметному увеличению кариеса зубов, воспалению и трещинам губ (хейлит) [50]. Установлена связь ксеростомии, парадонтита с кандидозной инфекцией полости рта, Geerlings S. E. и соавт, 1999 сообщили о её высокой распространенности у лиц с сахарным диабетом.

Основной причиной ксеростомии является дисфункция слюнных желез [55].

Клиническая индексная оценка состояния пародонта у пациентов с СД 2 типа, определяющаяся с помощью

индексов Федорова-Володкиной, Грина-Вермилиона показывают результаты при которых у большинства обследуемых отмечается обильный мягкий светло-желтый зубной налет, покрывающий коронки всех зубов полностью или наполовину, что свидетельствует о неудовлетворительной гигиене полости рта, определяется четкая взаимосвязь плохой гигиены и воспаления тканей пародонта [25, 30].

Воспалительные заболевания пародонта характеризуются изменением микробиоценоза полости рта, либо популяций, которые насчитывают более 250 видов [26–29]. В полости рта обнаружены виды бактерий, обладающие по сравнению с другими наиболее высокой адгезивностью, инвазивностью и токсичностью. Именно они чаще всего выявляются при ГП и относятся к пародонтопатогенным.

Из грамотрицательных анаэробов это — бактероиды *Porphyromonas gingivalis*, *P. melaninogenica*. Анаэробоспириллы, спирохеты, фузобактерии и грамположительные анаэробные и микроаэрофильные микроорганизмы групп актиномицетов (*Actinomyces naeshundii*, *A. viscosus*, *A. israelii*) и стрептококков [6]. Самыми типичными микроорганизмами зубных бляшек при поражениях пародонта являются *Actinobacillus actinomycetemcomitans*, *P. gingivalis*, *Prevotella intermedia*, *Veillonella parvula*, *Fusobacterium nucleatum* и *Peptostreptococcus micros* [53]. Специалисты признают, что среди перечисленных микроорганизмов основную пародонтопатогенную роль играют анаэробные микроорганизмы *A. actinomycetemcomitans*, *P. gingivalis*, *P. intermedia* и др. Доказано преобладание анаэробной микрофлоры в пародонтальных карманах при обострении хронического пародонтита средней и тяжелой степени [51]. Особенностью действия анаэробов является выделение эндотоксинов, которые повреждают клетки и межклеточные структуры, в частности соединительную ткань. Эти микроорганизмы скапливаются и активизируются в местах, лишенных доступа кислорода — массивных скоплениях микробного налета и зубного камня.

По данным других авторов наибольшую значимость в возникновении пародонта играют *Tannerella forsythia*, *Porphyromonas gingivalis*, *Treponema denticola*, *Aggregatibacter actinomycetem-comitans*, *Prevotella intermedia*. Представляют интерес данные о нечастом выделении из локусов штаммов *Staphylococcus aureus*, пептострептококков, бактериоидов, пиогенных стрептококков, энтерококков и грамотрицательных аэробных бактерий, что может свидетельствовать о существенном сдвиге в составе микробиоты полости рта пациентов с хроническим ГП в пользу специфических пародонтопатогенов [30].

Вопрос о влиянии микроорганизмов на состояние пародонта остается открытым, поскольку авторы получают разные данные о их видовом составе, сходясь на обязательном присутствии анаэробной флоры, а точнее ее превалированием над всеми остальными. По мнению некоторых авторов восстановления тканей пародонта при лечении не целесообразно, поскольку наличие специфического видового состава микрофлоры у пациентов с сахарным диабетом является противопоказанием для хирургического лечения [31].

В итоге, этиология пародонтита у пациентов с СД 2 может отчасти объясняться наличием специфических пародонтопатогенов, присутствующей в пародонтальных карманах, ухудшением гигиены полости рта, а также снижением саливации (вплоть до ксеростомии). Указанные факторы неблагоприятно влияют на процессы иммунной защиты, приводящий к её снижению.

Стоит обратить внимание на значительный дефицит иммунологических показателей, таких как sIgA, IgM, Ig G. sIgA, содержание которого было снижено у представителей обеих групп более чем в 3,4 раза (соответственно до $0,37 \pm 0,03$ г/л и $0,39 \pm 0,04$ г/л, при норме $1,3 \pm 0,02$ г/л). Зарегистрировано умеренное повышение IgM ($0,61 \pm 0,04$ г/л против $0,62 \pm 0,03$) и IgG ($1,061 \pm 0,04$ против $1,08 \pm 0,02$ г/л) свидетельствующее о недостаточном компенсаторном реагировании местной иммунной защиты.

Изучение состояния иммунологических показателей сыворотки крови (СК) (S Ig, IL-1P, IL-2, IL-4, TNFa) являются не менее показательными.

Количество S Ig в СК у здоровых пациентов меньше в 1,98 раза. Цитокин IL-2 содержится в СК здоровых в большем количестве, чем в СК больных ХГП с сопутствующим СД в 1,85 раза, что показывает повышенную способность к развитию воспалительных и иммунологических реакций у пациентов с ХГП по сравнению с лицами с интактным пародонтом [46].

При исходном исследовании системы цитокинов у больных обеих групп отмечено значительное увеличение уровней ИЛ-1 β и ФНО- α (до $596,3 \pm 21,1$ пг/мл против $343,7 \pm 19,3$ пг/мл против $584,6 \pm 20,9$ пг/мл и $327 \pm 20,1$ пг/мл), что отражает активность воспалительного процесса в пародонтальных тканях и преобладание провоспалительных цитокинов. При этом установлено мало значимое снижение ИЛ-4 (в 1,4 раза) у исследуемых обеих групп ($46,2 \pm 2,7$ пг/мл против $45,7 \pm 2,4$ пг/мл).

Проведенные исследования маркеров костного метаболизма у больных основной и сравниваемой группы до оперативных вмешательств свидетельствуют, что поддержание основного показателя костной фармации —

остеокальцина (ОК) оказалось снижено (до $28,9 \pm 0,3$ нг/мл и $29,3 \pm 0,3$ нг/мл). Напротив, концентрация β -Cross-Laps (маркера резорбции) была у всех пациентов резко повышена (в среднем до $2,73 \pm 0,02$ нг/мл и $2,71 \pm 0,02$ нг/мл), превышая значение нормы в 2,5 раза [30].

Многочисленные исследования отечественных и зарубежных ученых доказали, что между воспалительными заболеваниями пародонта с какой-либо общесоматической патологией существует определенная взаимосвязь [35–38]. Примерами таких заболеваний являются патологии сердечно-сосудистой системы, сахарный диабет, атеросклероз, заболевания желудочно-кишечного тракта, дыхательных путей, центральной нервной системы, иммунодефицит [34].

Рассматривая современные аспекты этиологии воспалительных заболеваний пародонта при сопутствии СД, некоторые авторы делают вывод, что для успешного лечения данной патологии необходимо учитывать тот факт, что течение пародонтита протекает своеобразно. На начальных стадиях патологический процесс проходит в виде классической острой экссудативной воспалительной реакции с сочетанием альтерации в виде некрозов с формированием эрозивной поверхности, язвенных дефектов, носивших щелевидный характер с глубоким проникновением в подслизистую основу, экссудации, пролиферации без репарации поврежденных тканей и восстановления гомеостаза, процесс приобретает признаки хронического воспаления [30, 32].

Наличие сопутствующей патологии СД усугубляет течение воспалительно-деструктивного процесса, делает его более агрессивным, с характерным быстрым прогрессированием и к ведению потери костной ткани. [39, 40]. Многочисленными исследованиями установлены множественные осложнения, которые дает СД, со стороны пародонта: поражения сосудов, кровоточивость десен, выделение гнойного экссудата, снижение резистентности тканей пародонта, дистрофия альвеолярного отростка. Наиболее значимое нарушение являются сосудистые нарушения, развитие которых происходит за счет спастических нарушений сосудов и капилляров, нарушений функций крови. При таких нарушениях возникают утолщение кровеносных сосудов, нарушение проницаемости сосудистых стенок, что ведет к замедлению поступления питательных веществ и снижению резистентности тканей к микроорганизмам [41–43,45]. Изменения сосудов пародонта при сахарном диабете настолько специфичны, что их обозначают термином «диабетическая пародонтопатия» [41,44,45]. По данным Алексева О.А. (2002), при проведении капилляроскопии у 107 больных сахарным диабетом отмечено, что из 63 больных с тяжелой формой сахарного диабета лишь у 10 больных капилляры не изменены. У 41 боль-

ного со средней тяжестью сахарного диабета у 7 человек капилляры в норме, и у 13 человек с легкой степенью сахарного диабета у 4 больных капилляры в норме, а у остальных — удлинены и сужены [44].

О прямой связи поражения сосудов в пародонте при наличии именно СД свидетельствует и наличия схожего механизма возникновения неоваскулярной глаукомы, которая также обусловлена массивной транссудацией плазмы и повышенной ломкостью патологических сосудов, а также их тромбоза [46].

Конечно же нельзя забывать о важном значении в развитии пародонтита накоплений в десневых бороздах рыхлых базофильных масс, над- и поддесневого налета, в котором различают скопления микробов, эпителиальных клеток, аморфный детрит, лейкоцитов, появление зубного камня, что в итоге приводит к тому, что эпителий маргинальной десны с явлениями балонной дистрофии и некроза теряет высокие свойства к регенерации и замещается ротовым эпителием. В соединительной ткани десны появляются васкулиты. Воспаление охватывает все части десны с последующим повреждением круговой связки зуба, развитием воспаления в периодонтальной щели и резорбцией костной ткани. Данная патоморфологическая картина характерна для классического пародонтита, но определяющим фактором будет являться наличие микро- и макроангиопатий, отражающих фоновое заболевание, а именно СД, благодаря чему процесс приобретает генерализованный характер. Диабетическая микроангиопатия проявляется атеросклерозом артерий, а диабетическая макроангиопатия характеризуется плазморрагическим повреждением базальной мембраны микроциркуляторного русла, с дальнейшим возникновением склероза и гиалиноза. Данные проявления носят интегративный компонент диабета, что характерно для его клинико-морфологических проявлений, связывающих его именно с возникновением хронического генерализованного пародонтита. [16, 43, 46]

Такое заболевание, как сахарный диабет, может влиять на прогрессирование заболеваний пародонта в большей степени, чем пародонтальные патогены [19]. У пациентов, страдающих диабетом, идет накопление конечных продуктов неполного метаболизма углеводов, что влияет на целостность и функцию пораженных тканей, повреждает микроциркуляторное русло, мембранный транспорт клеток, замедляет иммунную реакцию организма.

В последнее время в группу хронических осложнений сахарного диабета все чаще включают изменение костной ткани [21, 22], выражающееся в тенденции к снижению костной массы. К данному состоянию костной ткани применимы термины остеопения и остеопороз.

Остеопороз — снижение минеральной плотности кости на 2,5 и более стандартных отклонения ниже среднего значения у взрослых молодых людей (обычно 30 лет) того же пола. Остеопения определена как снижение минеральной плотности кости на 1,0 и более стандартных отклонений от минеральной плотности кости у взрослых молодых людей, но не достигающее дефицита в 2,5 стандартных отклонения, т.е. той степени дефицита, с которой начинается определение остеопороза [23, 24].

Альвеолярный гребень как составная часть костной системы опорного скелета реагирует на экзо- и эндогенные факторы, воздействующие на организм человека [35]. Процессы, происходящие в костной ткани опорного скелета, не могут не оказывать влияния на состояние тканей зубочелюстной системы. Существует обратная корреляционная связь между степенью минерализации челюстных костей и тяжестью генерализованного пародонтита [36]. Чем тяжелее степень пародонтита, тем ниже показатели плотности костных структур челюстно-лицевой области. Также установлено, что отклонение показателей минерализации периферического скелета от средней статистической нормы для данного пола и возраста при хроническом генерализованном пародонтите (с увеличением степени тяжести хронического генерализованного пародонтита показатели минерализации снижаются).

Установлено, что эффективное пародонтологическое лечение необходимо проводить после тщательного обследования пациента, в которое будет входить помимо стандартного осмотра, определения гигиены полости рта, лучевой диагностики зубочелюстной системы, еще и более узкоспециализированные методы **полимеразной цепной реакции (ПЦР)**, позволяющий дифференцированно подходить к выбору схемы лечения в зависимости от выявленных микроорганизмов и их чувствительности к антибиотикам [49], что по мнению некоторых авторов позволит избежать развития устойчивости основных возбудителей заболевания к общепринятой антибактериальной терапии, стоматолог сможет выбрать необходимый препарат для проведения противовоспалительных мероприятий в каждом конкретном случае [48], оценка микроциркуляторного русла с помощью ультразвуковой доплерографии (УЗДГ), которые устанавливает более точное состояние сосудов полости рта.

Большинство авторов признает, что современный уровень научных исследований недостаточно полно раскрывает и обосновывает механизмы нарушений и критерии диагностики заболеваний пародонта, не позволяет однозначно трактовать наличие воспалительных заболеваний пародонта, что определяет актуальность проблемы [54, 56].

ЛИТЕРАТУРА

1. Абаева А.О., Гайтова Т.Ф., Хетагуров С.К. Микрогемодиализация в тканях пародонта у больных сахарным диабетом. // The Journal of scientific articles «Health and Education Millennium», 2017. Vol. 19. No 2. — С. 9–10.
2. Абалмасов Н.Г., Абалмасов Н.Н., Гелетин Л.Н., Соловьев А.А. Современные представления и размышления о комплексном лечении заболеваний пародонта // Российский стоматологический журнал, № 5, 2009. С. 42–45.
3. Аженова К.И., Кунанбаев Р.К., Абайдилина М.С., Рзаева Ж.С. Материалы научно-практической конференции Центрального Федерального округа РФ с международным участием «Стоматологические и соматические аспекты заболеваний у детей»// Тверь, 2013. — С. 14–16.
4. Алексеева О.А. Влияние сахарного диабета на состояние пародонта и полости рта // Медицинская газета. — 2002. — № 74.
5. Алешкина Т.А. Проблема антипсихотической; терапии и диабета типа 2/ Алешкина Г.А.//XXX Итоговая конференция общества молодых ученых МГМСУ. Труды конференции. М.: МГМСУ, 2008. С. 27–28
6. Амхадова М.А., Жаналина Б.С., Жолдасова Н.Ж., Аженова К.И., Гамзатов М.М., Амхадов И.С. Применение комплексной терапии в сочетании фитопрепарата масла солодки и ультразвукового скейлера при лечении больных хроническим генерализованным пародонтитом на фоне сахарного диабета 2-го типа/ М.А. Амхадова, Б.С. Жаналина, Н.Ж. Жолдасова, К.И. Аженова, М.М. Гамзатов, И.С. Амхадов // Российский стоматологический журнал. — 2014. — № 4. — С. 20–22.
7. Асфендиярова Н.С., Дашкевич О.В., Дорошина Н.В., Сучкова Е.И. Сахарный диабет 2 типа и множественные хронические заболевания/ Н.С. Асфендиярова, О.В. Дашкевич, Н.В. Дорошина, Е.И. Сучкова <https://cyberleninka.ru/article/n/gendernaya-i-voznrastnaya-struktura-mnozhestvennyh-hronicheskikh-zabolevaniy-patsientov-ryazanskoj-oblasti> // Сахарный диабет. — Т. 21. — № 6. — С. 455–461.
8. Асфендиярова Н.С., Колчева И.Г., Шатрова И.В. и др. Сравнительная иммунопатология сахарного диабета/Асфендиярова Н.С., Колчева И.Г., Шатрова И.В. и др. // Проблемы эндокринологии. — 1998. — № 6. — Т. 44, — С. 3–5.
9. Ашуров Г.Г., Джураева Ш.Ф., Анварова Ш.С. Исходные показатели пародонтологического статуса у больных инсулин-зависимым сахарным диабетом / Ашуров Г.Г., Джураева Ш.Ф., Анварова Ш.С. // Вестник Авиценны. — Душанбе. — 2007. -№ 2. — С. 107–112.
10. Ашуров Г.Г., Джураева Ш.Ф., Анварова Ш.С. Распространенность воспалительных заболеваний пародонта и подходы по их лечению / Ашуров Г.Г., Джураева Ш.Ф., Анварова Ш.С. // Пародонтология. — 2000. — № 2. — С. 308–313.
11. Балаболкин М.И. Эпидемиология сахарного диабета 1 типа / Балаболкин М.И., Клебанова Е.М., Кремминская В.М. // Сахарный диабет. — 1999. — № 1 — С. 2–8.
12. Барер Г.М., Григорян К.Р. Пародонтит у больных сахарным диабетом 1 типа (обзор литературы)// Пародонтология. — 2006. — Т. 39, № 2. — С. 6–10.
13. Бородулина И.И., Васильева Л.В., Румакин В.П., Ковалевский А.М., Фадеев Р.А., Гребнев Г.А. Морфология пародонтального кармана при хроническом генерализованном пародонтите средней степени тяжести / Бородулина И.И., Васильева Л.В., Румакин В.П., Ковалевский А.М., Фадеев Р.А., Гребнев Г.А. // Медицинский вестник Северного Кавказа. — 2019. — № 14(1.2). — С. 164–167.
14. Воложин А.И. Патогенетические механизмы поражения пародонта при сахарном диабете/ Стоматология нового тысячелетия- М.: Авиаиздат, 2002. — С. 130–131.
15. Григорьян А.С., Рахметова С.Ю., Зырянова Н.В. Микроорганизмы в заболеваниях пародонта: экология, патогенез, диагностика / Григорьян А.С., Рахметова С.Ю., Зырянова Н.В. // Микроорганизмы в заболеваниях пародонта: экология, патогенез, диагностика. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. — С. 16–20.
16. Григорян В.А., Перикова М.Г., Сирак С.В., Щетинин Е.В., Долгалев А.А., Бобрышев Д.В., Ремизова А.А., Дзгоева М.Г. Особенности клинического выбора антибактериальных средств терапии хронического генерализованного пародонтита по результатам микробиологического и молекулярно-генетического исследования / Григорян В.А., Перикова М.Г., Сирак С.В., Щетинин Е.В., Долгалев А.А., Бобрышев Д.В., Ремизова А.А., Дзгоева М.Г. // Медицинский вестник Северного Кавказа. — 2019. — № 14(4). — С. 649–653.
17. Джураева Ш.Ф. Распространенность и интенсивность заболеваний пародонта при сахарном диабете / Джураева Ш.Ф. // Стоматология Таджикистана. — Душанбе. — 2006. — № 4. — С. 40–42.
18. Еловицова Т.М. Особенности поражения тканей пародонта у больных инсулинзависимым сахарным диабетом: Вопросы организации и экономики в стоматологии / Еловицова Т.М. — Екатеринбург, 2004. — С. 65–68.
19. Еловицова Т.М., Трошунин А.В., Жукова Е.Е., Ожгихина Ж.Э. Особенности стоматологического статуса больных сахарным диабетом II типа в условиях стационара: гигиенические аспекты // Проблемы стоматологии. 2013. № . 2. С. 34–37.
20. Зеленова Е.Г., Заславская М.И., Салина Е.В., Рассанов С.П. Микрофлора полости рта: норма и патология: Учебное пособие. Нижний Новгород: Издательство НГМА, 2004. — 158с.
21. Иванов В.С. Заболевания пародонта. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Медицина, 1989, 272 с.
22. Костригина Е.Д., Зюлькина Л.А., Иванов П.В. Современный взгляд на этиопатогенез пародонтита (обзор литературы) / Костригина Е.Д., Зюлькина Л.А., Иванов П.В. // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. — 2017. -№ 3 (43). — С. 118–128.
23. Кулаков А.А., Зорина О.А., Борискина О.А. Роль защитных факторов организма в патогенезе воспалительных заболеваний пародонта // Стоматология. — 2010. — № 6. — с. 72–77.
24. Лемецкая, Т.И. Клинико-экспериментальное обоснование классификации болезней пародонта и патогенетические принципы лечебно-профилактической помощи больным с патологией пародонта: дис. ... канд. мед. наук / Лемецкая Т.И. -М., 1998. — С. 56–59.
25. Лисицына Е.И. Клинико-биохимическая оценка эффективности применения иммобилизованных ингибиторов протеиназ в комплексном лечении пародонтита у больных сахарным диабетом 2 типа/ Лисицына Е.И./ Автореф. дис. .канд. мед. наук. Москва, УМЗСРР, 2011. — 11 с.

26. Макеева М. К. Значение индивидуальной гигиены полости рта для пациентов с пародонтитом и сахарным диабетом // Клиническая стоматология. 2011, № 3, С. 40–42.
27. Максимовский, Ю. М. Клинические аспекты применения иммуномодулятора «Иммудон» в комплексном лечении заболеваний пародонта / Ю. М. Максимовский, Т. Д. Чиркова, О. П. Дашкова, Е. А. Ермакова // Стоматология для всех. — 2000. — № 2. — С. 21–24.
28. Мащенко И. С., Гударьян А. А., Гударьян А. С. Причины устойчивости основных пародонтальных возбудителей к антибактериальной терапии у больных с быстро прогрессирующим генерализованным пародонтитом / И. С. Мащенко, Гударьян А. А., Гударьян А. С. // Вісник стоматології. — 2013. — № 4. — с. 35–41.
29. Мащенко И. С. Содержание IL-1 p у больных генерализованным пародонтитом, страдающих сахарным диабетом II типа / Мащенко И. С., Гударьян А. А. // Современная стоматология. — 2005.-№ 1. — С. 61–63.
30. Мащенко И. С., Гударьян А. А., Шандыба С. И. Хирургическое лечение генерализованного пародонтита у больных сахарным диабетом 2 типа с применением различных видов аутогенного богатого тромбоцитами фибрина / Мащенко И. С., Гударьян А. А., Шандыба С. И. // Clinical medicine of Kazakhstan. — № 4 (38) 2015. — с. 30–36
31. Муртазалиев Г.-М.Г., Абдурахманов А. И., Муртазалиева П. Г.-М., Нурмагомедов А. М., Магомедов Г. Н., Абдурахманов Г. Г. Клинические проявления сахарного диабета в полости рта / Муртазалиев Г.-М.Г., Абдурахманов А. И., Муртазалиева П. Г.-М., Нурмагомедов А. М., Магомедов Г. Н., Абдурахманов Г. Г. // Естественные и точные науки. — 2014. — № 4. — С. 49–52.
32. Парунова С. Н. Влияние микрофлоры полости рта на регенерацию тканей пародонта у больных СД: автореф. дис. ... канд. мед. наук. -М., 2004. — С. 3–5.
33. Пузин М.Н., Кипарисова Е. С., Вагнер В. Д. Клинические особенности хронического генерализованного пародонтита // Российский стоматологический журнал. — 2008. — № 3. — С. 24–28.
34. Пузин М.Н., Кипарисова Е. С., Боднева С. Л. Комплексная оценка неспецифических факторов риска при генерализованном пародонтите // Российский стоматологический журнал. — 2003. — № 2. — С. 29–51.
35. Рабинович С.А., Московец О. Н., Зорян Е. В., Дёмина Н. А., Ефремов О. С. Особенности болевого реагирования пациентов с сахарным диабетом на этапах амбулаторного стоматологического приёма // Клиническая стоматология. 2007, № 1. С. 62–65.
36. Рабинович И.М., Банченко Г. В., Рабинович О. Ф., Иванова Е. В., Сабанцева Е. Г., Ефимова О. И. Роль микрофлоры в патологии слизистой оболочки рта. Стоматология, 2002, № 5. — 48–51.
37. Райан М.А., Вильямс Р., Гросем С, Сконнальеко Ф., Редди М., Вайлдер Р. Сахарный диабет и воспалительные процессы в полости рта // Клиническая стоматология. 2006, № 4. С. 62–64.
38. Савченко З.И., Козодоева М. В., Иванова Е. В., Еветифеева О. В. Клинико-иммунологическая характеристика состояния пародонта у больных сахарным диабетом II типа // Клиническая стоматология. 2011, № 3. С. 76–79.
39. Пародонтология: национальное руководство/ под ред. Дмитриевой Л. А. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. — 712 с.
40. Эндокринология: учебник для медицинских вузов/ Я. В. Благодосклонная, Е.В Шляхто, А. Ю. Бабенко. — 3-е изд., испр. и доп. — СПб.: СпецЛит, 2012. — 421 с.: ил.
41. Фазылова Ю.В., Мифтахова А. О. Диагностические аспекты и тактика лечения воспалительных заболеваний пародонта у больных с инсулинзависимым сахарным диабетом. / Фазылова Ю. В., Мифтахова А. О. // Международный научно-исследовательский журнал. — 2015. — № 7. — С. 62–66.
42. Худякова А.С., Таибов Т. Т., Петрова А. П. Изменения в тканях пародонта у пациентов с сахарным диабетом // Бюллетень медицинских Интернет-конференций, Vol. 5, Issue 4, 2016, pp. 245–246.
43. Диабетическая глаукома [Текст]: практическое руководство для врачей / Липатов Д. В.; под ред. И. И. Дедова, М. В. Шестаковой. — Москва: Медицинское информ. агентство. МИА, 2013. — 192. — С. 92–93.
44. Шевкунова Н. А. Применение метода полимеразной цепной реакции для диагностики пародонтопатогенных микроорганизмов при ортопедическом лечении больных сахарным диабетом 2 типа съёмными акриловыми протезами. 2016 / Н.А Шевкунова // Медицинские науки. — 2016. — С. 172–175.
45. Юдина Н. А. Обоснование патогенетической взаимосвязи стоматологических и общих заболеваний / Н. А. Юдина // Стоматологический журнал. — 2004. — № 2. — С. 16–19.
46. Ярова С. П. Патогенетические аспекты генерализованного пародонтита на фоне сахарного диабета II типа/ С. П. Ярова, В. В. Саноян // Виник проблем біології і медицини. — 2010. — Вип. 4. — С. 57–61.
47. Geerlings S.E., Hoepelman A. I.: Immune dysfunction in patients with diabetes mellitus (DM). FEMS Immunol Med Microbiol 26:259–265, 1999
48. Haseeb M., Khawaja K., Atallah K. et al. Periodontal disease in type 2 diabetes mellitus. J. Coll Physicians Surg Pak, 2012, No.22, pp.514–518.
49. Hujoel P, Zina L, Cunha-Cruz J, et al. Specific infections as the etiology of destructive periodontal disease: a systematic review. J. Oral Sci, 2013, No.121, pp.2–6.
50. Diabetes and Periodontal Infection: Making the Connection Janet H. Southerland, DDS, MPH, PhD; George W. Taylor, DMD, DrPH; and Steven Offenbacher, DDS, PhD, MMSc CLINICAL DIABETES • Volume 23, Number 4, 2005 стр 171–178
51. Kleinfelder J.W., Muller R. F., Lange D. E. Intraoral persistence of Actinobacillus actinomycetemcomitans in periodontally healthy subjects following treatment of disease family members. J. Clin. Peri-odontal. 1999; 26(9): 583–9.
52. Lalla E., Park D. T., Papapanou P. N., Lamster F. B. Oral disease burden in Northern Manhattan patients with diabetes mellitus // J. Public Health, 2004. V. 95. № 5. P. 755–758. II. Straka M. Parodontitis and diabetes mellitus // Progresdent. 2001, № 6. P. 10–12. References
53. Piccolomini R., Bonaventura G., Catamo G. et al. Microbiological and clinical effects of a 1% chlorhexidine-gel in untreated periodontal pockets from adult periodontitis patients. New Microbiol. 1999; .22(2): 111–6.

54. Rostoka, D. Saliva and dental caries: diagnostic tests in practical dentistry / D. Rostoka, Iu. Kroicha, V. Kuznetsova // Stomatologija. — 2001. — Vol. 80, № 5. — P. 7–10.
55. Sushmini Hegde and Arpita Maitra (2018) 'Assessment of Xerostomia Amongst Smoker and Non-Smoker in Diabetic Population-A Questionnaire Based Study', International Journal of Current Medical And Pharmaceutical Research, 04(11), pp. 3877–3880.
56. WHO. 1996. — Expert Committee on oral Fluoride Use: Fluorides and oral Health. -Geneva: WHO, 1996. — P. 51.

© Лисина Марианна Андреевна (lisina1212@gmail.com), Бородулина Ирина Ивановна (borodulina59@mail.ru),
Чирский Вадим Семенович (v_chirsky@mail.ru), Васильева Людмила Васильевна (vasilievaLv0611@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова

ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫЙ ГИПОТЕРИОЗ КАК ПРЕДИКТОР ХИРУРГИЧЕСКИХ ОСЛОЖНЕНИЙ У ЛИЦ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА

POSTOPERATIVE HYPOTHYROIDISM AS A PREDICTOR OF SURGICAL COMPLICATIONS IN THE ELDERLY

**M. Magomedov
O. Osmanov**

Summary. The purpose of this review is to discuss the role of postoperative hypothyroidism as a predictor of surgical complications in the elderly. Postoperative hypothyroidism with manifestations of the aging process can be associated with many symptoms that may be present in patients, such as cognitive disorders, cardiovascular, gastrointestinal and hematological changes, and ultimately, which is a severe and life-threatening condition in the elderly. Adequate levels of thyroid hormones are necessary to achieve optimal results from any type of surgical intervention. However, so far only a few randomized clinical studies have shown a link between postoperative hypothyroidism and adverse surgical outcomes. Therefore, it is of great interest to determine the effect of postoperative hypothyroidism on the incidence of various complications in elderly patients.

Keywords: hypothyroidism, old age, surgery, thyrotoxicosis, hormones.

Магомедов Мухума Магомедович

*Д.м.н., профессор, Дагестанский государственный
медицинский университет
osmanovmed@mail.ru*

Османов Омар Магомедович

*Хирург, к.м.н., ГБУЗ Городская клиническая больница
№ 67 г. Москва
muxuma@mail.ru*

Аннотация. Целью настоящего обзора является обсуждение роли послеоперационного гипотиреоза в качестве предиктора хирургических осложнений у лиц пожилого возраста. Симптомы послеоперационного гипотиреоза схожи с проявлениями процесса старения, такими как когнитивные нарушения, сердечно-сосудистые, желудочно-кишечные и гематологические изменения, однако сама патология является тяжелым и опасным для жизни состоянием у пожилых людей. Адекватные уровни тиреоидных гормонов необходимы для достижения оптимальных результатов при любом виде хирургического вмешательства. Однако, до сих пор лишь немногие рандомизированные клинические исследования отмечают связь между послеоперационным гипотиреозом и неблагоприятными хирургическими исходами. Поэтому, представляет большой интерес определение влияния послеоперационного гипотиреоза на частоту возникновения различных осложнений у пациентов пожилого возраста.

Ключевые слова: гипотиреоз, пожилой возраст, хирургия, тиреотоксикоз, гормоны.

Цель исследования

Оценка роли послеоперационного гипотиреоза как предиктора хирургических осложнений у лиц пожилого возраста.

Введение

Послеоперационный гипотиреоз является наиболее распространённой патологией, возникающей после проведения оперативного вмешательства, особенно по поводу тиреоидэктомии. Чаще он встречается у женщин и его встречаемость увеличивается с возрастом.

Гипотиреоз может быть классифицирован как явный или субклинический (повышенный уровень ТТГ при нормальных показателях Т3 и Т4). Субклинический гипотиреоз часто встречается у пациентов после операции. Его клинические проявления весьма разнообразны: от уста-

лости до когнитивных нарушений и ишемической болезни сердца, преимущественно наблюдающихся у лиц старшей возрастной группы [1].

Пожилым пациентам для достижения эутиреоза требуется сниженная дозировка левотироксина по сравнению с более молодыми пациентами [2]. В недавнем исследовании Института доказательной медицины оценивалась эффективность левотироксина у пациентов пожилого возраста на примере 145 пациентов старше 80 лет с субклиническим гипотиреозом (ТТГ >4,6 и <19,9 МЕ/л и FT4 в лабораторных референсных диапазонах) [3,1]. Результаты этого исследования показали преимущества и недостатки L-тироксина в практике. Нормальный референсный диапазон сывороточного ТТГ у взрослых людей составляет 0,4–4,5 мМЕ/л [11]. При послеоперационном гипотиреозе можно наблюдать высокий уровень ТТГ, низкий общий Т4, низкий свТ4 и высокую концентрацию холестерина [4, 3].

Синдром низкого уровня Т3 — это состояние, которое возникает после операции с развитием декомпенсированного гипотиреоза из-за блока в периферической конверсии тироксина. Оно является общепризнанным негативным прогностическим фактором у пациентов с послеоперационным гипотиреозом. Недавнее исследование показало связь между послеоперационным гипотиреозом и послеоперационными аритмиями у пожилых пациентов, что позволяет предположить полезность предоперационной оценки Т3 [5,1]. Синдром низкого уровня Т3 очень часто встречается у лиц пожилого возраста, выступая в качестве независимого предиктора краткосрочной выживаемости, что позволяет рекомендовать определение данного показателя в качестве обязательного [1,5].

Клинические особенности и осложнения гипотиреоза у лиц пожилого возраста

Симптомы, связанные с послеоперационным гипотиреозом, иногда сопоставимы с физиологическими проявлениями процесса старения. Соответственно, проявления гипотиреоза часто менее узнаваемы у пожилых по сравнению с более молодыми пациентами, что создает диагностические проблемы [6]. Тем не менее, послеоперационный гипотиреоз может быть ассоциирован со многими симптомами, наблюдающимися у критических пациентов, такими как когнитивные расстройства, сердечно-сосудистые, желудочно-кишечные и гематологические нарушения. Невозможно подтвердить диагноз послеоперационного гипотиреоза, основанный только на клинических симптомах, без оценки уровня ТТГ и Т4 [7,5]. В целом, пожилые люди, страдающие гипотиреозом, могут демонстрировать классические симптомы, но их жалобы часто менее специфичны, чем те, которые описаны более молодыми пациентами [8]. Анализ клинических симптомов гипотиреоза у пожилых пациентов в сравнении с молодыми пациентами показал, что усталость, слабость отмечались более чем у 50% возрастных пациентов, в то время как повышенная чувствительность к холоду, увеличение веса, парестезии и судороги в данной группе были менее распространены [9]. При сравнении эффективности симптомов в прогнозировании субклинического гипотиреоза в разных возрастных группах было отмечено, что одышка, утомляемость и хрипы были более распространены у пожилых пациентов [10]. Потеря слуха, атаксия и дисгезия являются неврологическими симптомами, часто описываемыми у пожилых пациентов с гипотиреозом [11,7]. Психоневрологические симптомы, такие как потеря памяти или депрессия [12], дерматологические или ревматологические расстройства [13], часто наблюдаются у пожилых людей, и трудно связать их с гипотиреозом. Список симптомов послеоперационного гипотиреоза у пожилых

людей может также включать сухость кожи, выпадение волос, редкий сердечный ритм, повышенное диастолическое артериальное давление, бледность и охриплость [14]. Многие авторы отметили, что пациенты с субклиническим гипотиреозом имели более высокую распространенность симптомов по сравнению с контролем с нормальной функцией щитовидной железы [15,2]. Еще одно исследование показало, что наиболее частыми симптомами у женщин с субклиническим гипотиреозом были утомляемость (83%), увеличение массы тела (80%) и тревожность [16].

Предоперационный скрининг и рекомендации по лечению

Последствия нарушения функции щитовидной железы различны и могут осложнить хирургические процедуры и послеоперационное восстановление. В настоящее время имеются рекомендации по проведению рутинного скрининга для выявления тиреоидной патологии у пациентов, имеющих в анамнезе операции на щитовидной железе. Предоперационная оценка ТТГ должна проводиться у пациентов с подозрением на послеоперационный гипотиреоз для оптимизации лечения до операции [17].

Существует общее мнение о нецелесообразности проведения плановой операции до тех пор, пока не будет достигнут эутиреоз. На предоперационном этапе L-тироксин следует титровать для нормализации функции щитовидной железы. Оптимальный период подготовки перед плановой операцией должен составлять от 2 до 4 недель. Пациентам старше 60 лет, особенно с ишемической болезнью сердца, не следует назначать полную дозу L-тироксина в начале лечения [18,2]. У таких пациентов начальная доза обычно составляет 25 мкг в сутки, с последующим увеличением каждые 2–6 недель вплоть до достижения эутиреоза. У пациентов, которые не могут принимать L-тироксин перорально в течение более чем 5 дней после операции, внутривенный левотироксин следует давать в дозе, составляющей от 60 до 80% пероральной дозы [5,3].

Влияние гипотиреоза на хирургический риск

Предоперационное обследование гипотиреоза имеет решающее значение для уменьшения хирургических и анестезиологических осложнений [6]. Хирургическая травма может влиять на активность гипофизарно-тиреоидной оси, и в качестве ответа на стресс будет наблюдаться недостаточность гормонов щитовидной железы [7, 8].

Основными причинами изменения концентрации тиреоидных гормонов в плазме крови в интраоперацион-

ном периоде могут считаться анестетики, а не хирургический стресс [8, 4]. Многие исследования показали, что для достижения оптимальных результатов любого вида хирургического вмешательства необходим адекватный уровень тиреоидных гормонов [9, 6]. Коррекция послеоперационного гипотиреоза после заместительной терапии, как правило, приводит к регрессу патофизиологических изменений вследствие низкого уровня циркулирующего тиреоидного гормона. Поэтому достижение эутиреоза представляет собой цель перед плановой операцией, для предотвращения развития возможных осложнений. В плановой хирургии необходима тщательная оценка риска и пользы у пациентов с гипотиреозом до начала хирургического лечения [10, 1]. До настоящего времени лишь в нескольких рандомизированных клинических исследованиях изучалась ассоциация между послеоперационным гипотиреозом и неблагоприятными хирургическими исходами [11].

Не было выявлено достоверных различий между пациентами с субклиническим гипотиреозом и эутиреоидными пациентами, подвергшимися сердечно-сосудистой хирургии, в отношении респираторных и сердечно-сосудистых осложнений, раневой инфекции [12, 1]. Следует отметить, что у группы пациентов с субклиническим гипотиреозом отмечалось увеличение частоты развития послеоперационной фибрилляции предсердий [13]. В другом исследовании сообщалось об ассоциации между предоперационным гипотиреозом и послеоперационной фибрилляцией предсердий у возрастных пациентов, что позволяет предположить, что выявленный предоперационный гипотиреоз может быть полезен для отбора тех пациентов, у которых необходимо использовать заместительную терапию в профилактике послеоперационной фибрилляции предсердий [14].

Кроме того, была отмечена сильная ассоциация между послеоперационным гипотиреозом при поступлении и повышенным риском развития послеоперационной дисфункции миокарда и смерти у пациентов, перенесших аортокоронарное шунтирование [15, 7 9].

Пациенты с гипотиреозом демонстрируют более медленный метаболизм лекарственных средств и подвержены риску передозировки анестетиков и других лекарственных препаратов, используемых во время хирургического лечения [16, 14]. При продолжительной анестезии пациенты с гипотиреозом могут столкнуться с серьезными клиническими проблемами, такими как наличие нарушенного барорецепторного рефлекторного механизма, и гипогликемия [17]. Не существует единого мнения относительно времени планирования операции при легком или умеренном гипотиреозе в отношении анестезиологической практики [16, 2]. Однако у гипотиреоидных пациентов низкодозовая регионарная анестезия может рассматривать-

ся как один из наиболее предпочтительных вариантов для проведения небольших хирургических процедур [12]. Имеются данные о том, что спинномозговая, эпидуральная или тиопентальная анестезия могут оказывать меньшее воздействие на тиреоидные гормоны по сравнению с общей анестезией; соответственно, эти методы следует учитывать у пациентов с нарушениями функции щитовидной железы в зависимости от вида необходимого хирургического вмешательства [18, 7].

Заключение

Плановое оперативное вмешательство рекомендуется не проводить пожилым пациентам с послеоперационным гипотиреозом до достижения эутиреоидного состояния. Если пациентам необходимо срочное или экстренное хирургическое вмешательство, следует приступать к операции только в том случае, если у них имеется легкий или умеренный гипотиреоз. Заместительная терапия должна быть начата до операции и необходимо повышенное внимание к возможному возникновению послеоперационных осложнений у пациентов с гипотиреозом. По мнению американской тиреоидной Ассоциации (ATA), терапия пожилых пациентов должна быть начата с низких доз с медленным титрованием на основе оценки уровня ТТГ в сыворотке крови.

Пожилые пациенты демонстрируют более высокие показатели ТТГ сыворотки. Таким образом, более высокий уровень ТТГ сыворотки могут быть необходим организму по мере того, как пациент стареет. Предполагаемый целевой уровень ТТГ в сыворотке крови у людей в возрасте 70–80 лет составляет 4–6 мМЕ/л [8]. Дальнейшие клинические исследования, оценивающие хирургическое лечение у пожилых пациентов с гипотиреозом, настоятельно необходимы.

Выводы

Достижение эутиреоза представляет собой цель перед плановой операцией для предотвращения развития осложнений. В плановом оперативном вмешательстве необходима тщательная оценка риска и пользы у пациентов с гипотиреозом до начала хирургического лечения.

Диапазон уровней тиреоидных гормонов у пожилых пациентов может отличаться в сравнении с более молодыми пациентами. Особенности физиологического старения могут иногда путаться с гипотиреозом у пожилых пациентов.

Адекватное титрование L-тироксина у пожилых пациентов является обязательным для достижения соответствующей концентрации ТТГ в сыворотке крови и профилактики развития ятрогенного тиреотоксикоза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aggarwal N., Razvi S. Thyroid and aging or the aging thyroid? An evidence-based analysis of the literature. *J Thyroid Res.* (2013) 2013:481287.
2. Aversa A., Fabbri A. Testicular and thyroid function as survival predictors in the elderly patient candidate to surgery. *Monaldi Arch Chest Dis.* (2017) 87:841.
3. Bensenor I. M., Olmos R. D., Lotufo P. A. Hypothyroidism in the elderly: diagnosis and management. *Clin Interv Aging.* (2012) 7:97–111.
4. Carvalho G. A., Perez C. L., Ward L. S. The clinical use of thyroid function tests. *Arq Bras Endocrinol Metabol.* (2013) 57:193–204.
5. Chaker L., Bianco A. C., Jonklaas J., Peeters R. P. Hypothyroidism. *Lancet.* (2017) 390:1550–62. 10.1016/S0140–6736(17)30703–1.
6. Ciuni R., Musmeci N., Di Giunta M., Basile F., Ciuni S. Treatment of microcarcinoma and papillary carcinoma of the thyroid. *Ann Ital Chir.* (2010) 81:115–9.
7. Devdhar M., Drooger R., Pehlivanova M., Singh G., Jonklaas J. Levothyroxine replacement doses are affected by gender and weight, but not age. *Thyroid.* (2011) 21:821–7. 10.1089/thy.2011.0029.
8. Du Puy R. S., Postmus I., Stott D. J., Blum M. R., Poortvliet R. K. E., Den Elzen W. P. J., et al. Study protocol: a randomised controlled trial on the clinical effects of levothyroxine treatment for subclinical hypothyroidism in people aged 80 years and over. *BMC Endocr Disord.* (2018) 18:67.
9. Finsterer J., Stollberger C., Grossegger C., Kroiss A. Hypothyroid myopathy with unusually high serum creatine kinase values. *Horm Res.* (1999) 52:205–208.
10. Garber J. R., Cobin R. H., Gharib H., Hennessey J. V., Klein I., Mechanick J. I., et al. Clinical practice guidelines for hypothyroidism in adults: cosponsored by the American Association of Clinical Endocrinologists and the American Thyroid Association. *Endocr Pract.* (2012) 18:988–1028.
11. Kostoglou-Athanassiou I., Ntalles K. Hypothyroidism — new aspects of an old disease. *Hippokratia.* (2010) 14:82–87.
12. Qari F. Hypothyroidism in clinical practice. *J Family Med Prim Care.* (2014) 3:98–101. 10.4103/2249–4863.137609.
13. Roberts C. G., Ladenson P. W. Гипотиреоз. *Ланцет.* (2004) 363:793–803.
14. Taylor P. N., Albrecht D., Scholz A., Gutierrez-Buey G., Lazarus J. H., Dayan C. M., et al. Global epidemiology of hyperthyroidism and hypothyroidism. *Nat Rev Endocrinol.* (2018) 14:301–16. 10.1038/nrendo.2018.
15. Walsh J. P. Managing thyroid disease in general practice. *Med J Aust.* (2016) 205:179–184. 10.5694/mjal6.005
16. Worku B., Tortolani A. J., Gulkarov I., Isom O. W., Klein I. Preoperative hypothyroidism is a risk factor for postoperative atrial fibrillation in cardiac surgical patients. *J Card Surg.* (2015) 30:307–12
17. Кухренко Ю. В., Косивцов О. А., Михин И. В., Рясков Л. А. Результаты хирургического лечения пациентов с различными заболеваниями щитовидной железы. // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2015 № 4 (56). С. 67–72.
18. Гозибекоев Ж. И., Зайниев А. Ф., Тилавова Ю. М. Результаты хирургического лечения больных узловым зобом // Вопросы науки и образования. 2019. № 3 (60). С. 12–16.

© Магомедов Мухума Магомедович (osmanovmed@mail.ru), Османов Омар Магомедович (muxuma@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСТАТОЧНОЙ МОЩНОСТИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ КОРНЕВОГО КАНАЛА УДАЛЁННОГО (IN VITRO) И ВИТАЛЬНОГО (IN VIVO) РЕЗЦОВ ЧЕЛОВЕКА

THE STUDY OF THE RESIDUAL POWER OF LASER IRRADIATION OF THE ROOT CANALS OF THE CENTRAL UPPER HUMAN INCISORS (IN VIVO)

A. Rostov
E. Zhulev
A. Rostov

Summary. In laboratory and clinical conditions, the residual power of laser radiation after irradiation of the roots of the central upper incisors of a person was studied. The dependence of the effect on the residual power of the location of the laser emitter in the root canal (in the apical and wellhead parts) was studied. A comparative analysis of the effectiveness of laser irradiation of the root canal of two high-intensity diode laser systems of the near infrared spectrum with wavelengths of 810 and 980 Nm is carried out.

Keywords: laser system, residual power, root canal of the tooth.

Ростов Андрей Витальевич

К.м.н., главный врач, ООО «Центр медико-правового консультирования «Рубикон»
a_rostov@mail.ru

Жулев Евгений Николаевич

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
hrustalev54@mail.ru

Ростов Артём Андреевич

Генеральный директор, ООО «Центр медико-правового консультирования «Рубикон»
ar-rostov@yandex.ru

Аннотация. В лабораторных и клинических условиях изучена остаточная мощность лазерного излучения после облучения корней центральных верхних резцов человека. Изучена зависимость влияния на остаточную мощность места расположения лазерного излучателя в корневом канале (в апикальной и устьевой части). Проведён сравнительный анализ эффективности лазерного облучения корневого канала двух высокоинтенсивных диодных лазерных систем ближнего инфракрасного спектра с длинами волн 810 и 980 Нм.

Ключевые слова: лазерная система, остаточная мощность, корневого канал зуба.

Актуальность

Эндодонтия — одна из наиболее бурно развивающихся областей современной стоматологии, совершенствуются материалы, инструменты, разрабатываются новые методы лечения. Однако, несмотря на широкий арсенал средств, применяемых в клинической практике, эндодонтическое лечение не всегда бывает эффективным и часто приводит к повторному развитию хронического воспаления [1]. В современной литературе приводятся данные о высокой распространенности болезней пульпы и периапикальных тканей, отмечается низкий процент качественно пломбированных корневого канала, много зубов подвергается удалению. Дезинфекция корневого канала крайне важна для регенерации перирадикулярных тканей [2, с. 187–189].

Лазер применяется и для дезинфекции корневого канала. Эффективность бактерицидного действия лазерного луча, по данным Института лазерной медицины

близка к 100%. Свет, излучаемый лазером, поглощается водой, которая всегда присутствует в клетке бактерии. Вода, поглощая свет, испаряется и разрушает микробную клетку. Поэтому лазерные излучения обладают высокой антибактериальной и противовоспалительной активностью.

Несмотря на то, что современная стоматология добилась высоких результатов в лечении зубов после первичной и вторичной эндодонтии, одной из её составляющих является стерилизация корневого канала, а поиск эффективных методик для уменьшения осложнений и сроков реабилитации является по-прежнему актуальным [3, с. 162–164].

Цель исследования

Изучить остаточную мощность лазерного излучения с различными длинами волн в области корней удалённого центрального верхнего резца и витального центрального

ного резца человека до пломбирования каналов горячей гуттаперчей с расположением лазерного излучателя в различных участках корневого канала.

Материалы и методы

В качестве материала исследования были использованы удалённый и витальный центральные верхние резцы (зубы 1.1;) человека.

Длина канала удалённого резца человека (зуб 1.1) составила 13 мм. Канал был расширен до 35 размера по ISO с шестой конусностью. Диаметр корня удалённого резца человека на 1 мм выше апекса — 3,4 мм, в области устья — 4 мм. Диаметр середины корня — 6 мм.

Длина канала витального резца человека (зуба 1.1) составила 14,7 мм. Канал зуба были расширены до 35 размера по ISO с шестой конусностью. Диаметр корня резца 1.1 человека на 1 мм выше апекса — 2 мм, диаметр середины корня — 4,4 мм, диаметр в области устья — 5,5 мм.

В исследовании использовали две итальянские высокоинтенсивные диодные лазерные системы «Doctor Smile» с длинами волн 810 и 980 Нм. Для измерения дозы лазерного излучения применяли аппарат израильского производства фирмы OPHIR (Laser Measurement Group) PULSAR4 с круглым фотодиодным сенсором (PD300R-UV filter off.) и программным обеспечением — StarLab — (pulsar sensor 3 photodiode PD300R-UV (s/n 782471) FU1.27 (s/n 746231).

Параметры лазерного излучения с длинами волн 810 и 980 Нм в лабораторных исследованиях всегда были одинаковыми: мощность 1 Вт; постоянный режим (CW); неактивное оптоволокно толщиной 320 микрон; методика внутриканальная бесконтактная, стабильная; облучение лазером в течение 15 секунд.

Полученные результаты

При облучении лазером с длиной волны 810 Нм канала удалённого резца человека (зуб 1.1) с размещением лазерного излучателя (не активированного оптоволоконна) в области апекса, остаточная мощность за пределами корня в области апекса составила — 12 мВт, а с длиной волны 980 Нм — 17 мВт.

При облучении лазером с длиной волны 810 Нм канала с размещением лазерного излучателя на 3 мм выше апекса, остаточная мощность за пределами корня удалённого резца человека (зуб 1.1) в области апекса составила — 5 мВт, а с длиной волны 980 Нм — 18 мВт.

При облучении лазером с длиной волны 810 Нм канала с размещением лазерного излучателя в устье канала корня удалённого резца человека (зуб 1.1), остаточная мощность за пределами корня в области апекса, где располагался круглый фотодиодный сенсор, составила — 36 мВт, а с длиной волны 980 Нм — 180 мВт.

При облучении лазером с длиной волны 810 Нм канала витального резца человека (зуба 1.1) с размещением лазерного излучателя в корневом канале на 1 мм от апекса, и с расположением круглого фотодиодного сенсора с нёбной поверхности альвеолярного отростка пациента в области проекции корня зуба 1.1. Остаточная мощность за пределами корня составила — 8,5 мВт, а с длиной волны 980 Нм — 3,19 мВт.

При облучении лазером с длиной волны 810 Нм канала витального резца человека (зуба 1.1) с размещением лазерного излучателя в корневом канале в области устья, и с расположением круглого фотодиодного сенсора с нёбной поверхности альвеолярного отростка пациента в области проекции корня зуба 1.1. Остаточная мощность за пределами корня составила — 9,1 мВт, а с длиной волны 980 Нм — 6 мВт.

Обсуждение полученных результатов

Из полученных результатов видно, что при облучении лазером корневых каналов как с длиной волны 810 Нм, так и с длиной волны 980 Нм лазерная энергия полностью не поглощается твёрдыми тканями корней зубов и альвеолярного отростка, как в лабораторных, так и в клинических исследованиях. Даже при расположении лазерного излучателя в корневом канале на 1 мм от апекса и при расположении его в области устья в канале центральных резцов, часть лазерной энергии проходит через все твёрдые ткани корня удалённого резца в лабораторных условиях и через все твёрдые ткани корня витального резца и альвеолярный отросток пациента в клинических условиях, выходя за их пределы. Из проведённых исследований видно, что в лабораторных условиях ткани человека почти в 2,5 раза больше поглощают лазерную энергию с длиной волны 810 Нм. Остаточная мощность лазерной энергии с длиной волны 810 Нм больше выходит за пределы корня удалённого центрального резца. В клинических условиях — наоборот. При облучении канала витального зуба 1.1 пациента, ткани человека почти в 1,5–2 раза больше поглощают лазерную энергию с длиной волны 980 Нм.

Заключение

Лабораторный эксперимент показал, что на остаточную мощность лазерного излучения, прошедшую через твёрдые ткани корня, при обработке корневых каналов

в большей степени влияет длина волны лазера, и в меньшей степени место расположения излучателя в корневом канале зуба.

На основании полученных результатов (*in vivo*) также можно сделать вывод о том, что лазерное излучение

с длиной волны 980 Нм эффективнее для стерилизации корневых каналов в первичной эндодонтии, чем с длиной волны 810 Нм. Однако, по нашему мнению, лазер с длиной волны 810 Нм предпочтительнее использовать во вторичной (повторной) эндодонтии с периапикальными осложнениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чунихин А.А., тема диссертации и автореферата «Использование полупроводникового лазера при эндодонтическом лечении зубов с хроническими формами пульпитов», 2010, Москва. <http://medical-diss.com/medicina/ispolzovanie-poluprovodnikovogo-lazera-pri-endodonticheskom-lechenii-zubov-s-hronicheskimi-formami-pulpitov>
2. Жулев Е.Н., Ростов А. В., Ростов А. А., Изучение остаточной мощности лазерного облучения корневых каналов центральных верхних резцов человека (*in vivo*). // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки», № 4, 2020, С. 187–189.
3. Жулев Е.Н., Ростов А. В., Ростов А. А. Изучение остаточной мощности после лазерного облучения корневых каналов удалённого моляра человека // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки», № 8, 2019, С. 162–164.

© Ростов Андрей Витальевич (a_rostov@mail.ru),

Жулев Евгений Николаевич (hrustalev54@mail.ru), Ростов Артём Андреевич (ar-rostov@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ОСОБЕННОСТИ ВЕДЕНИЯ БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН ГРУППЫ РИСКА ИНФИЦИРОВАНИЯ И С ПОДТВЕРЖДЕННЫМ COVID-19

FEATURES OF MANAGEMENT OF PREGNANT WOMEN AT RISK OF INFECTION AND WITH CONFIRMED COVID-19

**N. Rukhlyada
T. Libova
T. Prohorovich
I. Vorobtsova**

Summary. New coronavirus infection (coronavirus, coronavirus infection) — a group of diseases caused by a new coronavirus (2019-nCoV), has presented health professionals and doctors with difficult tasks related to the rapid diagnosis and clinical management of patients with this infection. Currently, information about the epidemiology, clinical features, prevention and treatment of this disease is limited. So far, we still don't have complete information about how COVID-19 affects the baby and mother during pregnancy and childbirth. But there are world facts, and they are sad. To prevent this from happening in the Russian Federation, we have developed recommendations for the management of pregnant patients. The COVID-19 pandemic is a COVID-19 coronavirus infection pandemic caused by the SARS-CoV-2 coronavirus. It began with the discovery in late December 2019 in the city of Wuhan, Hubei province of Central China, of the first cases of pneumonia of unknown origin in local residents associated with the local animal and seafood market of huangan. On December 31, 2019, the Chinese authorities informed the world health organization (who) of an outbreak of unknown pneumonia. Since January 22, the city of Wuhan has been closed for quarantine; since January 24. The surrounding urban districts have been closed. The virus was detected in all administrative divisions of China at the provincial level. As of may 9, 4,044,797 cases of infection in 212 countries and territories have been confirmed, 277,089 deaths, 1,405,050 people have recovered, the fatality rate for all registered completed cases is 16%, and for all registered cases — 6.9%.

Keywords: coronavirus infection, pregnancy, childbirth, perinatal loss, miscarriage.

Рухляда Николай Николаевич

Д.м.н., Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет
nickolasr@mail.ru

Либова Татьяна Александровна

К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет
libova@mail.ru

Прохорович Татьяна Ивановна

К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет
tatyana.prohorovich@yandex.ru

Воробцова Ирина Николаевна

К.м.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет
ririna-1979@yandex.ru

Аннотация. Новая коронавирусная инфекция (коронавирус, коронавирусная инфекция) — группа заболеваний, вызванных новым коронавирусом (2019-nCoV), поставило перед специалистами в области охраны здравоохранения и врачами трудные задачи, связанные с быстрой диагностикой и клиническим ведением больных с этой инфекцией. В настоящее время сведения об эпидемиологии, клинических особенностях, профилактике и лечении этого заболевания ограничены. До сих пор у нас все еще нет полной информации о том, как влияет COVID-19 на ребенка и мать во время беременности и родов. Но есть мировые факты, и они печальные. Чтобы не допустить подобного в РФ, нами разработаны рекомендации по ведению беременных пациенток. Пандемия COVID-19 — пандемия коронавирусной инфекции COVID-19, вызванная коронавирусом SARS-CoV-2. Началась с обнаружения в конце декабря 2019 года в городе Ухане провинции Хубэй центрального Китая первых случаев пневмонии неизвестного происхождения у местных жителей, связанных с местным рынком животных и морепродуктов Хуанань. 31 декабря 2019 года власти Китая проинформировали о вспышке неизвестной пневмонии Всемирную организацию здравоохранения (ВОЗ). С 22 января город Ухань был закрыт на карантин; с 24 января — прилегающие к Уханю городские округа. Вирус был зафиксирован во всех административных образованиях Китая провинциального уровня. По данным на 9 мая, подтверждено 4 044 797 случаев заражения в 212 странах и территориях, 277 089 летальных исходов, 1 405 050 человек выздоровело, летальность от всех зарегистрированных завершившихся случаев заражения составляет 16%, а от всех зарегистрированных случаев — 6,9%.

Ключевые слова: коронавирусная инфекция, беременность, роды, перинатальные потери, невынашивание.

В настоящее время все ученые мира внимательно следят за ходом пандемии коронавируса-19. [1,2].
Случаи инфицирования COVID-19 беременных, обнаруженные в РФ, и распространение заражения от человека к человеку представляет особый риск у пациенток с данной инфекцией. В связи с этим работает горячая линия, и создаются специализированные центры по контролю и профилактике заболеваний новой коронавирусной инфекцией (2019-nCoV). [2]

Несмотря на проводимые исследования, до сих пор очень мало информации о вирусном поражении, особенно о его воздействии на беременных женщин и новорожденных. Не разработаны алгоритмы и конкретные рекомендации для населения относительно течения или лечения COVID-19. [3,8]

Основным составляющим в профилактике распространения и заражения COVID-19 является рекомендации по передвижениям людей. В связи с введенным ныне на территории РФ карантин, удалось ограничить нахождение беременных в условиях одного региона, однако, учитывая миграцию населения, необходимо четко отслеживать контакты и перемещения каждой женщины.

Имеющиеся в настоящее время мировые данные по COVID-19 не указывают на то, что беременные женщины подвергаются повышенному риску. Однако известно, что они подвергаются большему риску заболеваемости другими респираторными инфекциями, такими как грипп и ОРВИ. Беременность, характеризующаяся естественным снижением иммунитета, зачастую сопровождается тяжелым течением вирусных инфекций, приводящим к летальным исходам.

Таким образом, беременные женщины должны рассматриваться как группа риска для COVID-19.

Основной момент тактики ведения данных пациенток — показания к госпитализации.

Все беременные пациентки с подозрением на наличие коронавирусной инфекции должны быть госпитализированы в специализированный стационар. Так же все врачи и средний медперсонал должны быть незамедлительно и полностью информированы о предполагаемом прибытии беременной, с подтвержденным COVID-19, или контактной по данному заболеванию. [5,7]

Осмотр пациентки должен проводиться в боксированной одноместной палате. Всем медицинским работникам, входящим в палату пациента с подтвержденным или подозреваемым COVID-19 необходимо соблюдать стандартные меры предосторожности при

контактном и воздушно-капельном путях передачи инфекции.

Алгоритм обследования

В первую очередь необходимо оценить общее состояние беременной женщины. Лихорадка свыше 38 градусов, при сочетании с кашлем, затрудненным дыханием или симптомами гастроэнтерита, сразу должна насторожить врача в плане наличия коронавирусной инфекции. [1,6,7]

Для того чтобы полностью оценить степень тяжести заболевания необходимо ответить на следующие вопросы.

При отсутствии данных симптомов, необходимо перейти к следующему этапу и оценить наличие сопутствующей соматической патологии.

К отягощающим факторам коронавирусной инфекции у беременных относятся хронические заболевания, такие как гипертония, сахарный диабет, бронхиальная астма, ВИЧ, хроническая патология сердечно-сосудистой системы, хроническая почечная и печеночная недостаточность, антифосфолипидный синдром, а так же беременные с ослабленным иммунитетом, включая состояние после лечения онкологических заболеваний, тяжелое ожирение (индекс массы тела более 40).

Беременные с неотягощенным соматическим анамнезом относятся к группе низкого риска развития тяжелых осложнений коронавирусной инфекции.

В этом случае оправдано нахождение пациенток в домашних условиях, с тщательным контролем за самочувствием больной.

Беременные с отягощенным соматическим анамнезом должны проходить тщательную оценку состояния дыхательной системы, физикальный осмотр, инструментальное обследование (ЭКГ, пульсметрия, КТГ, ультразвуковое исследование плода, доплерометрическое исследование в соответствии с гестационным сроком), а так же компьютерная томография и обзорная рентгенография органов грудной клетки с использованием средств защиты плода при необходимости. Лабораторные методы диагностики у беременных и рожениц не отличаются от стандартных методов, приемлемых для взрослых пациентов: клинический анализ крови, лейкоцитарная формула, биохимический анализ крови (АЛТ, АСТ, мочевины, креатинин, билирубин, глюкоза), С-реактивный белок, коагулограмма, кислотно-основное состояние, Д-димер, общий анализ мочи.

Таблица 1. Опросник беременных женщин с подозрением или наличием COVID-19

Симптом / Sign	Варианты ответа/ Answer variant
Есть ли у пациентки трудности с дыханием или одышка? Does the patient have difficulty breathing or shortness of breath?	Да/Нет Yes/No
Пациентка не может пересечь комнату не задыхаясь? The patient can't cross the room without gasping for breath?	Да/Нет Yes/No
Пациентка не может завершить предложение не задыхаясь? The patient can't complete a sentence without gasping for breath?	Да/Нет Yes/No
Жалуется ли пациентка на чувство тяжести в грудной клетке, боль и кашель? Does the patient complain of a feeling of heaviness in the chest, pain, and cough?	Да/Нет Yes/No
Ощущает ли пациентка чувство жара и/или головокружение? Does the patient feel hot and / or dizzy? Does the patient have a loss of taste and smell	Да/Нет Yes/No
Имеются ли у пациентки признаки обезвоживания? Does the patient show signs of dehydration?	Да/Нет Yes/No
Пациентка не может адекватно общаться с персоналом? The patient cannot communicate adequately with the staff?	Да/Нет Yes/No
Имеется ли у пациентки головная боль? Does the patient have a headache?	Да/Нет Yes/No
Имеется ли у пациентки потеря вкуса и обоняния Does the patient have a loss of taste and smell	Да/Нет Yes/No

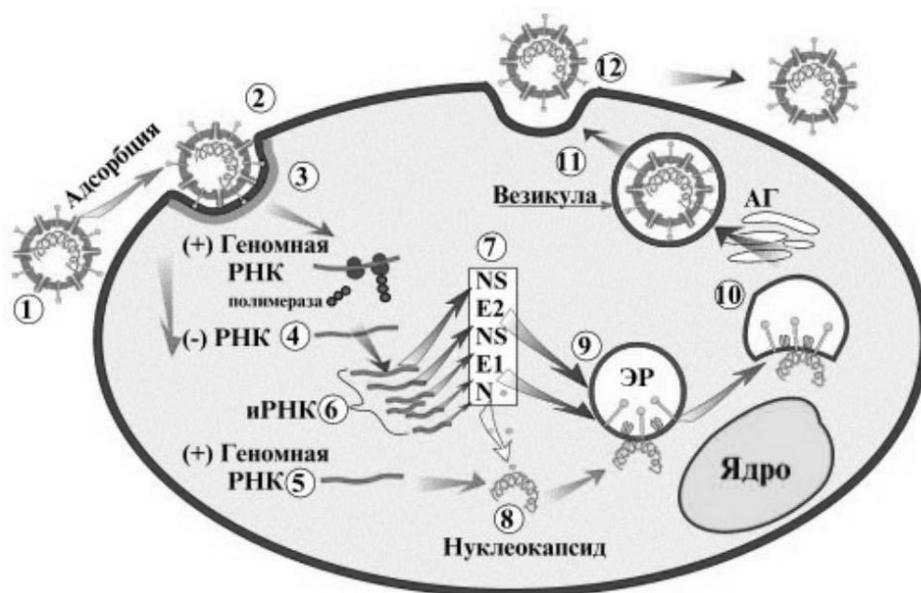


Рис. 1. Схема репликации COVID-19

Основным осложнением беременности у женщин с COVID-19 по данным мировой литературы являлось невынашивание. Вопрос об этиологической роли вирусной инфекции широко дискутируется в литературе. Одни исследователи считают, что инфекция — одна из наиболее значимых причин прерывания беременности. Так же чрезвычайно много работ посвящено ее роли в этиологии преждевременных родов и преждевременного излития околоплодных вод. Вирусные заболевания во время

беременности могут приводить к анэмбрионии, неразвивающейся беременности, самопроизвольным выкидышам, антенатальной гибели плода, к порокам развития плода (совместимым и несовместимым с жизнью). Большое значение, в характере нарушений, вызванных вирусной инфекцией, имеет срок беременности, в котором произошло внутриутробное инфицирование. Чем меньше срок беременности, тем выше вероятность формирования грубых пороков развития плода. В настоящее

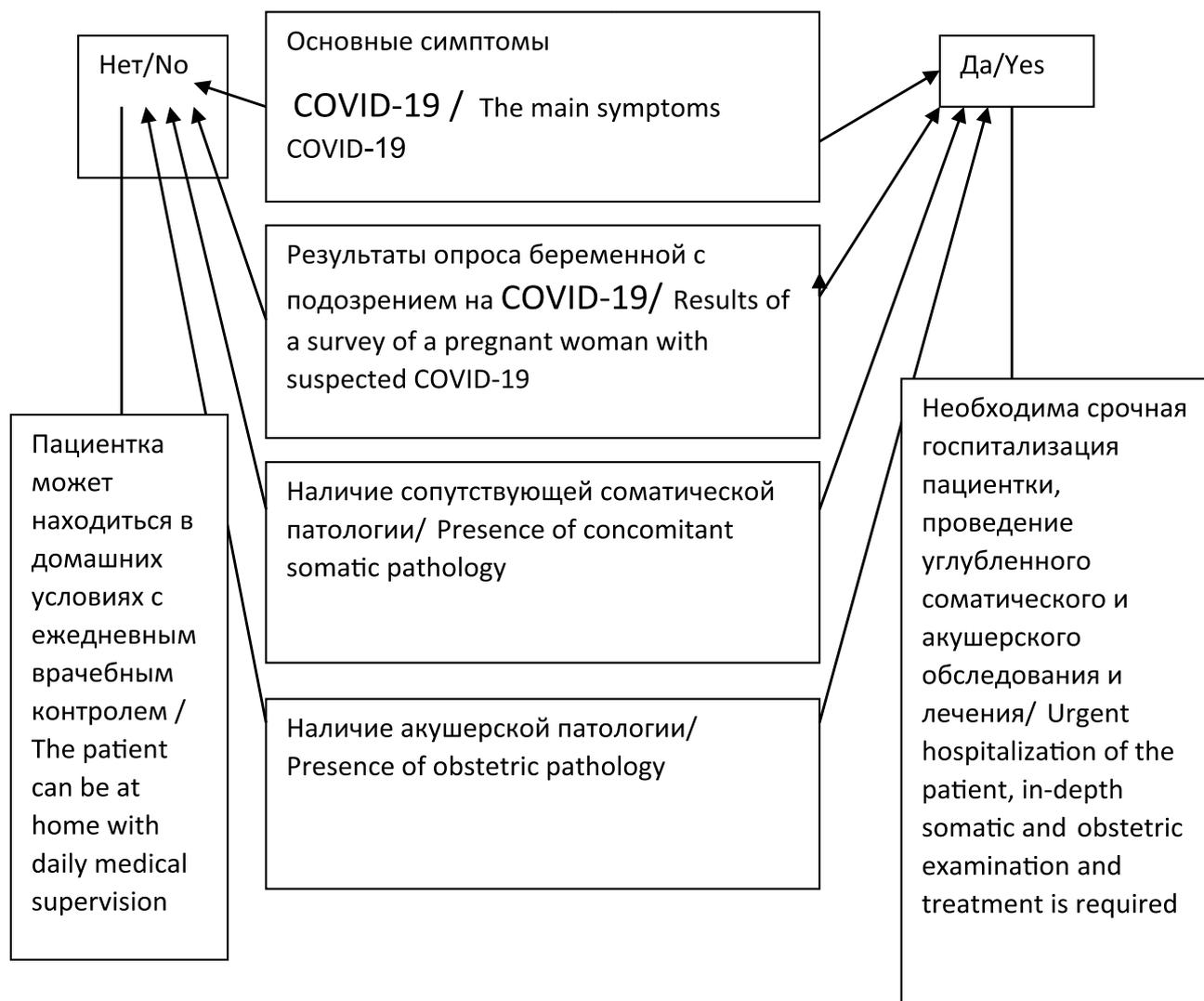


Схема 1. Алгоритм ведения беременных женщин с подозрением или наличием COVID-19

время установлено, что вирусы могут передаваться плоду несколькими путями, но наибольшее значение имеет трансплацентарный путь передачи инфекции. Неблагоприятные исходы беременности — преждевременные роды были зарегистрированы в США у беременных, положительных на COVID-19. Однако, не до конца изучено, были ли связаны эти исходы с материнской инфекцией или имели другую этиологию. Так же открытым остается вопрос влияния COVID-19 на плод. В исследуемой группе младенцев от матерей, инфицированных COVID-19, опубликованной в рецензируемой литературе, ни один из них не получил положительного теста на COVID-19.

Однако, все новорожденные, рожденные от матерей с подтвержденным COVID-19, должны входить в группу риска по инфицированию и их необходимо изолировать в соответствии с руководством по профилактике инфекций и борьбе с ними.

Чтобы снизить риск передачи вируса, вызывающего COVID-19 от матери к новорожденному, учреждения должны рассмотреть вопрос о временной изоляции родильницы, инфицированной COVID-19 до полной нормализации показателей. На сегодняшний день нет данных, доказывающих наличие вируса в грудном молоке женщин, инфицированных COVID-19. В настоящее время главная проблема заключается не в том, может ли вирус передаваться через грудное молоко, а в том, может ли инфицированная мать передавать вирус воздушно-капельным путем в период грудного вскармливания. Дети матерей с подтвержденным COVID-19 или с симптомами инфицирования должны быть переведены на искусственное вскармливание или на питание сцеженным, со всеми предосторожностями, молоком. При выписке послеродовых женщин должны соблюдаться рекомендации, описанные в алгоритме по диспансеризации пациенток с COVID-19.

Таким образом, разработанный нами алгоритм обследования беременных с COVID-19 рекомендован для ознакомления практикующим акушерам-гинекологами и врачам смежных специальностей. Наши рекоменда-

ции разработаны для родильных домов, а так же для медицинских учреждений, оказывающих акушерско-гинекологическую помощь беременным женщинам группы риска инфицирования и с подтвержденным COVID-19.

ЛИТЕРАТУРА

1. Всемирная организация здравоохранения. Клиническое руководство по ведению пациентов с тяжелой острой респираторной инфекцией при подозрении на инфицирование новым коронавирусом (2019-nCoV). Временные рекомендации. Дата публикации: 25 января 2020 г. [Электронный ресурс]. URL: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/426206/RUS-Clinical-Management-of-Novel_CoV_Final_without-watermark.pdf?ua=1 (дата обращения 17.06.2020 г.)
2. Coronavirus (Covid-19). [Электронный ресурс]. URL: <https://coronavirus-monitor.ru> (дата обращения 17.06.2020 г.)
3. Alserahi H., Wali G., Alshukairi A., Alraddadi B. Impact of Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) on pregnancy and perinatal outcome. BMC Infect Dis. 2016; 16: 105–108.
4. Bassetti M. The Novel Chinese Coronavirus (2019-nCoV) Infections: challenges for fighting the storm. <https://doi.org/10.1111/eci.13209>. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/eci.13209>
5. Gu J., Han B., Jian Wang J. COVID-19: Gastrointestinal manifestations and potential fecal-oral transmission. Gastroenterology. 2020. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2020.02.054>
6. Cao B., Wang Y., Wen D. et al. A Trial of Lopinavir–Ritonavir in Adults Hospitalized with Severe Covid-19. New England Journal Medicine. 2020; DOI: 10.1056/NEJMoa2001282.
7. Zhang L., Lin D., Sun X. et al. Crystal structure of SARS-CoV-2 main protease provides a basis for design of improved α -ketoamide inhibitors. Science. 2020. doi. 10.1126/science.abb3405.
8. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. О новой коронавирусной инфекции. [Электронный ресурс]. URL: https://rosпотреbnadzor.ru/region/korono_virus/punkt.php (дата обращения 17.06.2020 г.)

© Рухляда Николай Николаевич (nickolasr@mail.ru), Либова Татьяна Александровна (libova@mail.ru),
Прохорович Татьяна Ивановна (tatyana.prohorovich@yandex.ru), Воробцова Ирина Николаевна (ririna-1979@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РАЦИОНАЛЬНОСТЬ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЙ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ ТЕРАПИИ В ОТДЕЛЕНИИ СОСУДИСТОЙ ХИРУРГИИ ГБУЗ ПККБ № 1 Г. ВЛАДИВОСТОКА

THE RATIONALITY OF POSTOPERATIVE ANTIBIOTIC THERAPY IN THE DEPARTMENT OF VASCULAR SURGERY GBUZ PKKB № 1 OF VLADIVOSTOK

**E. Ryazanova
A. Baranova
A. Makarenko**

Summary. Currently, infections associated with the provision of medical care are becoming increasingly important, especially in a surgical hospital. Infections caused by surgery are among the most common infections associated with medical care. Like perioperative antibiotic prophylaxis, which is one of the most effective methods to reduce the incidence of infections in the surgical field, postoperative antibiotic therapy is aimed at reducing the complications and risks of secondary infections. Despite the availability of clinical recommendations and treatment standards, the quality of postoperative antibiotic therapy remains unsatisfactory.

Keywords: cardiovascular pathology, perioperative antibiotic prophylaxis, antibiotic resistance.

Рязанова Елена Витальевна

Аспирант, ФГБОУ ВО Тихоокеанский государственный
медицинский университет (г. Владивосток)
ryazanova_14@bk.ru

Баранова Алиса Юрьевна

ФГБОУ ВО Тихоокеанский государственный
медицинский университет (г. Владивосток)
alisabaranovaur@icloud.com

Макаренко Анна Александровна

ФГБОУ ВО Тихоокеанский государственный
медицинский университет (г. Владивосток)
annamakarenko99@icloud.com

Аннотация. В настоящее время инфекции, связанные с оказанием медицинской помощи, приобретают все большую актуальность, особенно в хирургическом стационаре. Инфекции, вызванные хирургическим вмешательством — одни из наиболее распространенных среди инфекций, связанные с оказанием медицинской помощи. Как и периоперационная антибиотикопрофилактика, являющейся одной из наиболее эффективных методов снижения частоты развития инфекций в области хирургического вмешательства, так и послеоперационная антибактериальная терапия направлена на снижение осложнений и рисков присоединения вторичных инфекций. Несмотря на наличие клинических рекомендаций, и стандартов лечения, качество послеоперационной антибактериальной терапии остается неудовлетворительным.

Ключевые слова: сердечно-сосудистая патология, периоперационная антибиотикопрофилактика, антибиотикорезистентность.

Актуальность

На сегодняшний день инфекционные осложнения в области хирургического вмешательства (ИОХВ) — актуальная проблема современной сосудистой хирургии. Применение антибактериальных препаратов в послеоперационном периоде при наличии инфекционного процесса снижает риск развития осложнений, способствует успешному лечению, что приводит к сокращению сроков пребывания в стационаре и, как следствие, снижение экономических затрат, связанных с госпитализацией.

Несмотря на достижения и усовершенствования медицинской направленности науки, инфекции, связанные с хирургическими вмешательствами, приобретают все более широкое распространение, связанное с постоянно возрастающим количеством оперативных вмешательств, а также увеличением полирезистентных штаммов микроорганизмов [7, с. 18].

В XXI веке во всем мире проблема антибиотикорезистентности становится все более актуальной и тревожной. По официальным источникам, в многопрофильных медицинских учреждениях полирезистентность



Диаграмма 1. Количество пациентов принимающих антибактериальные препараты разных групп.

к антибиотикам характерна для нозокомиальных штаммов грамположительных (стафилококки, энтерококки) и грамотрицательных бактерий (энтеробактерии, *Paeruginosa*, *Acinetobacter* spp.). В стационарах России наблюдается устойчивые штаммы к метициллину (оксациллину) стафилококки (MRSA) и энтеробактерии, устойчивые к цефалоспориновым антибактериальным препаратам (продуценты бета-лактамаз расширенного спектра — БЛРС) [5, с. 3].

Неотъемлемой частью системы инфекционного контроля в стационарах хирургического профиля является мониторинг антибиотикорезистентности микроорганизмов. Существует множество факторов, способствующих увеличению уровня резистентности микроорганизмов, наиболее важным из которых является нерациональный выбор антибактериальной терапии, назначение неадекватных доз препаратов и необоснованная длительность лечения. По некоторым зарубежным данным, частота развития ИОХВ в хирургических стационарах достигает 31%, в России, согласно отечественным исследованиям, данный показатель ИОХВ — 23,3%. С инфекционными осложнениями связан высокий уровень летальности. Так у пациентов с ИОХВ он составляет 14,5%, тогда как у пациентов без ИОХВ — 1,8% [1, с. 33]. Это определяет необходимость проведения рациональной антибиотикотерапии паци-

ентам при оказании медицинской помощи в условиях хирургического стационара.

В настоящее время применяется целый комплекс мероприятий по предотвращению инфекций в области хирургического вмешательства, включающих периоперационную антибиотикопрофилактику, применение асептических хирургических технологий, а также санацию очагов хронической инфекции и коррекцию иммунодефицитных состояний [4, с. 24].

Одной из главных проблем является нерациональное использование антибактериальных препаратов перед проводимой операцией и после нее, что в свою очередь, повышает частоту развития инфекционных послеоперационных осложнений, создающее развитие неблагоприятных последствий для дальнейшего применения антибиотиков, увеличением сроков госпитализации, а также формирование антибиотикорезистентных штаммов микроорганизмов [2, с. 7].

На практике для получения достоверных данных об уровне резистентности в учреждении должен быть организован микробиологический мониторинг. Его организация требует значительных усилий по стандартизации микробиологической диагностике, оценке чувствительности и корректной обработке резуль-

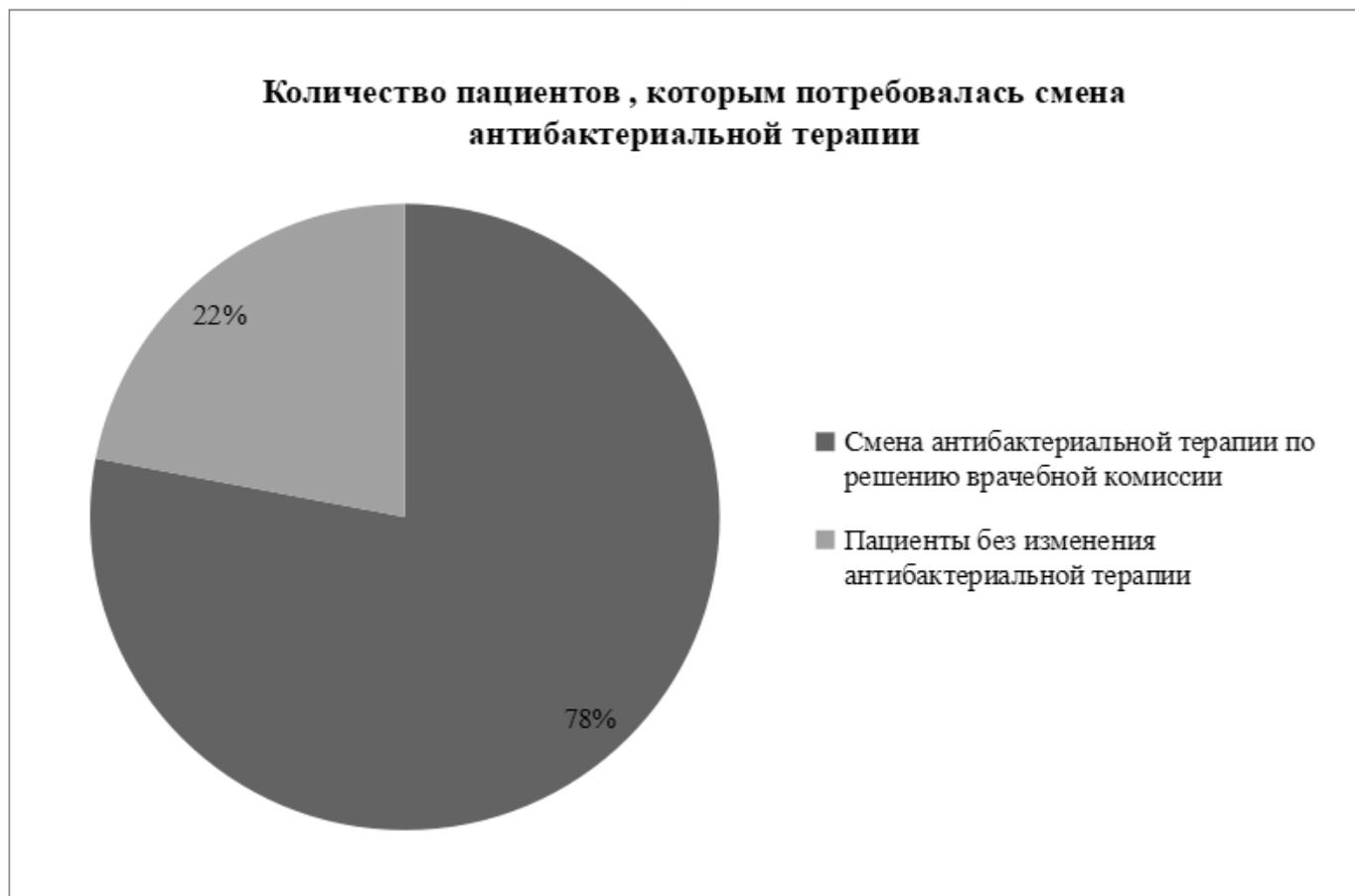


Диаграмма 2. Количество пациентов, которым потребовалась смена антибактериальной терапии.

татов. По результатам мониторинга осуществляют корректировку схем эмпирической терапии [6, с. 26]. По данным отечественных и зарубежных исследований, необоснованное назначение антибиотиков в стационарах хирургического профиля наблюдается в 30–60% случаев.

При осложнениях ИОХВ по результатам бактериологического исследования и определения чувствительности возбудителя для целесообразного применения антибиотикотерапии при отсутствии заметного клинического улучшения, рассматривают адекватность анти-микробной терапии, требующей ее коррекции [7, с. 44].

Микробиологическая лаборатория играет важную роль в обосновании этиотропной терапии инфекционных осложнений у пациентов с хирургического стационара. Микробиологическая лаборатория должна располагать современным оборудованием, квалифицированным персоналом, а также эффективной системой управления качеством. На результат антибактериальной терапии может повлиять ошибки в лаборатории [3, стр.75–76].

Цели исследования

1. Проанализировать риски инфекционных осложнений у послеоперационных больных с сосудистой патологией;
2. Оценить целесообразность применения антибактериальной терапии пациентов с сосудистой патологией хирургического стационара ГБУЗ «ККБ № 2».

Материалы и методы

Проведено ретроспективное исследование на базе ГБУЗ ПККБ № 1 г. Владивостока за период 2018 года. Методом случайной выборки проанализировано 55 медицинских карт, пациентов с подтвержденным диагнозом — атеросклероз, как основная патология, послужившая причиной госпитализации или в качестве сопутствующего заболевания. Каждый пациент был прооперирован в связи наличием сосудистой патологии. Во избежание риска инфекционных осложнений послеоперационным больным назначена антибиотикотерапия.

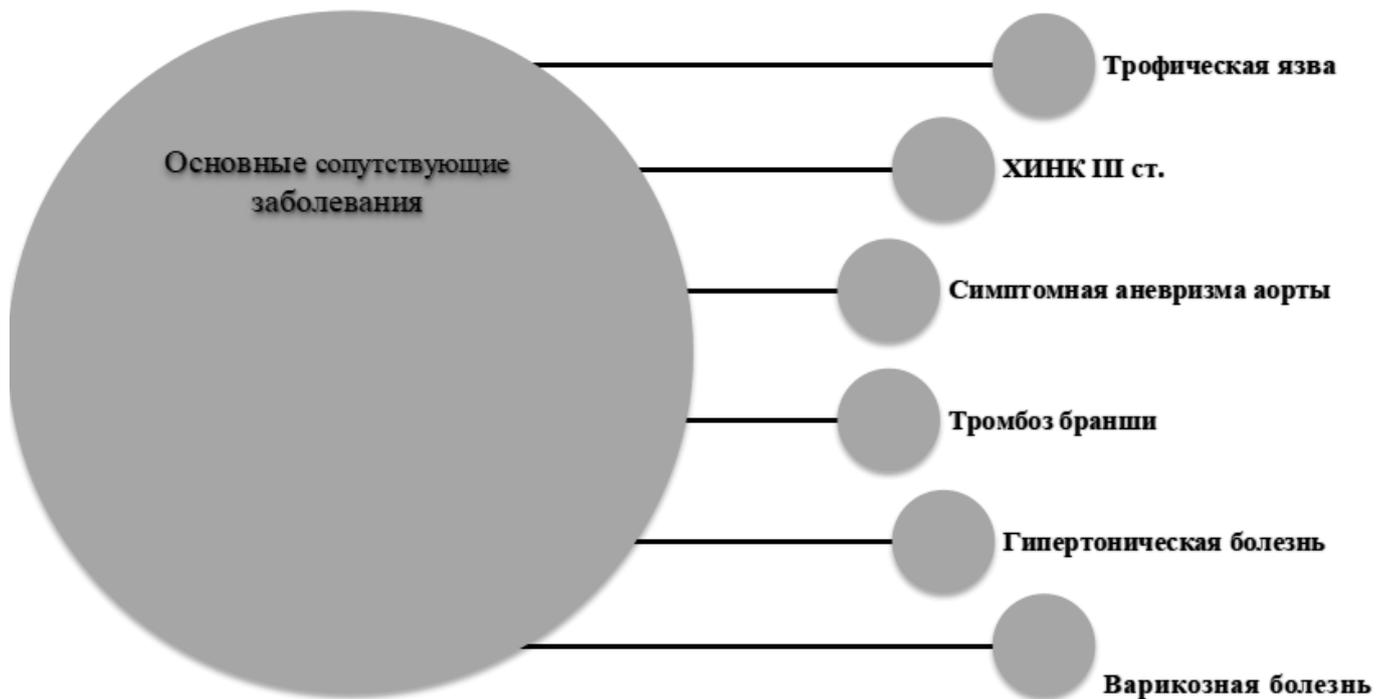


Рисунок 1. Основные сопутствующие заболевания.

Результаты

По данным исследования 37-ти пациентам (68%) был назначен Амоксициллин + Клавулановая кислота (ТН - Амоксиклав). Остальным 18 пациентам (32%) назначены другие антибактериальные препараты: Амоксициллин, Цефотаксим, Ципрофлоксацин (диаграмма № 1).

В связи с ухудшением состояния пациентов и развитием антибиотикорезистентности по результатам микробиологического исследования 43-м пациентам (78%) было принято по решению врачебной комиссии с консультацией клинического фармаколога изменить схему антибиотикотерапии и назначить антибиотик цефалоспоринового ряда Цефепим (диаграмма № 2).

Использование антибактериальных препаратов пациентам отделения сосудистой хирургии оценивались по таким критериям, как:

1. Обоснованность применения препарата (показания, противопоказания).
2. Развитие неблагоприятной побочной реакции, взаимодействие с другими лекарственными препаратами, режим дозирования, коррекция дозы при необходимости.
3. Результат лечения.

В качестве обоснования прекращения антибактериальной терапии были использованы следующие

критерии: нормализация температуры (максимальная температура менее 37,5 °С); положительная динамика основных симптомов инфекции; а так же основных лабораторных показателей (снижение лейкоцитоза, нейтрофилеза, уменьшение сдвига влево); отсутствие полиорганной недостаточности, связанной с инфекцией.

У каждого пациента помимо основного диагноза — атеросклероз, встречались такие сопутствующие заболевания, как: трофическая язва левой голени, симптомная аневризма инфраренального отдела аорты, окклюзия ПБА с обеих сторон, ХИНК III ст., гипертоническая болезнь 3 ст. АГ 2 ст. риск 3 ст., стенозы ОПА с обеих сторон, ишемия 3 ст., S-образный кингкинг обеих ВСА, СМН IIIст., варикозная болезнь нижних конечностей, критическая ишемия правой нижней конечности, ХОБЛ, синдром Лериша, тромбоз правой бранши, инфицирование протеза (рисунок № 1).

У 11-ти (18%) пациентов через месяц после приема амоксициллина/клавуланата в послеоперационном периоде наблюдалось ухудшение состояния с образованием абсцесса левого бедра. Назначена схема лечения Цефепимом (ТН - Кефсепим). У 36-ти пациентов (59%) в послеоперационном периоде на фоне лечения Амоксиклавом и Ципрофлоксацином сохранялся субфебрилитет. Консультацией клинического фармаколога рекомендовано продолжить прием Ципрофлоксацина, Амоксиклав заменить на Цефепим (ТН-Кефсепим). У 14-



Диаграмма 3. Осложнения после антибактериальной терапии.

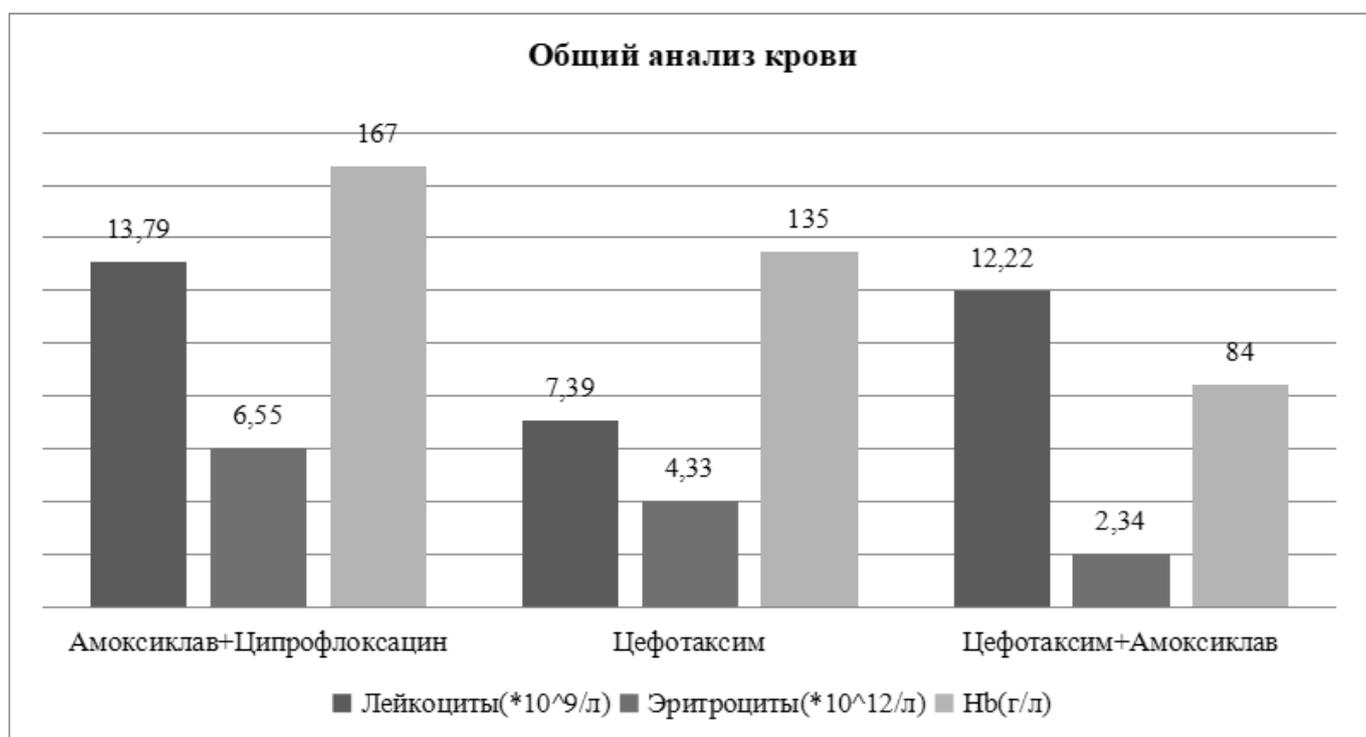


Диаграмма 4. Общий анализ крови.

ти пациентов (23%) отмечался отягощенный лекарственный анамнез, рекомендована консультация аллерголога, исключить назначение препаратов, на которые ранее возникали нежелательные побочные реакции (диаграмма № 3).

По результатам клинического анализа крови в послеоперационном периоде у 30-ти пациентов на фоне лечения Амоксиклавом и Ципрофлоксацином лабораторно наблюдалось в общем анализе крови — умеренный лейкоцитоз до $13,79 \cdot 10^9/L$, нейтрофилез, моноцитоз, эритроцитоз до $6,55 \cdot 10^{12}/L$, Hb 167 г/л. Врачебной комиссией было принято решение продолжить прием Ципрофлоксацина, заменить Амоксиклав на Цефепим (ТН-Кефсепим). У 15-ти пациентов в послеоперационном периоде на фоне лечения Цефотаксимом (ТН-Таксо-бид) лабораторно: общем анализе крови лейкоциты в норме ($7,39 \cdot 10^9/L$). Эритроциты $4,3 \cdot 10^{12}/л$ — в норме, Hb-135 г/л.

Десять пациентов в послеоперационном периоде получали лечение Цефотаксимом (ТН-Лифоран) и Амоксиклавом. Лабораторно у данных пациентов наблюдалось в общем анализе крови — умеренный лейкоцитоз ($12,2 \cdot 10^9/л$), нейтрофилез, моноцитоз, незначительное уменьшение количества эритроцитов до $2,34 \cdot 10^{12}/L$, Hb84 г/л (диаграмма № 4).

В результате обработки данных послеоперационной антибактериальной терапии пациентов отделения сосудистой хирургии ГБУЗ ПККБ № 1 г. Владивостока были получены три основных группы, получающих одну из комбинаций антибактериальной терапии: Амоксиклав+Ципрофлоксацин, Цефотаксим, Цефотаксим+Амоксиклав. Исходя из клинической картины, результатам клинического и биохимического анализа крови Цефотаксим показал наиболее успешное применение среди исследуемых пациентов с сосудистой патологией в послеоперационном периоде. У пациентов принимающих комбинацию антибактериальных препаратов

Амоксиклав + Ципрофлоксацин в общем анализе крови повышенное содержание лейкоцитов, что говорит о сохранении воспалительного процесса, также отмечался эритроцитоз с повышенным содержанием гемоглобина. У пациентов, принимающих комбинацию Цефотаксим + Амоксиклав, наоборот, отмечалась эритроцитопения со снижением показателя гемоглобина, лейкоцитоз, что также говорит о сохранении воспалительного процесса.

В заключение, можно сказать о том, что антибактериальный препарат Цефотаксим из группы цефалоспоринов оказался наиболее эффективным в антибиотикопрофилактике инфекционных послеоперационных осложнений. Применение послеоперационной антибактериальной терапии связано со снижением частоты ИОХВ, но остаются тактические ошибки в назначении антибиотиков: необоснованность назначения, неправильный выбор препарата, неадекватный режим дозирования, необоснованная или нерациональная комбинация препаратов, неправильные критерии эффекта лечения, либо необоснованная продолжительность антибактериальной терапии.

ВЫВОДЫ

При назначении пациентам хирургического профиля антибактериальных препаратов следует учитывать не только пользу, но и возможный риск, связанный с их назначением, исходящий из оценки риска возникновения ИОХВ у пациента, оценка тяжести возможных последствий возникновения ИОХВ во время лечения, а также возможные неблагоприятные последствия применения антибиотиков.

Выбор антибактериального препарата и качество проведения антибактериальных схем в большинстве хирургических стационаров остается неудовлетворительным, что в свою очередь, требует поиска путей решения проблемы и принятия соответствующих административных мер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л.И. Агеева, Г.А. Александрова, Н.М. Зайченко, Г.Н. Кириллова, С.А. Леонов, Е.В. Огрызко, И.А. Титова, Т.Л. Харьковская, В.Ж. Чумарина, Е.М. Шубочкина. Здравоохранение в России. 2017: Стат.сб./Росстат. — М., 3-46 2017. — 170 с
2. Оценка эффективности совместного применения антибиотиков при лечении экспериментальной инфекции. Сизенцов А.Н., Карпова Г.В., Володченко В.Ф., Тимофеева А.А. Современные проблемы науки и образования. — 2017. — 7 с.
3. Программа СКАТ (Стратегия Контроля Антимикробной Терапии) при оказании стационарной медицинской помощи Российские клинические рекомендации, Москва-2017.
4. Принципы периоперационной антибиотикотерапии в хирургии: учеб. пособие / Сост.: А.Г. Хасанов, М.А. Нуртдинов, И.Ф. Суфияров. — Уфа: ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, 2018. — 63 с.
5. Агинова В.В., Дмитриева Н.В., Григорьевская З.В., Петухова И.Н., Багирова Н.С., Терещенко И.В., Ключникова И.А. Рациональные подходы к терапии нозокомиальных инфекций, вызванных грамположительными микроорганизмами, у онкологических больных. Сибирский онкологический журнал. 2017; 16 (5): 12–17. — DOI: 10.21294/1814-4861-2017-16-5-12-17.2-6 с.

6. Роль микробиологического мониторинга и лекарственного анамнеза в эффективности антибиотикопрофилактики и антибиотикотерапии инфекционных осложнений после реконструктивных оперативных вмешательств. Российский научный центр хирургии им. акад. Б. В. Петровского, г. Москва, Анестезиология и реаниматология. 2015; 60(2): 20–26с.
7. Стратегия и тактика рационального применения антимикробных средств в амбулаторной практике: Евразийские клинические рекомендации / под ред. С. В. Яковлева, С. В. Сидоренко, В. В. Рафальского, Т. В. Спичак. М.: Издательство «Пре100 Принт», 2016–144 с. Издано при поддержке АО «АстелласФарма».

© Рязанова Елена Витальевна (ryazanova_14@bk.ru),

Баранова Алиса Юрьевна (alisabaranova@icloud.com), Макаренко Анна Александровна (annamakarenko99@icloud.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Тихоокеанский государственный медицинский университет

ВНЕМАТОЧНАЯ БЕРЕМЕННОСТЬ: СОВРЕМЕННЫЕ ЛЕЧЕБНО-ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ ВЕДЕНИЯ

ECTOPIC PREGNANCY: MODERN THERAPEUTIC AND DIAGNOSTIC MANAGEMENT ALGORITHMS

**O. Sutugina
L. Shubin
M. Okhapkin
O. Trokhanova
Yu. Yershova
Yu. Chizhova**

Summary. According to statistics, suspicion of ectopic pregnancy is the reason for hospitalization in gynecological departments in 6–10% of cases. Every ectopic pregnancy is a reproductive loss, which affects the overall demographic situation in the Russian Federation. The article presents the data of a retrospective analysis of 680 patients of the gynecological department of the regional perinatal center WHO were diagnosed with ectopic pregnancy from 2013 to 2019. The analysis and evaluation of the effectiveness of various management tactics of patients with ectopic pregnancy: surgically treatment (610), using methotrexate (40) and conservative-wait-and-see management tactics (30). The need to develop therapeutic and diagnostic algorithms for managing patients with ectopic pregnancy has been identified.

Keywords: ectopic pregnancy, human chorionic gonadotropin (β -HCG), methotrexate, salpingectomy, salpingotomy, milking.

Сутугина Ольга Николаевна

Ассистент, ФГБОУ ВО «Ярославский Государственный
Медицинский Университет» МЗ РФ, г. Ярославль
sutuginaolga.ru@yandex.ru

Шубин Леонид Борисович

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Ярославский
Государственный Медицинский Университет» МЗ РФ,
г. Ярославль
lbsh@yandex.ru

Охапкин Михаил Борисович

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Ярославский
Государственный Медицинский Университет» МЗ РФ,
г. Ярославль
okhapkin52@mail.ru

Троханова Ольга Валентиновна

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Ярославский
Государственный Медицинский Университет» МЗ РФ,
г. Ярославль
trokhanova@yandex.ru

Ершова Юлия Владимировна

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Ярославский
Государственный Медицинский Университет» МЗ РФ,
г. Ярославль
iershova.i70@mail.ru

Чижова Юлия Анатольевна

Ассистент, ФГБОУ ВО «Ярославский Государственный
Медицинский Университет» МЗ РФ, г. Ярославль
juliachi2009@yandex.ru

Аннотация. По данным статистики подозрение на внематочную беременность является причиной госпитализации в гинекологические отделения в 6–10% случаев. Каждая внематочная беременность-репродуктивная потеря, что отражается на общей демографической ситуации в РФ. В статье приведены данные ретроспективного анализа 680 пациенток гинекологического отделения ГБУЗ ЯО «Областной перинатальный центр», находившихся с диагнозом «внематочная беременность» с 2013 по 2019 гг. Проведён анализ и оценка эффективности различных тактик ведения пациенток с внематочной беременностью: пролеченных оперативным путем(610), с помощью метотрексата(40) и консервативно-выжидательной тактики ведения(30). Определена потребность в разработке лечебно-диагностических алгоритмов ведения пациенток с внематочной беременностью.

Ключевые слова: внематочная беременность, хорионический гонадотропин человеческий(β -ХГЧ), метотрексат, сальпингоэктомия, сальпинготомия, милкинг.

Актуальность

Внематочная беременность во всем мире является одной из серьезных проблем гинекологии. Из всех выявляемых беременностей от 2 до 4% является эктопическими. При этом, практически каждая 4-я внематочная беременность — повторная. По данным Национального руководящего Альянса (NGA, Великобритания) показатель внематочной беременности составляет 11 на 1000 беременностей, при этом материнская смертность составляет 0,2 на 1000 предполагаемых внематочных беременностей [5]. По данным Karen W. Hoover частота внематочной беременности увеличивается с возрастом — она составила 0,3% среди девушек и женщин в возрасте 15–19 лет и 1,0% среди женщин в возрасте 35–44 лет [6]. По частоте встречаемости вариантов эктопической беременности превалирует трубная беременность, и составляет 98–99% всех эктопических беременностей. Из них от 60 до 95,3% составляет ампулярная форма локализации, истмическая — около 15,3%, интерстициальная — от 1 до 3%. [1]. В России ведение пациенток с внематочной беременностью осуществляется на основании Протокола МЗ РФ (Клинические рекомендации) «Внематочная беременность», 2017г [2]. Согласно протоколу, используются оперативные и консервативные методы ведения внематочной беременности, но по-прежнему, основным методом лечения остаются оперативные вмешательства. Однако, увеличивается доля консервативного ведения внематочной беременности, снижается оперативная активность и увеличивается использование медикаментозного метода лечения метотрексатом, а также, выжидательной тактики ведения. Так, Kurt T. Barnhart считает, что большинство случаев трубной внематочной беременности, выявленных на ранних сроках, подлежат с большой долей успешности либо малоинвазивной хирургии, либо медикаментозному лечению с использованием метотрексата [4]. Многие авторы отмечают, что от 25 до 30% всех внематочных беременностей спонтанно разрешаются без какого-либо вмешательства [3]. При этом, метотрексат не снижает фертильность женщины и приводит к последующей успешной беременности примерно у 58–61% пациенток [8]. Консервативное ведение эктопической беременности по согласно данным ряда авторов, оправдывает себя не только с позиции сохранения репродуктивной функции, но и с позиции экономической эффективности [7]. Поэтому разработка алгоритма выбора тактики ведения пациенток с внематочной беременностью является актуальной для акушерства и гинекологии, а также для репродуктологии с позиции современной демографической ситуации.

Цель

Цель исследования: оценить степень необходимости в регламентации и автоматизации методик выбора способа ведения пациенток с внематочной беременностью.

Задачи

Задачи исследования:

1. Провести анализ структуры пациенток с внематочной беременностью, пролеченных в ГБУЗ ЯО «Областной перинатальный центр» за период с 2013 по 2019 год по данным архивного материала историй болезни.
2. Оценить особенности различных методов ведения внематочной беременности.
3. Сравнить результаты оказания медицинской помощи при различных вариантах ведения внематочной беременности.
4. Оценить целесообразность использования различных методов ведения внематочной беременности с учетом их эффективности.

Материалы и методы

Материалом для нашего исследования послужили данные историй болезни 680 пациенток с диагнозом «внематочная беременность» в возрасте от 19 до 44 лет, находящихся на стационарном обследовании и лечении в гинекологическом отделении за период с 2013–2019 гг. ГБУЗ ЯО «Областной перинатальный центр». Обследование пациенток включало стандартный комплекс клинко-диагностических мероприятий, включая трансвагинальное сканирование органов малого таза, исследование сыворотки крови на β -ХГЧ, диагностическая лапароскопия, лапаротомия.

Из 680 пациенток 610 были прооперированы, 595 лапароскопическим доступом, только 15 подверглись лапаротомии, 40 пациенток получили консервативное лечение метотрексатом, 30 пациенток проведены консервативно-выжидательно без оперативного вмешательства и лекарственной терапии.

В качестве оперативного лечения использовались следующие методики: сальпинготомия, сальпингоэктомия, милкинг лапароскопическим доступом; сальпингоэктомия лапаротомным доступом. В нашем исследовании выполнялась традиционная в техническом плане лапароскопия как с целью подтверждения диагноза, так и непосредственно в качестве хирургического метода лечения. Показаниями к лапаротомии при эктопической беременности явился геморрагический шок у больной и/или спаечный процесс в брюшной полости IV степени. В нашем исследовании пациенток, подвергшихся лапаротомии, было 15.

В 40 случаях внематочной беременности мы использовали медикаментозный метод лечения-монотерапию метотрексатом [4, 6]. Метотрексат является антагонистом фолиевой кислоты, нарушающим синтез ДНК, и от-

Таблица 1. Методы ведения внематочной беременности

Метод ведения ВБ	N	%
Всего больных с ВБ	680	100%
Метотрексат	40	5,9%
Выжидательная тактика	30	4,4%
Оперативное лечение	610	89,7%
Лапароскопия	595	87,5% (97,5%)
Лапаротомия	15	2,2% (2,5%)

Таблица 2. Анамнестические особенности пациенток

	Оперативное лечение N=610	Метотрексат N=40	Выжидательная тактика N=30
Возраст	30,5	31,3	30,7
ИППП	46 (7,5%)	2 (5%)	1 (3,3%)
ВЗОМТ	230 (37,7%)	4 (10%)	7 (23,3%)
Спаечный процесс	366 (60%)	12 (30%)	1 (3,3%)
Соматические заболевания	90 (14,8%)	2 (5%)	4 (13,3%)

Таблица 3. Данные специального анамнеза

0		Оперативное лечение N=610			Метотрексат N=40			Выжидательная тактика N=30		
		1	2	0	1	2	0	1	2	0
Беременность	n	120	113	160	6	6	12	0	2	6
	%	19,7	18,5	26,0	15,0	15,0	30,0		6,7	20,0
Роды	n	2	264	244	0	22	13	2	11	10
	%	0,3	43,3	40,0		55	32,5	6,67	36,7	33,3
Аборты	n	26	329	151	1	29	8	2	16	9
	%	4,30	53,00	25,00	2,50	72,50	20,00	6,67	53,30	30,00
Выкидыш	n	3	530	56	0	34	5	0	20	5
	%	0,5	87,0	9,2		85,0	12,5		66,7	16,7
Внематочная беременность	n	443	-	-	25	-	-	25	-	-
	%	72,6			62,5			83,3		

носится к группе антиметаболитов, оказывающим противоопухолевое и цитостатическое воздействие. В нашем исследовании использовалась схема внутривенного введения одной дозы метотрексата. Контроль эффективности лечения метотрексатом проводился определением уровня β -ХГЧ на 4 и 7 день лечения и трансвагинального ультразвукового сканирования.

В 30 случаях эктопической беременности мы применили консервативно-выжидательную тактику ведения. Пациентки, у которых отсутствовали признаки прогрессирующей и прервавшейся эктопической беременности, с уровнем β -ХГЧ менее 200МЕ/л находились под наблюдением без медикаментозного лечения и оперативных вмешательств.

Результаты

Из всех пациенток с эктопической беременностью 27,5% (187) — это пациентки, имеющие в анамнезе внематочную беременность. В 5-и случаях были диагностированы редкие формы внематочной беременности: яичниковая и брюшная, в остальных 675 случаях — была трубная беременность. Следует отметить, что во всех 3-х группах не было существенного различия по возрасту и данным анамнеза, в том числе специального.

Время на постановку диагноза в группе оперативно-го лечения составило 2,2, в группе лечения метотрексатом — 2,6, в группе консервативно — выжидательной тактики ведения — 2,1 дня. Койко-дни пребывания в ста-

Таблица 4. Средние сроки оказания специализированного пособия

	Оперативное лечение	Метотрексат	Выжидательная тактика
Время на постановку диагноза (дни)	2,2	2,6	2,1
Койко-дни пребывания в стационаре	4,4	9,5	5,7

ционаре в группе оперативных пособий составляет 4,4 дня; в группе лечения метотрексатом 9,5, в группе консервативно-выжидательной тактики — 5,7. Увеличение пребывания на койке пациенток в группе метотрексата обусловлено минимальным ожиданием контрольного анализа крови на β -ХГЧ в течении 7 дней.

Оперативное лечение по-прежнему остается самым распространенным видом лечения внематочной беременности и составило в нашем исследовании 89,7% (610 из 680). Лапароскопия составила 97,5% (595), лапаротомия 2,5% (15). К сожалению, большая часть операций — это сальпингоэктомия — 61,5% (368). Сальпинготомия занимает второе место — 24,4% (145). Милкинг составил 13,8% (82). Таким образом, доля консервативных вмешательств на маточных трубах при внематочной беременности — 38,2% (227), радикальных — 61,8% (368).

В 2-х случаях ввиду выраженного спаечного процесса, лапароскопия перешла в лапаротомию. Из значимых осложнений можно считать персистенцию хориона при органосохраняющей операции на маточной трубе у 1 пациентки, которая была пролечена метотрексатом.

Метотрексат использовался в лечении внематочной беременности у 40 пациенток, что составило 5,9%. Уровень показателя β -ХГЧ до назначения Метотрексата колебался от 200 МЕ\л до 1400МЕ\л (ДИ 386–581, среднее значение — 484). Из 40 человек 31 (77,5%) пациентка получила однократное введение метотрексата. 8 (20%) пациенток подверглись повторной инфузии метотрексата ввиду отсутствия эффективности одной дозы по результатам исследования сыворотки крови на β -ХГЧ на 7 день после 1-й дозы. 1 (2,5%) пациентка ввиду неэффективности лечения после 2-й дозы метотрексата и отказа от оперативного лечения подверглась введению 3-ей дозы препарата — с эффектом. Минимальная доза метотрексата составила 50мг, максимальная — 100мг, средняя — 77,6мг. Из 40 пациенток, получивших лечение метотрексатом, 2 подверглись оперативным вмешательствам ввиду стойкого болевого синдрома и симптомов острого живота. Каких-либо значимых побочных реакций на метотрексат не отмечалось. При этом уровень β -ХГЧ после введения оценивался на 4 и 7 день после введения метотрексата. На 7 день уровень β -ХГЧ колебался от 10 до 920 МЕ\л (ДИ 146–275, среднее значение-211). Если на 7 день отмечалось

снижение уровня β -ХГЧ на 15% и больше от исходного, то пациентки выписывались на амбулаторный этап наблюдения.

Выжидательная тактика ведения пациенток с эктопической беременностью составила 4,4% (30). К выжидательной тактике мы прибегали при уровне β -ХГЧ менее 200 МЕ\л, отсутствии кардиальной активности эмбриона, выраженного болевого синдрома и признаков прерывания эктопической беременности. Уровень β -ХГЧ колебался от 16 до 200 МЕ\л (ДИ 80–124, среднее значение 37). Всем этим пациенткам оперативные вмешательства и медикаментозное лечение метотрексатом не проводились, они были выписаны из стационара с дальнейшим контролем уровня β -ХГЧ амбулаторно каждые 7 дней до падения его, соответствующих отсутствию беременности или менее 15 МЕ\л.

При выборе между неоперативными методами ведения внематочной беременности в пользу выжидательной тактики, мы руководствовались в первую очередь данными анализа крови на β -ХГЧ (показатель ниже 200 МЕ\л) и динамикой его снижения, отсутствием признаков прогрессирующей и прервавшейся внематочной беременности. При анализе статистических данных нами выявлена статистически достоверная разница между средними показателями β -ХГЧ сыворотки крови при поступлении у пациенток в группе метотрексата и выжидательной тактики: 484 и 102 МЕ\л соответственно. Перед выпиской также определена достоверная разница в показателях β -ХГЧ: 211 МЕ\л в группе метотрексата и 37 МЕ\л в группе выжидательной тактики ведения.

Эффективность методов ведения пациенток с внематочной беременностью, нами оценивалась, исходя из времени на постановку диагноза, отсутствия осложнений во время операции, в раннем и позднем операционном периоде или после применения метотрексата, кратности его использования, количества проведенных койко-дней, выписки в удовлетворительном состоянии. Критерии эффективности различных методов ведения представлены в таблицах.

Все пациентки с внематочной беременностью, независимо от метода ведения были выписаны из стационара в удовлетворительном состоянии. Достоверной разницы во времени на постановку диагноза между всеми

Таблица 5. Критерии эффективности оперативных методов лечения

	Лапароскопия, сальпингоэктомия	Лапароскопия, сальпинготомия, милкинг	Лапаротомия, сальпингоэктомия
Критерии эффективности	Отсутствие осложнений во время операции, в раннем и позднем послеоперационном периоде	Отсутствие перехода на сальпингоэктомию во время операции, в раннем и позднем послеоперационном периоде	Отсутствие осложнений во время операции, в раннем и позднем послеоперационном периоде
	Выписка в удовлетворительном состоянии	Снижение β -ХГЧ на 50% и более ч/з 48ч. Отсутствие признаков персистенции хориона и прогрессирования внематочной беременности	Выписка в удовлетворительном состоянии с заживлением раны первичным натяжением

Таблица 6. Критерии эффективности консервативных методов ведения

	Лечение метотрексатом	Консервативно-выжидательная тактика
Критерии эффективности	Снижение β -ХГЧ на 7 день после введения метотрексата на 15% и более Отсутствие оперативного вмешательства на маточной трубе после введения метотрексата Прогрессивное снижение β -ХГЧ до 15МЕ/л или его исчезновение на амбулаторном этапе	Снижение β -ХГЧ каждые 48–72 ч. на 50% и более Прогрессивное снижение уровня β -ХГЧ до двух отрицательных значений (менее 5МЕ/л), соответствующих отсутствию беременности

группами не было. Из осложнений в группе оперативного лечения в 2-х случаях ввиду выраженного спаечного процесса брюшной полости был переход с лапароскопии на лапаротомию и 1 случай персистенции хориона, который благополучно завершился после введения 1-й дозы метотрексата.

К осложнениям в группе лечения метотрексатом мы отнесли 8 случаев 2-х кратной и 1 случай 3-х кратной инфузии препарата ввиду неэффективности одной дозы. В остальном, каких-либо существенных побочных эффектов и осложнений от введения метотрексата не выявлено.

В группе консервативно-выжидательной тактики ведения внематочной беременности каких-либо осложнений не выявлено.

Значительная разница в длительности пребывания в стационаре выявлена в связи с тем, что в группе лечения метотрексатом контрольное исследование сыворотки крови на β -ХГЧ проводилось на 7 день после инфузии

и поэтому, средний койко-день составил 9,5 (в группе оперативного лечения и консервативно-выжидательной тактики — 4,4 и 5,6 соответственно).

Если оценивать эффективность различных методов с позиции сохранения репродуктивной функции и рисков, связанных с анестезиологическим пособием, то неоперативные методы имеют явные преимущества.

ВЫВОДЫ

1. Значимых отличий в структуре пациенток с различными методами ведения внематочной беременности не выявлено
2. Каждый вид лечения эктопической беременности имеет свои условия для применения. При использовании консервативных методов ведения не исключается оперативное вмешательство и наоборот.
3. Оперативные вмешательства, к сожалению, занимают лидирующие позиции среди методов лечения внематочной беременности. Метотрексат

в нашем исследовании показал высокую эффективность и отсутствие значимых побочных эффектов в лечении эктопической беременности. Консервативно-выжидательная тактика ведения эктопической беременности позволяет уйти от использования оперативных и медикаментозных методов лечения.

4. С учетом одинаково высокой эффективности оперативных и консервативных методов ведения внематочной беременности, есть потребность в создании алгоритма выбора тактики ведения, что обеспечит снижению временных затрат на постановку диагноза, а также, оптимизирует выбор адекватного лечения пациенток с эктопи-

ческой беременностью и позволит шире использовать консервативные методы ведения.

Заключение

Поиск новых путей по уменьшению времени от постановки диагноза и начала лечения при внематочной беременности ведется во всем мировом сообществе акушеров-гинекологов. Создание алгоритма выбора тактики ведения пациенток с внематочной беременностью, позволяющего максимально быстро поставить диагноз и начать лечение, что позволит уменьшить количество радикальных и консервативных операций на маточных трубах и сохранить репродуктивную функцию женщины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баисова, Б. И. Гинекология / Б. И. Баисова, Д. А. Бижанова, Л. Н. Богинская, и др. // Учебник для студентов медицинских вузов, ординаторов, аспирантов / Под редакцией Г. М. Савельевой. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. — 480 с.
2. Внематочная (эктопическая) беременность. Клинические рекомендации (протокол лечения): приказ МЗ РФ 15–4/10/2–729 от 06.02.2017 / Л. В. Адамян, Н. В. Артымук, Т. Е. Белокрицкая и др. — М., 2017. — 35 с.
3. Охупкин, М. Б. Внематочная беременность / М. Б. Охупкин, М. В. Хитров // АГ-инфо (журнал российской ассоциации акушеров-гинекологов). — 2008 — № 3. — С. 7–14.
4. Barnhart, Kurt T. Acog practice bulletin No 191: Tubal Ectopic pregnancy / Kurt T. Barnhart, Jason M. Franasiak // *Obstet Gynecol.* — 2018. — Vol 131, № 2 — P. 65–77. doi: 10.1097/AOG.0000000000002464.
5. Ectopic pregnancy and miscarriage: diagnosis and initial management // NICE guideline (NG 126). — 2019. — p. 33. e.;-www.nice.org.uk/guidance/ng126.
6. Hoover, K. W. Trends in the Diagnosis and Treatment of Ectopic Pregnancy in the United States / Hoover K. W., Tao G., Kent C. K. // *Obstet Gynecol.* — 2010. — Vol 115, № 3 — P. 495–502.
7. Lesavre, M. Treatment of tubal ectopic pregnancy by methotrexate / Lesavre M, Curinier S, Capmas P et all // *J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris).* — 2015. — Vol 44, № 3 — P. 212–219. doi: 10.1016/j.jgyn.2014.12.013.
8. Ramakrishnan, K. Ectopic pregnancy: Expectant management or immediate surgery? / Ramakrishnan K, Dewey C. Scheid // *J Fam Pract.* — 2006. — Vol 55, № 6 — P. 517–522.

© Сутугина Ольга Николаевна (sutuginaolga.ru@yandex.ru), Шубин Леонид Борисович (lbsh@yandex.ru),
 Охупкин Михаил Борисович (okhupkin52@mail.ru), Троханова Ольга Валентиновна (trokhanova@yandex.ru),
 Ершова Юлия Владимировна (iershova.i70@mail.ru), Чижова Юлия Анатольевна (juliachi2009@yandex.ru).
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОМАТОТРОПНАЯ ФУНКЦИЯ ГИПОФИЗА У БОЛЬНЫХ ОСТЕОАРТРИТОМ

SOMATOTROPIC FUNCTION OF THE PITUITARY GLAND IN PATIENTS WITH OSTEOARTHRITIS

**I. Totrov
S. Ambalova
I. Antoniadi
A. Kupceva
Z. Albegova**

Summary. The problem of osteoarthritis (OA) remains relevant today, it is a chronic disease with primary cartilage damage, subsequent proliferation of bone tissue, leading to joint deformities and impaired function.

The content of STH (ng/ml) in the blood serum of 45 patients with OA and 20 individuals of the control group was studied.

In the examined OA patients, there was a violation of the somatotrophic function of the pituitary gland, which was manifested by an increase in the content of STH in the blood serum at the early stages of the disease with a duration of up to 5 years and functional insufficiency of the joints of the I–II degree. In the future, there is a tendency to decrease the level of the hormone in the blood serum, which causes the severity of the process.

Keywords: osteoarthritis, somatotrophic hormone, pituitary, blood serum.

Тотров Игорь Николаевич

Д.м.н., доцент, Северо-Осетинская государственная медицинская академия Минздрава России; Институт биомедицинских исследований Владикавказского научного центра РАН
igor.totrov@yandex.ru

Амбалова Сима Асланбековна

Д.м.н., профессор, Северо-Осетинская государственная медицинская академия Минздрава России; н.с., Институт биомедицинских исследований Владикавказского научного центра РАН
ambalova1947@mail.ru

Антониади Илона Владимировна

К.м.н., доцент, Северо-Осетинская государственная медицинская академия Минздрава России
ilona-antoniadi@yandex.ru

Купеева Алина Муратбековна

М.н.с., Институт биомедицинских исследований Владикавказского научного центра РАН
kupceva-alina1@mail.ru

Албегова Зарина Ахсарбековна

М.н.с., Институт биомедицинских исследований Владикавказского научного центра РАН
albegova.81@mail.ru

Аннотация. Проблема остеоартрита (ОА) сохраняет актуальность и в наши дни, это хроническое заболевание с первичным поражением хряща, последующей пролиферацией костной ткани, приводящей к деформации суставов и нарушению их функции.

Изучено содержание СТГ (нг/мл) в сыворотке крови у 45 больных ОА и 20 лиц контрольной группы.

У обследованных больных ОА наблюдали нарушение соматотропной функции гипофиза, что проявлялось повышением содержания СТГ в сыворотке крови на ранних стадиях заболевания с длительностью до 5 лет и функциональной недостаточностью суставов I–II степени. В дальнейшем наблюдается тенденция к снижению уровня гормона в сыворотке крови, что обуславливает тяжесть процесса.

Ключевые слова: остеоартрит, соматотропный гормон, гипофиз, сыворотка крови.

Остеоартрит (остеоартроз) (ОА) считают хроническим заболеванием суставов с первичным поражением хряща и последующей пролиферацией костной ткани, в развитии которого определенная роль отводится соматотропному гормону (СТГ). Известно, что

соматотропный гормон играет важную роль в сфере всех обменных процессов в организме, обладает мощным анаболическим действием, влияет на рост органов и тканей путем стимуляции клеточного деления и торможения распада белка [1;2].

Таблица 1. Содержание СТГ (нг/мл) в сыворотке крови у мужчин, больных ОА, в зависимости от стадии, длительности заболевания и ФНС (М+III).

Группа обследованных	СТГ	Число обследованных	P
Больные ОА Стадия артроза			
I	0,35 + 0,14	9	> 0,1
II	0,83 + 0,49	15	> 0,1
Длительность заболевания:			
До 5 лет	0,7 + 0,4	17	> 0,1
6–10 лет	0,5 + 0,30	4	> 0,1
более 10 лет	0,19+0,07	3	> 0,1
Функциональная недостаточность суставов:			
I	0,99 + 0,27	9	< 0,05
II	0,38 + 0,12	9	> 0,1
III	0,27 + 0,015	6	> 0,1
Контрольная группа	0,38 + 0,1	5	> 0,1

P — в сравнении с данными у лиц контрольной группы.

Таблица 2. Содержание СТГ (нг/мл) в сыворотке крови у женщин, больных ОА, в зависимости от стадии, длительности заболевания и ФНС (М+т).

Группа обследованных	СТГ	Число обследованных	P
Больные ОА Стадии артроза			
I	1,83 + 0,03	6	< 0,05
II	4,85 + 0,8	11	< 0,05
III	1,26 + 0,69	4	> 0,1
Длительность заболевания:			
До 5 лет	2,98 + 0,24	12	< 0,001
6–10 лет	0,47 + 0,02	5	> 0,1
Более 10 лет	0,42 + 0,1	4	> 0,1
Функциональная недостаточность суставов:			
I степень	3,6 + 0,8	7	< 0,02
II степень	3,8 + 0,8	11	< 0,02
III степень	0,5 + 0,1	3	> 0,1
Контрольная группа	1,09 + 0,36	15	-

P — достоверность различий между здоровыми и больными.

Длительное воздействие гормона роста обуславливает пролиферацию хрящевых клеточных элементов.

Отмечено, что при лечении гормоном роста взрослых с недостаточностью СТГ увеличивается минеральная плотность костей, что сопровождается возрастанием в крови остеокальцина. СТГ стимулирует хондро- и остеогенез, стимулирует рост грануляционной ткани. Выявлено, что СТГ причастен к половой дифференциации метаболизма стероидов в печени. Ряд авторов считает, что на продукцию СТГ гипофизом существенное влияние оказывают эстрогены [3].

Изучению соматотропной функции гипофиза у больных ОА посвящено немного работ и в большей степени они носят экспериментальный характер. А. А. Матулисом и соавторами (1980) проведены вначале экспериментальные исследования на животных с применением СТГ, которые подтвердили хондропротективное действие гормона. Позднее СТГ был включен в комплексное лечение больных ОА, женщин пожилого возраста. В результате проведенных исследований отмечено исчезновение ограниченной подвижности суставов, более выраженная у больных на ранней стадии заболевания. Авторами не установлена существенная разница в содержании СТГ в плазме крови больных ОА как до, так и после ле-

чения, по сравнению с данными практически здоровых людей. Результаты исследования позволили авторам заключить, что включение СТГ в комплексную терапию больных ОА значительно не меняет уровень гормона в плазме крови, оказывая при этом благоприятное действие на состояние больных [2;3].

По мнению других авторов, изучение уровня СТГ у женщин, в возрастной группе 30–50 лет, позволило выявить повышение соматотропной функции гипофиза.

Вероятно, противоречивые результаты, полученные авторами при исследовании уровня СТГ у женщин, больных ОА, были обусловлены неоднородностью наблюдаемых групп.

Таким образом, данные литературы указывают на участие соматотропного гормона в пролиферативных процессах хряща при ОА, что побуждает к более детальному исследованию уровня его в сыворотке крови у больных остеоартритом.

Цель исследования

Изучить соматотропную функцию гипофиза у больных остеоартритом.

Материал и методы

Концентрация соматотропного гормона (СТГ) изучена у 45 больных ОА (мужчин — 24, женщин — 21) в возрасте от 40 до 65 лет и 20 лиц контрольной группы соответствующего пола и возраста.

Полиостеоартроз диагностирован у 25 (55,6%) больных, гонартроз — у 13 (28,8%), артроз дистальных межфланговых суставов (“геберденовские узлы”) — у 4 (8,9%) и у 3 (6,7%) больных наблюдался коксартроз.

При рентгенологическом исследовании I стадии артроза установлена у 15 (33,3%) больных, II стадия — у 26

(57,8%), III — у 4 (8,9%) из 45 больных ОА с длительностью заболевания до 5 и более лет.

ФНС I степени выявлена у 16 (35,5%), II степени — у 20 (44,5%) и III — у 9 (20%) больных ОА (таблица 1).

Как видно из таблицы 1, у мужчин, больных ОА, содержание СТГ в сыворотке крови имело лишь тенденцию к повышению при II стадии артроза и длительности заболевания до 10 лет.

У обследованных больных ОА с I степенью функциональной недостаточности суставов имело место достоверное повышение СТГ в сыворотке крови ($P < 0,05$).

При длительности заболевания более 10 лет и ФНС III степени данные имели тенденцию к снижению.

Более значимые результаты получены у женщин, больных ОА (таблица 2).

Выявлено повышение уровня СТГ в сыворотке крови у больных ОА I и II стадией артроза ($P < 0,05$; $P < 0,05$). Достоверное повышение гормона отмечено у больных с длительностью заболевания до 5 лет и ФНС I и II степеней (таблица 2). У больных же с III стадией артроза, длительностью заболевания более 10 лет, ФНС III степени отмечается лишь тенденция к снижению концентрации СТГ в сыворотке крови.

Таким образом, у обследованных больных ОА, как у мужчин, так и у женщин, наблюдали нарушение соматотропной функции гипофиза, что проявлялось повышением содержания СТГ в сыворотке крови на ранних стадиях заболевания с длительностью до 5 лет и функциональной недостаточностью суставов I–II степени.

В дальнейшем наблюдается тенденция к снижению уровня гормона в сыворотке крови, что обуславливает тяжесть процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дашина Т.А., Деревнина Н. А., Бобкова А. С. и др. Динамика взаимосвязей показателей иммунного и гормонального статусов и эффективности оптимизации восстановительного лечения больных остеоартрозом в результате локальной терапии аппликациями эфирных масел. Вестник новых медицинских технологий (электронный журнал) — 2015 — № 1.
2. Насонов Е. Л. Ревматология: национальное руководство/ под ред. Е. Л. Насонова, В. А. Насоновой. — М.: Гэотар-Медиа, 2008. — 720 с.
3. Паневин Т.С., Алексеева Л. И., Мельниченко Г. А. Ревматические проявления акромегалии // Остеопороз и остеопатии. — 2019. — Т. 22. — № 2. — С. 14–22.

© Тотров Игорь Николаевич (igor.totrov@yandex.ru), Амбалова Сима Асланбековна (ambalova1947@mail.ru),
 Антониади Илона Владимировна (ilona-antoniadi@yandex.ru), Купеева Алина Муратбековна (kupееva-alina1@mail.ru),
 Албегова Зарина Ахсарбековна (albegova.81@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОЦЕНКА ГИНЕКОЛОГИЧЕСКОГО И ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА ПАЦИЕНТОК ПОСЛЕ САМОПРОИЗВОЛЬНОГО АБОРТА В I ТРИМЕСТРЕ

ASSESSMENT OF THE GYNECOLOGICAL AND PSYCHOLOGICAL STATUS OF THE PATIENTS AFTER SPONTANEOUS ABORTION IN THE FIRST TRIMESTER

**M. Umakhanova
G. Filippova
M. Tsidaeva
Z. Tagirova**

Summary. This study deals with gynecological and psychological status of patients with spontaneous abortion in the first trimester. According to the results of our study, the most important factors in early termination of pregnancy are: age up to 25 years, smoking, early onset of sexual activity, menstrual disorders, inflammatory diseases of the uterus and appendages, bacterial and viral associations, ovarian dysfunction or endometritis in history, repeated abortions, aggravated somatic history (hypertension, iron deficiency anemia, diseases of the thyroid gland), violation of the ontogenesis of the maternal sphere. Psychological studies have shown that patients with miscarriage often have conflicting relationships with their mother, they are also characterized by an intrapersonal conflict, deep internal dissatisfaction, manifested in inadequate self-esteem, bearing the character of psychological protection, full of conflict and anxious self-presentation as a mother. In this regard, it requires not only medical but also psychological assistance, which is aimed at psychological correction and psychotherapy of the sources of internal conflict in the maternal sphere, which is the cause of the formation of a destructive image of motherhood. The negative experience of a failed pregnancy greatly increases the level of anxiety and has a negative effect on the course of subsequent pregnancies, which can lead to repeated episodes of spontaneous termination.

Keywords: miscarriage, spontaneous abortion, maternal ontogenesis, perinatal psychology.

Умаханова Мадина Мусаевна

*Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Московский
государственный медико-стоматологический
университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России
tadinasol@yandex.ru*

Филиппова Галина Григорьевна

*Д.п.н., профессор, ЧУ ДПО «Институт
перинатальной и репродуктивной психологии», Москва
filippova_galina@mail.ru*

Цидаева Мадина Махарбековна

*Соискатель, ФГБОУ ВО «Московский
государственный медико-стоматологический
университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России
kulova-88@mail.ru*

Тагирова Зарина Максимовна

*Соискатель, ФГБОУ ВО «Московский
государственный медико-стоматологический
университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России
Kulova-88@mail.ru*

Аннотация. В данном исследовании изучен гинекологический и психологический статус пациенток с самопроизвольным абортom в I триместре. По результатам нашего исследования наиболее важными факторами прерывания беременности в ранние сроки являются: возраст от 20 до 25 лет, курение, раннее начало половой жизни, нарушения менструального цикла, воспалительные заболевания матки и придатков, наличие ИПП, дисфункция яичников, повторные аборты,отягощенный соматический анамнез (гипертоническая болезнь, железодефицитная анемия, заболевания щитовидной железы), нарушения в процессе онтогенеза материнской сферы. Психологические исследования показали, что у пациенток с невынашиванием беременности присутствуют выраженные конфликтные отношения с матерью, также для них характерно наличие внутриличностного конфликта, глубокой внутренней неудовлетворенности, проявляющейся в неадекватной самооценке, носящей характер психологической защиты, конфликтном и тревожном образе себя как матери. В связи с этим, требуется не только медицинская, но и психологическая помощь, которая направлена на психологическую коррекцию и психотерапию источников внутреннего конфликта в материнской сфере, являющегося причиной формирования деструктивного образа материнства у женщин. Негативный опыт неудавшейся беременности сильно повышает уровень тревожности и оказывает отрицательное влияние на течение последующих беременностей, что может привести к повторным эпизодам самопроизвольного прерывания.

Ключевые слова: невынашивание беременности, самопроизвольный аборт, онтогенез материнской сферы, перинатальная психология.

Актуальность

Самопроизвольный выкидыш — самое частое осложнение беременности [1]. Частота самопроизвольного прерывания беременности в России достаточно высока — от 15 до 25% всех зарегистрированных беременностей. При этом 5–20% выкидышей приходится на долю привычного невынашивания беременности (НБ), а 80% беременностей прерывается до 12 недель [3, 9].

Современные технологические подходы к безопасному материнству предусматривают комплексный подход к ведению беременности, оптимальному родоразрешению, раннему выявлению и своевременной коррекции акушерско-гинекологической и экстрагенитальной патологии [4]. Несмотря на имеющиеся методологические возможности коррекции осложнений гестационного процесса, экстрагенитальные заболевания продолжают оставаться существенным фактором, дестабилизирующим состояние здоровья матери и плода [6].

Проблема невынашивания имеет не только гинекологический аспект, но и психологический. Среди психологических факторов, играющих роль в НБ, наиболее часто указываются личностные особенности женщин, нарушение материнско-детских отношений, неадекватные механизмы реакции на стресс [11, 13].

Нарушения репродуктивного здоровья следует рассматривать как системный процесс, имеющие искажения не только физиологической, но и психологической составляющей, которое является проявлением конфликта видовых и индивидуальных потребностей и выражается в психологической неготовности к материнству [10]. В исследованиях психологических особенностей женщин с нарушениями течения беременности, а также женщин, страдающих бесплодием и невынашиванием беременности, показано, что эти женщины характеризуются личностной незрелостью, имеют нарушения полоролевой идентификации, для них характерны дезадаптивные формы переживания стрессовых ситуаций в форме соматизации [11]. Комплексный подход к изучению различных медико-социальных вопросов пренатальной диагностики может способствовать разработке конкретных методов профилактики патологических состояний, нарушающих нормальное течение беременности [5].

Очень важно осознавать, что каждая прервавшаяся беременность наносит женщине не только психологическую травму, но и отрицательно сказывается на состоянии репродуктивной системы в целом за счет последствий самого прерывания беременности, а также выполнения инвазивных процедур [9]. Во время последующей наступившей беременности, а также в родах возрастает число осложнений [12].

Цель исследования

Изучить гинекологический и психологический статус пациенток после самопроизвольного прерывания беременности в I триместре.

Материалы и методы исследования

С информированного согласия пациенток и разрешения этического комитета, кафедрой акушерства и гинекологии стоматологического факультета МГМСУ было организовано междисциплинарное исследование с целью изучения различных медицинских и психологических аспектов НБ в I триместре.

Проспективное исследование проведено когортным методом в условиях гинекологических отделений ГБУЗ ГКБ № 13 (г. Москва). В исследование включено 200 пациенток репродуктивного возраста (средний возраст — $25 \pm 3,5$ года). Все обследованные были поделены на 2 равнозначные группы. Основная группа — пациентки после самопроизвольного аборта (СА) в I триместре, находившихся на стационарном лечении в гинекологическом отделении. Контрольную группу составили 100 беременных, без угрозы прерывания беременности, имеющих в акушерском анамнезе статус «здоровая», проходивших плановые наблюдения в женской консультации при РД № 26 ДЗ г. Москвы. Критерии включения в основную группу — пациентки со самопроизвольным прерыванием беременности в I триместре, не имеющих в анамнезе психиатрических заболеваний. Контрольная группа женщин формировалась по условию отсутствия осложнения течения беременности. Общие условия включения — добровольное информированное согласие женщин на участие в научном исследовании и отсутствие хронических заболеваний в стадии обострения или декомпенсации. Всем пациенткам было проведено полное клинико-лабораторное обследование, сбор и оценка анамнестических данных, симптоматическое лечение. Изучение и анализ психологического статуса проводился с помощью скрининговой психологической диагностики, включавшей в себя: анкеты, опросники, тесты, проективные методики, выявляющие тенденции к изменению соматического состояния и угрозы невынашивания беременности; опросники и проективные тесты, выявляющие формирование готовности к родам и материнству — рисуночные тесты «Я и мой ребенок»; «Я и моя мама в детстве»; «Двойной рисунок человека»; Опросник по онтогенезу материнства; Опросник по отношению к своему телу; Копинг тест (Лазарус); *ММПИ* (Миннесотский многоаспектный личностный опросник) — шкала № 5; Опросник социальной адаптивности и стрессоустойчивости Холмс-Рей; Опросник качества жизни женщины *WHQ* (*Women's Health Questionnaire*).

Накопление, корректировка, систематизация исходной информации и визуализация полученных результатов осуществлялись в электронных таблицах *Microsoft Office Excel 2016*. Статистический анализ проводился с использованием программы *IBM SPSS Statistics 23*. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в данном исследовании принимали равным 0,05

Результаты и их обсуждение

Исследуемую совокупность составили 200 пациенток, поделенных на две группы. В основную группу вошли 100 пациенток, находившихся на стационарном лечении после СА, их возраст составлял от 23 до 41 года, средний возраст — $30,17 \pm 5,03$ года. У 96 пациенток беременность наступила самостоятельно, у 4 после ЭКО. Контрольную группу составили 100 беременных, с физиологически протекающей беременностью, в возрасте от 24 до 41 года, средний возраст — $31,32 \pm 4,73$ года. Различия исследуемых групп по возрасту были статистически не значимыми ($p=0,099$). Согласно результатам статистического анализа, проведенного с помощью критерия χ^2 Пирсона, структура исследуемых по возрасту имела статистически значимые различия ($p=0,002$), объясняемые более высокой долей пациенток в возрасте от 20 до 25 лет в группе с НБ 16,0% и 4,0% — в контрольной группе.

У всех обследованных женщин выявлен женский тип телосложения, вторичные половые признаки развиты правильно. При гинекологическом исследовании установлено, что у всех обследованных женщин наружные половые органы развиты правильно, уретра, парауретральные ходы, протоки больших желез преддверия влагалища — без патологических изменений. Эктопия шейки матки выявлена у 27 (26,7%) пациенток с НБ и 19 (19,3%) — в контрольной группе. Статистические различия между группами оказались недостоверны.

Начало менструальной функции соответствовало возрастной норме, что нашло подтверждение в возрасте менархе у всего изученного контингента женщин и составило в среднем $12,83 \pm 1,25$ лет в первой, $12,66 \pm 1,29$ лет — во второй ($p=0,35$). Были установлены статистически значимые различия исследуемых групп по возрасту начала половой жизни ($p=0,002$): данный показатель в основной группе был ниже, составляя $17,64 \pm 2,43$ года, по сравнению с контрольной группой ($18,82 \pm 2,81$ года).

По семейному положению женщины исследуемых групп распределились следующим образом: 57,89% пациенток основной группы на момент анкетирования состояли в зарегистрированном браке против 65,91% женщин группы сравнения; в гражданском браке нахо-

дились 34,21% опрошенных основной группы против 25,00% во 2-й; не замужем оказались 6,58% женщин 1-й группы и 9,09% — 2-й группы. Статистические различия между группами оказались недостоверны.

Проведена оценка особенностей менструального цикла в исследуемых группах, в основной группе существенно чаще отмечались случаи нерегулярного менструального цикла (40–90 дней) у 20,2% и 5,0%, соответственно, в группе контроля ($p=0,001$); меноррагии у 54,5%, тогда как в контрольной группе 19,0% ($p < 0,001$) и альгодисменорею отмечают 68,7% и 42,0% пациенток контрольной группы, соответственно, ($p < 0,001$).

Исследуемые группы сравнивались по числу первородящих, которое составило в основной группе 54,5%, в контрольной — 62,0%. Различия групп по данному показателю были статистически не значимы ($p=0,286$). СА в анамнезе отмечались у 30 женщин основной группы (30,0%) и у 14 — в контрольной группе (14,0%). Различия частоты аборт в сравниваемых группах были статистически значимы ($p=0,006$). Среди репродуктивных исходов, предшествующих настоящей беременности частота повторных абортов в анамнезе у пациенток с НБ была увеличена до 19,2%, тогда как в контрольной группе составляла всего 3,0%. ($p=0,001$).

При изучении сопутствующих соматических заболеваний — пациентки с НБ достоверно чаще отмечали наличие таких заболеваний, как дисфункция щитовидной железы — 15,2% против 6,0% контрольной группы ($p=0,036$), железодефицитная анемия — 32,3% и 14,0%, соответственно, ($p=0,002$) и артериальная гипертония — 21,0% ($p < 0,001$).

При анализе гинекологического статуса обращает на себя внимание тот факт, что у пациенток с НБ была статистически значимо повышена частота таких заболеваний, как кольпит 46,5%, по сравнению с контрольной группой 13,0% ($p < 0,001$), дисфункция яичников 18,2% и 8,0%, соответственно, ($p=0,033$), эндометрит 30,3% и 16,0% ($p=0,017$).

Вредные привычки оказывают неблагоприятное действие как на состояние здоровья женщины, так и будущего поколения. Количество респондентов подверженных курению было статистически значимо повышено в основной группе, до 30,3%, тогда как в группе контроля составляло всего 10,0%. ($p < 0,001$). Частота злоупотребления алкоголем не имела статистически значимых различий ($p=0,3$) 11,1% и 6,0%, соответственно.

Нами была изучена взаимосвязь риска НБ с инфекционным фактором (таблица 1). Одной из важных характе-

Таблица 1. Сравнение исследуемых групп по частоте ИППП.

ИППП	Частота случаев				p	ОШ; 95% ДИ
	Основная		Контрольная			
	Абс.	%	Абс.	%		
Уреаплазмоз	29	29,3	9	9,0	<0,001	4,19; 1,86–9,42
Хламидиоз	18	18,2	8	8,0	0,033	2,56; 1,06–6,19
Микоплазмоз	13	13,1	2	2,0	0,007	7,41; 1,63–33,8
ВПЧ	10	10,1	0	0,0	0,001	-
ВПГ	5	5,1	0	0,0	0,029	-
ЦМВ	4	4,0	0	0,0	0,059	-
Токсоплазмоз	0	0,0	2	2,0	0,497	-
Гарднереллез	0	0,0	1	1,0	1,0	-
Всего инфекций	37	37,4	16	16,0	0,001	3,13; 1,6–6,14

($p < 0,05$)- различия показателей статистически значимы

Таблица 2. Сравнение исследуемых групп по психологическим параметрам

Показатель	Исследуемые группы				p
	Основная		Контрольная		
	Me	Q ₁ -Q ₃	Me	Q ₁ -Q ₃	
Удовлетворенность собственным телом (сырые баллы)	6,0	4,0–8,0	7,0	5,0–10,5	0,004
Удовлетворенность собственным телом (стенайны)	4,0	3,0–5,0	4,0	4,0–5,5	0,001
Удовлетворенность жизнью	7,8	7,2–8,3	7,75	7,0–8,0	0,218
Социальная фрустрированность	1,7	1,5–2,2	1,9	1,6–2,1	0,452
Общая стрессовая нагрузка	155,5	111–199	140,5	111–177	0,196

($p < 0,05$) — различия показателей статистически значимы

ристик состояния репродуктивного здоровья пациенток является гинекологическая заболеваемость, уровень которой практически по всем нозологическим формам остается на высоком уровне. При анализе гинекологического анамнеза у обследованных женщин были выявлены те или иные инфекции половых путей. При анализе и сопоставлении структуры ИППП, было установлено статистически значимое повышение в основной группе частоты таких инфекций, как уреаплазмоз 29,3% и 9,0% в группе сравнения ($p < 0,001$), хламидиоз 18,2% и 8,0% ($p = 0,033$), микоплазмоз 13,1 и 2,0% ($p = 0,007$), ВПЧ 10,1% ($p = 0,001$) и ВПГ 5,1% ($p = 0,029$) в основной группе, тогда как в контрольной группе указанные осложнения не зарегистрированы.

Нами было проведено сравнение исследуемых групп женщин по значениям психологических тестов. Результаты оценок степени удовлетворенности собственным телом, удовлетворенности жизнью, степени социальной фрустрированности и общей стрессовой нагрузки представлены в таблице 2.

Согласно полученным данным, были установлены статистически значимые различия исследуемых групп

по степени удовлетворенности собственным телом: среди женщин, беременность которых была осложнена невынашиванием, отмечались существенно меньшие значения показателя, при сравнении результатов как в сырых баллах ($p = 0,004$), так и в стенайнах ($p = 0,001$). Медианы оценок опросника образа собственного тела составляли 6 баллов в основной и 7 — в контрольной группе.

Структура исследуемых групп по степени сопротивляемости стрессу имела существенные различия ($p = 0,009$). Среди женщин с НБ доля случаев низкой и пороговой сопротивляемости стрессу была увеличена до 24,5%, по сравнению с контрольной группой (7,0%).

Согласно проведенному анализу, все оценки удовлетворенности жизнью по опроснику Головиной-Савченко, за исключением одного случая в основной группе соответствовали высокой степени удовлетворенности жизнью (выше 5 баллов). Медиана оценок удовлетворенности жизнью в основной группе составляла 7,8 баллов (Q₁-Q₃: 7,2–8,3), в контрольной группе — 7,75 баллов

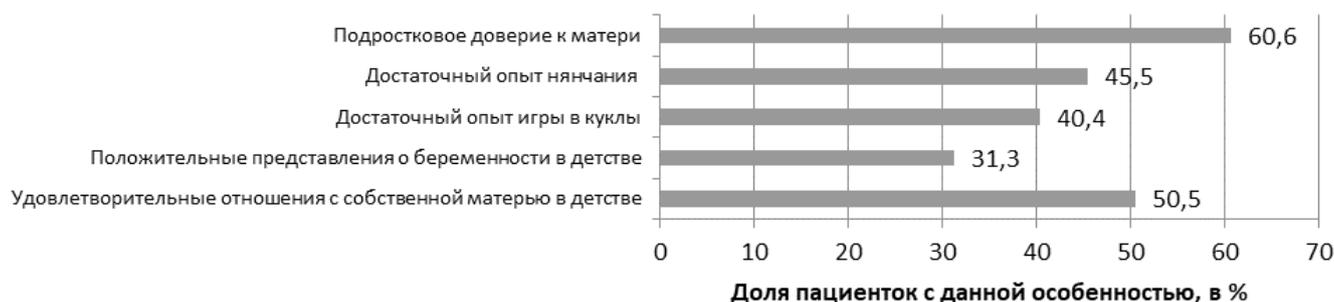


Рис 1. Особенности онтогенеза материнской сферы у пациенток с НБ.

(Q1-Q3: 7,0–8,0), статистически значимые различия между исследуемыми группами отсутствовали ($p=0,218$).

Исследуемые группы были сопоставлены по оценке привязанности к матери по методике *ECR-R*, разработанной *Fraley, Waller, Brennan (2000)*, в русскоязычной адаптации А. А. Федорова. Проведенный статистический анализ не выявил статистически значимых различий оценок по шкалам тревоги и избегания в зависимости от наличия НБ ($p=0,066$ и $p=0,628$). Наиболее характерный тип привязанности к маме в детстве по опроснику «Привязанность к маме в детстве» был надежный (медиана уровня тревоги составляла 1,8, а избегания — 2,2 балла), доля пациенток с надежным типом привязанности, была наивысшей в обеих группах составляя, соответственно, 60,6% и 62,0%. Несколько реже отмечался испуганно-избегающий тип привязанности — в 17,2% и 16,0%, соответственно. На третьем месте находился дистанцированный тип привязанности, наблюдаемый в 13,1% и 14,0%, а реже всего встречался озабоченный тип — в 9,1% и 8,0%, соответственно.

Копинг-стратегии (стратегии совладающего поведения) адаптивные. У всех женщин выявлен средний уровень напряженности копинг-стратегий. Адаптивный потенциал личности находится в пограничном состоянии. Выраженной дезадаптации не выявлено. Наиболее предпочитаемые стратегии совладания с трудностями: планирование решения проблемы (61%) и поиск социальной поддержки (64%), положительная переоценка (60%). Из чего можно сделать вывод, что женщины с НБ вполне успешно справляются с проблемами, используя защитные механизмы.

У всех пациенток выявлен низкий уровень социальной фрустрированности. $Q=2,4$ — социальная фрустрированность отчетливо не декларируется, что говорит о том, что они успешно справляются с жизненными трудностями. Проведенный с помощью критерия χ^2 Пирсона анализ не позволил выявить статистически значимых различий в структуре исследуемых групп по уровню

социальной фрустрации ($p=0,38$). Как в основной, так и в контрольной группах большинство женщин характеризовались пониженным уровнем параметра (41,4% и 43,0%, соответственно), реже отмечался неопределенный уровень фрустрации (27,3 и 38,0%, соответственно). Вместе с тем, следует отметить несколько большую частоту случаев очень низкого уровня социальной фрустрации в основной группе, составившую 17,2% (в группе контроля — 9,0%).

При анализе онтогенеза материнской сферы пациенток с НБ были получены следующие результаты (рис.): 50,5% женщин в составе основной группы имели удовлетворительные отношения с собственной матерью в детстве; 31,3% женщин усвоили положительные представления о беременности в детстве; 40,4% женщин отмечали достаточный опыт игры в куклы (сформированную мотивацию на материнство); достаточный опыт нянчания в детстве получили только 45,5% пациенток. Подростковое доверие к матери было сформировано только у 60,6% исследуемых основной группы. Как видно из этой методики, у женщин с НБ в процессе онтогенеза материнской сферы недостаточно сформировались основы для успешного материнства.

По результатам оценок пятой шкалы теста *MMPI* «мужественность — женственность», медиана показателя у пациенток с НБ составила 32 балла, что соответствует ортодоксально женственному стилю полоролевого поведения: стремление быть опекаемой и найти опору в муже, мягкость, сентиментальность, любовь к детям, приверженность семейным интересам, неискушенность и стыдливость в вопросах секса.

Исходя из этих данных, можно сделать вывод, что женщины с невынашиванием беременности достаточно хорошо справляются с жизненными трудностями, вполне удовлетворены качеством своей жизни, у них выявлен низкий уровень стресса. Они принимают свою половую идентичность, довольны своим телом, предпочитают женский стиль поведения. Однако выявлены нарушения

в процессе онтогенеза материнской сферы, а также тревожное и конфликтное отношение к собственному материнству, а также тревожные и конфликтные отношения с собственной матерью в детстве. Здесь имеется расхождение в опросниковой и проективной методике, что может свидетельствовать о бессознательном характере конфликта с собственной матерью. Таким образом, у исследуемой группы женщин выявлены только нарушения в психологической готовности к материнству, и не выявлено нарушений в стрессреагировании и женской идентичности. Это говорит о необходимости психологической помощи этим женщинам не только в переживании прерывания беременности, но в первую очередь в принятии материнства и адаптации к материнской роли.

Психологические исследования показали, что у пациенток с НБ присутствуют выраженные конфликтные отношения с матерью, также для них характерно наличие внутриличностного конфликта, глубокой внутренней неудовлетворенности, проявляющейся в неадекватной самооценке, носящей характер психологической защиты, конфликтном и тревожном образе себя как матери.

Выводы

Наиболее важными факторами прерывания беременности в ранние сроки являются, наряду с гинекологическими и социальными проблемами, нарушения

психологического статуса. В результате проведенного исследования нами были установлены следующие статистически значимые факторы невынашивания беременности: возраст от 20 до 25 лет, курение, раннее начало половой жизни, нарушения менструального цикла, наличие дисфункции яичников или эндометрита в анамнезе, повторные аборт, наличие сопутствующих заболеваний — артериальной гипертонии, дисфункции щитовидной железы или анемии, наличие ИППП. Психологические факторы неготовности к материнству у женщин с самопроизвольным аборт имеют свою структуру, в которую входят: личностные особенности беременных женщин, особенности их материнской сферы, нарушение онтогенеза материнской сферы и актуальная неготовность женщины к рождению ребенка.

Как показало проведенное исследование, наличие конфликта в материнской сфере, которое выражается в неадекватном взаимодействии с собственной матерью, несформированной материнской роли на этапе игровой деятельности и нянчения, ведут к нарушениям в течение беременности. В связи с этим, требуется не только медицинская, но и психологическая помощь, которая направлена на психологическую коррекцию и психотерапию источников внутреннего конфликта в материнской сфере, являющегося причиной формирования деструктивного образа материнства у женщин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доброхотова Ю. Э. Актуальные вопросы невынашивания беременности. М., 2007. 96 с.
2. Доброхотова Ю. Э., Джобавва Э. М., Озерова Р. И. Неразвивающаяся беременность. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2010
3. Доброхотова Ю. Э. Роль гемостазиологических нарушений в генезе невынашивания беременности. Проблемы репродукции. 2004; 2:54–59.
4. Козина Е. А., Павлов О. Г., Томарева Е. И. Медико-социальные аспекты пренатальной диагностики. Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2016. № 2. С. 199–203.
5. Куприянова И. Е., Ефанова Т. С., Захаров Р. И. Психотерапевтическая коррекция и реабилитация нарушений психического здоровья у беременных с угрозой невынашивания. Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2014;6(4):46–50.
6. Лукина Т. С., Павлов О. Г., Козина Е. А. Ведение беременных женщин с недифференцированной дисплазией соединительной ткани. Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2015. Т. 9. № 4. С. 14.
7. Сидельникова В. М. Невынашивание беременности — современный взгляд на проблему. Российский вестник акушера-гинеколога. 2007; 2: 62–64.
8. Сидельникова В. М. Невынашивание беременности — современный взгляд. Доктор Ру. 2009;6(1):42–46.
9. Стрижаков А. Н. Потеря беременности / А. №. Стрижаков, И. В. Игнатко. — М.: МИА, 2007. — 224 с.
10. Филиппова Г. Г. Нарушение репродуктивной функции и ее связь с нарушениями в формировании материнской сферы. Перинатальная психология и психология репродуктивной сферы. 2010; 1:101–119.
11. Филиппова Г. Г. Психология репродуктивной сферы человека: методология, теория, практика. [Электронный ресурс] // Медицинская психология в России: электрон. науч. журн. 2011. №6.
12. Arck PC. Stress and pregnancy loss: role of immune mediators, hormones and neurotransmitters. Am J Reprod Immunol. 2001;46(2):117–123.
13. Lazarus R. Emotions and interpersonal relationships: toward a person-centered conceptualization of emotions and coping. Journal of Personality. 2006;74(1):9–46.

© Умаханова Мадина Мусаевна (madinasol@yandex.ru), Филиппова Галина Григорьевна (filippova_galina@mail.ru),

Цидаева Мадина Махарбековна (kulova-88@mail.ru), Тагирова Зарина Максимовна (Kulova-88@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРОФИЛАКТИКА АЛЬВЕОЛИТА ПОСЛЕ СЛОЖНОГО УДАЛЕНИЯ ЗУБОВ С ПОМОЩЬЮ ГУБКИ «АЛЬВОСТАЗ»

THE PREVENTION OF ALVEOLITIS AFTER DENTAL EXTRACTION COMPLICATED BY USING A SPONGE “ALVOSTAZ”

N. Yashnova
E. Turchina
M. Katman
A. Yashnov
O. Konovalova

Summary. The incidence of alveolitis varies from 3.4 to 42.8% of all post-extraction complications. Purpose: to study the effectiveness of using the “Alvostaz” sponge for the prevention of alveolitis after complex removal of various groups of teeth. Materials and methods: the analysis of 30 cases of complex extractions of various groups of teeth for the period 2019–2020 was carried out. As a result of the conducted research and the obtained positive results indicate that the loose tamponade of the well with the sponge “Alvostaz” has an early pronounced analgesic and anti-inflammatory, as well as hemostatic effect and allows you to significantly reduce the percentage of alveolitis and accelerate the processes of granulation and epithelization of the well. And this makes it possible to recommend this drug for the prevention of alveolitis after complex removal, by the method of loose tamponade of the well.

Keywords: alveolitis, “the alvostaza”, removal of teeth, surgical dentistry, prevention of alveolitis.

Операция удаления зуба одна из самых распространенной операцией в практике врача стоматолога — хирурга. Наряду с этим альвеолит является наиболее часто встречающимся и распространенным осложнением после экстракции зуба. По данным различных авторов встречаемость альвеолита варьируется от 3,4 до 42,8% от всех постэкстракционных осложнений [1,2]. Вместе с тем в этиологии развития альвеолита выделяет инфекционный и травматический

Яшнова Надежда Борисовна
Ассистент, ФГБОУ ВО «Читинская государственная
медицинская академия»
Nadezhday1990@yandex.ru

Турчина Елена Викторовна
К.м.н., ассистент, ФГБОУ ВО «Читинская
государственная медицинская академия»
eturchina72@gmail.com

Катман Мария Александровна
К.м.н., ассистент, ФГБОУ ВО «Читинская
государственная медицинская академия»
katman_mariya@mail.ru

Яшнов Алексей Александрович
К.м.н., ассистент, ФГБОУ ВО «Читинская
государственная медицинская академия»
alexyashnov@mail.ru

Коновалова Ольга Геннадьевна
К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Читинская
государственная медицинская академия»
konovalovaolgagen@yandex.ru

Аннотация. Встречаемость альвеолита варьируется от 3,4 до 42,8% от всех постэкстракционных осложнений. Цель работы: изучение эффективности использования губки «Альвостаз» для профилактики альвеолита после сложного удаления различных групп зубов. Материалы и методы: проведен анализ 30 случаев сложных удалений различных групп зубов за период 2019–2020 год. В результате проведенного исследования и полученных положительных результатов свидетельствуют о том, что рыхлая тампонада лунки губкой «Альвостаз» оказывает раннее выраженное обезболивающее и противовоспалительное, а так же кровоостанавливающее действие и позволяет значительно уменьшить процент возникновения альвеолита и ускорить процессы грануляции и эпителизации лунки. И это дает возможность рекомендовать данный препарат для профилактики альвеолита после сложного удаления, методом рыхлой тампонады лунки.

Ключевые слова: альвеолит, «альвостаз», удаление зубов, стоматология хирургическая, профилактика альвеолита.

факторы: наличие разрушенных зубов, плохая гигиена полости рта; сложное или травматическое удаление зуба, сопровождающееся разрывом слизистой оболочки десны, фрагменты костной ткани вследствие перелома стенок альвеолы приводят к инфицированию лунки. Определенную роль в развитии альвеолита играют и ряд сопутствующих заболеваний, показатели свертываемости крови, иммунологические сдвиги, высокая фибринолитическая активность тканей лунки [2,3,4].

Низкие показатели свертываемости крови, а также прием антикоагулянтов и дезагрегантов служат причиной постэкстракционного кровотечения и как следствие недостаточное образование сгустка, который препятствует инфицированию раны. Последнее является важным условием хорошего заживления раны. Наряду с этим ряд сопутствующих общесоматических заболеваний: сахарный диабет, заболевания щитовидной железы и другие, провоцируют гормональный дисбаланс и способствуют возникновению альвеолита. При иммунодефиците происходит активация условно-патогенной микрофлоры, что может привести к возникновению воспаления в лунке. Вместе с тем к возникновению альвеолита может привести несоблюдение рекомендаций после удаления зуба. Зачастую пациенты после удаления выполняют обильное полоскание полости рта растворами антисептиков впервые часы после удаления; а также дотрагивание до лунки посторонними предметами, что приводит к удалению сгустка [4,5].

В результате совокупности вышеописанных этиологических факторов и не соблюдение рекомендаций врача стоматолога хирурга после удаления зуба на 2–3 день возможно появление постоянных, сильных, пульсирующих болей иррадиирующих в ухо, висок, а также неприятных запахов изо рта. При общем клиническом исследовании определяется увеличение и болезненная пальпация регионарных лимфатических узлов, болезненное открывание рта отмечается в основном при сложном удалении третьих моляров. Осматривая полость рта, в лунке удаленного зуба может отсутствовать кровяной сгусток, и присутствовать остатки пищи. Слизистая оболочка вокруг лунки отечная гиперемизированная и болезненная при пальпации. При затянувшемся воспалительном процессе и позднем обращении пациента к врачу возможно ухудшение общего самочувствия: повышение температуры тела; появление отека соответствующей половины лица; затрудненное открывание рта; лунка удаленного покрывается некротическим налетом грязно-серого цвета с наличием остатков пищи в лунке; слизистая оболочка вокруг лунки отечная, гиперемизированная и болезненная; отек и гиперемия слизистой переходной складки на уровне лунки удаленного зуба [3,4,5].

Лечение альвеолита проводится под инфильтрационным или проводниковым обезболиванием. Пациентам выполняется кюретажа лунки удаленного зуба с удалением остатков распавшегося сгустка и фрагментов пищевых остатков. Вместе с тем осуществляется промывание лунки антисептическими растворами и введение в лунку лекарственных препаратов. На сегодняшний день существует множество лекарственных средств для лечения альвеолита. Одним из таких препаратов является йодоформная турунда, которая обладает мягким анестезирующим и антисептическим действием. В состав турунды входит марлевый бинт и йодоформ. Минусом

в лечении с применением йодоформной турунды являлось необходимость повторного посещения врача с обязательным удалением турунды из лунки [2,5].

В 1986 г. Проф. Пинелис И.С. предложил новый способ лечения альвеолита. В данном методе проводилось промывание лунки удаленного зуба растворами антисептиков с последующим проведением кюретажа, а именно удаление некротизированного слоя сгустка. Лунку удаленного зуба заполняли лечебной пастой, в состав которой входит: 5мл 1% дикаина, 5000 ЕД гепарина, 25 мг преднизолоновой мази, 50 г 5% линимента синтомицина, 12 г окиси цинка. Паста оказывает местное противовоспалительное, антибактериальное и антисептическое действие [3].

Широкое применение в стоматологии получил антисептический, болеутоляющий и кровоостанавливающий компресс для альвеол Альвожил, состоящий из йодоформа (сильный антисептик), бутоформом (анестезирующее средство длительного действия, обладающего кровоостанавливающими свойствами). Введенный в альвеолу, в которую попала инфекция, материал быстро снимает боль [3,5].

Вместе с тем применяется губка альвостаз — это дезинфицирующее и гемостатическое средство для альвеол. В состав входит: гемостатическая губка, йодоформ, эвгенол, трикальций фосфат; масло оливковое. Альвостаз обладает антисептическим, обезболивающим и кровоостанавливающим действием.

Установлено, что после сложного удаления зуба с применением бор машины, долота, различных видов элеваторов в виду длительности и травматичности проведенных манипуляций лунка удаленного зуба заполняется кровяным сгустком не в полном объеме. Тем самым лунка может быть дополнительно инфицирована патогенной микрофлорой со стороны полости рта, попаданием остатков пищи, это способствует возникновению и поддержанию воспалительного процесса. При этом механизмы гранулирования, эпителизации, регенерации лунки замедляются. На настоящее время нет определенной схемы профилактики и лечения альвеолитов [4,5].

Целью нашей работы явилось изучение эффективности использования губки «Альвостаз» для профилактики альвеолита после сложного удаления различных групп зубов.

Материалы и методы

Проведен анализ 30 случаев сложных удалений различных групп зубов за период 2019–2020 год. Исследуемой группе (15 человек), которая сопоставима по воз-

расту, полу и сопутствующей патологии, выполнялась после кюретажа и антисептической обработки лунки раствором 0,05% хлоргексидина рыхлая тампонада лунки удаленного зуба губкой «Альвостаз». Пациентам рекомендовалось не принимать пищу в течении 2–3 часов, соблюдать гигиену полости рта, и туалет раны. Дополнительно назначалась антибактериальная, противовоспалительная и десенсибилизирующая терапии.

Группе контроля (15 пациентов) также после сложного удаления, проведен кюретаж лунки и антисептическая обработка раствором 0.05% хлоргексидина, но рыхлая тампонада губкой не выполнялась. Пациентам группы контроля даны те же рекомендации и назначения, что исследуемой группе.

Оценка эффективности профилактики альвеолита проводилась с 2 по 8 день после экстракции зуба. Статистическая обработка полученных результатов проводилась с помощью программы SPSS Statistics 7.0 с соблюдением принципов статистического анализа, принятых для исследований в биологии и медицине

Результаты исследования

На базе клиники ЧГМА в условиях хирургического кабинета проведено изучение эффективности применения губки «Альвостаз» для профилактики альвеолита после сложного удаления различных групп зубов. Сложное удаление проводилось с помощью бор машины и элеваторов. Применяемая губка по мимо обезболивающего, противовоспалительного и кровоостанавливающего свойства обладает особенностью, что при рыхлом при введении в лунку пропитывается кровью, способствует формированию сгустка и адекватному заживлению. Впоследствии после формирования сгустка подвергается рассасыванию и не подлежит замене.

В результате исследования установлено, что у пациентов исследуемой группы по сравнению с группой

контроля процент возникновения альвеолита ниже. Так в исследуемой группе альвеолит возник у 2 пациентов (6,6%), а в группе контроля у 10 пациентов (33,3%). Выявлено, что на вторые сутки у пациентов исследуемой группы альвеолит не возник ни у одного пациента, а в группе контроля у 3 пациентов (10%). На третьи сутки в исследуемой группе альвеолит возник у 1 пациента (3,3%), а в группе контроля у 4 пациентов (13,3%). На четвертые сутки в исследуемой группе альвеолит возник у 1 пациента (3,3%), связано с выпадением губки «Альвостаз», а у пациентов группы контроля у 3 пациентов (10%).

В ходе исследования выявлено, что у пациентов, которым проводилась рыхлая тампонада лунки губкой «Альвостаз» отмечается ускорение процессов грануляции. Так у пациентов исследуемой группы без альвеолита процессы грануляции протекали на 6 сутки, а у пациентов контрольной группы на 8 сутки. Установлено, что у пациентов, которым проводилась рыхлая тампонада губкой «Альвостаз» в 5 раз реже возникает альвеолит в сравнении с группой контроля и в 1,3 раза ускорялись процессы грануляции лунки. Необходимо отметить, что возникший альвеолит в группе, где проводилась рыхлая тампонада лунки, имел слабо выраженные боли и воспалительный процесс в лунке удаленного зуба.

Вывод

В результате проведенного исследования и полученных положительных результатов свидетельствуют о том, что рыхлая тампонада лунки губкой «Альвостаз» оказывает раннее выраженное обезболивающее и противовоспалительное, а так же кровоостанавливающее действие и позволяет значительно уменьшить процент возникновения альвеолита и ускорить процессы грануляции и эпителизации лунки. И это дает возможность рекомендовать данный препарат для профилактики альвеолита после сложного удаления, методом рыхлой тампонады лунки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сулов, Е. М. Лечение и профилактика альвеолитов. *Здравоохранение*. — 2009. — № 3. — С.53–56.
2. Сирак С.В., Слетов А. А., Карданова К. Х. Лечение альвеолита с использованием антибактериальных и гемостатических средств. *Медицинский вестник Северного Кавказа*. — 2011. — Т. 22. — № 2. — С. 42–43
3. Пинелис, И. С. Способ лечения альвеолита. *Стоматология*. — 1986. — № 5. — С. 68–69
4. Иорданишвили А.К. и соавт. Сравнительная оценка эффективности средств для лечения альвеолита. *Институт Стоматологии*. — 2017. — № 1. — с. 51–53
5. Безруков В.М., Робустова Т. Г. *Руководство по хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии*. Москва. — 2000. — 488 с.

© Яшнова Надежда Борисовна (Nadezhday1990@yandex.ru), Турчина Елена Викторовна (eturchina72@gmail.com),

Катман Мария Александровна (katman_mariya@mail.ru), Яшнов Алексей Александрович (alexyashnov@mail.ru),

Коновалова Ольга Геннадьевна (konovalovaolgagen@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS

Ahverdieva R. — Candidate of biological Sciences, Azerbaijan Medical University, Azerbaijan, Baku
azmbi@mail.ru

Albegova Z. — Junior researcher, Institute of biomedical research of Vladikavkaz scientific center of RAS
albegova.81@mail.ru

Alieva E. — MD, PhD, DSc, Stavropol State Medical University
elalieva.ru@mail.ru

Aliyeva L. — Senior researcher of Institute of Microbiology of ANAS, Baku
lalaalieva@mail.ru

Ambalova S. — MD, Professor, The North-Ossetian state medical Academy, Vladikavkaz; Institute of biomedical research of Vladikavkaz scientific center of RAS
ambalova1947@mail.ru

Antoniadi I. — The North-Ossetian state medical Academy, Vladikavkaz
ilona-antoniadi@yandex.ru

Avanesov M. — Neurological Surgeon, Doctor, SBI RR «Regional Children's Clinical Hospital»
mihail-hx@yandex.ru

Babayeva I. — Lead researcher of Institute of Microbiology of ANAS, Baku
babayevairada@mail.ru

Babich I. — Doctor of Medicine, Professor, FSBEI HE «Rostov State Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation
babich-igor@yandex.ru

Baranova A. — FSBEI IN PSMU (Vladivostok)
alisabaranovaur@icloud.com

Barkovets K. — Graduate student, Belgorod State University
barkovec_k73@mail.ru

Bayandin N. — State O.M. Filatov hospital №15

Belyaev S. — Associate Professor, Petrozavodsk state University
sergbel2014@mail.ru

Borodulina I. — Doctor of medical Sciences, Professor, Military Medical Academy named after S.M. Kirov, Saint Petersburg
borodulina59@mail.ru

Borovkova E. — Stavropol State Medical University
katerina_borovkova@mail.ru

Chechulin A. — SPIIRAN
chechulin@comsec.spb.ru

Chirsky V. — Doctor of medical Sciences, Professor, Military Medical Academy named after S.M. Kirov, Saint Petersburg
v_chirsky@mail.ru

Chizhova Yu. — Assistant, FSBEI HE YSMU MH Russia, Yaroslavl
juliachi2009@yandex.ru

Davydkov G. — Associate Professor, Petrozavodsk state University

Domukhovskiy N. — Ural security systems center, Yekaterinburg
ndomukhovskiy@ussc.ru

Efimin A. — Graduate student, Belgorod State University
a-efimin@yandex.ru

Ermolenko A. — Postgraduate student, Saratov State University
berestnevaanna@mail.ru

Evsutin O. — Candidate of Technical Sciences, associate professor, senior researcher, V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow
evsutin.oo@gmail.com

Filippova G. — Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Private Institution of DPO "Institute of Perinatal and Reproductive Psychology", Moscow
filippova_galina@mail.ru

Fischev S. — Doctor of medical Sciences, Professor, Saint Petersburg state pediatric medical University of the Ministry of health of the Russian Federation
super.kant@yandex.ru

Fomin N. — Research officer, V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow
science-fomin@yandex.ru

Frolova E. — East Siberian branch of JSC Kaluga Plant Remputmash, Slyudyanka, Irkutsk region; Postgraduate, Baikal State University (BGU), Irkutsk
sledmy@mail.ru

Galstyan S. — Assistant, Saint Petersburg state pediatric medical University of the Ministry of health of the Russian Federation
samvel.galstyan.2012@mail.ru

Galustyan L. — Rostov State medical University, Rostov-on-Don
markgalustyan@yandex.ru

Gazaliev I. — Commercial Director, MesedMed LLC (Moscow)
ibnukasum@icloud.com

Goryun K. — Teacher, Krasnodar University of the Ministry of internal Affairs of Russia
kngoryun@yandex.ru

Grigoryan N. — PhD, associate Professor, Rostov State medical University, Rostov-on-Don
narine_g69@mail.ru

Gromova T. — Postgraduate student, Saratov State University
gromova.tatiana2015@rambler.ru

Guo D. — Institute of Agro-Food Science and Technology, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan, China
guody@mail.ru

Huseynova L. — Candidate of pedagogical Sciences, Azerbaijan Medical University, Azerbaijan, Baku
royahuseynova2006@gmail.com

Isayeva V. — Junior researcher of Institute of Microbiology of ANAS, Baku
isayevavusale33@gmail.com

Ivanov M. — Postgraduate student, Surgut state University; obstetrician-gynecologist of the gynecological Department, Surgut district clinical hospital
judo21052010@gmail.com

Ivanov V. — Doctor of Technical Sciences, Professor, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Eltsin
v.e.ivanovekt@gmail.com

Izvin A. — Bauman Moscow State Technical University, Moscow
izvinav309@gmail.com

Karaseva A. — Research fellow, Institute of Experimental Medicine (St. Petersburg)
tarno@list.ru

Kashevnik M. — SPIIRAN
alexey.kashevnik@ias.spb.su

Kasparov A. — Dagestan State Medical University; honey brother, LLC Alfamedservice, Makhachkala
kasparov@spbu.su

Kasparova A. — Professor Surgut state University
anzkasparova@yandex.ru

Katman M. — Chita state medical Academy
katman_mariya@mail.ru

Khramtsov I. — Post-graduate student, Siberian state University of science and technology named after academician M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk
ilia.khramcov@yandex.ru

Klyuev S. — Candidate of technical Sciences, docent, Krasnodar higher military school
s.g.klyuev@mail.ru

Komarov D. — Lead analyst, Ural security systems center, Yekaterinburg
dkomarov@ussc.ru

Konovalova O. — Chita state medical Academy
konovalovaolgagen@yandex.ru

Konovalov M. — Moscow state technical University named after N.E. Bauman
m.konovalov98@yandex.ru

Koryagin S. — Battalion commander, military unit 28331
bagrationspb@yandex.ru

Kovalyov D. — PhD, Stavropol Anti-Plague Institute
kovalev_da.stv@list.ru

Krivcov S. — FSMEI VO "Military Academy of
Communications named. Marshal of the Soviet Union S.M.
Budyonny"(St. Petersburg)
staskriv@mail.ru

Krivoguz D. — PhD in Geography, Chief officer, Azov Sea
Research Fisheries Institute (FSBSI "AzNIIRKH"), Kerch
krivoguz_d_o@azniirkh.ru

Ksenofontov D. — Adjunct, FSMEI VO "Military Academy
of Communications named. Marshal of the Soviet Union
S.M. Budyonny"(St. Petersburg)
dm.ksenofontov@yandex.ru

Kulagina E. — Candidate of biological sciences, associate
professor, Vladimir State University
kylaginaek@mail.ru

Kupeeva A. — Junior researcher, Institute of biomedical
research of Vladikavkaz scientific center of RAS
kupeeva-alina1@mail.ru

Lagunova A. — Postgraduate, IACP, FEB RAS, Vladivostok

Larionov M. — Doctor of biological sciences, professor,
Balashov Institute of Saratov State University
m.larionow2014@yandex.ru

Larionov N. — Candidate of biological sciences, director,
Secondary School № 2 of Kotelniki
Inv0001@yandex.ru

Lepilin A. — Doctor of medical Sciences, Professor, Saratov
state medical University named after V. I. Razumovsky,
Ministry of health of the Russian Federation
lepilins@mail.ru

Libova T. — Candidate of medical sciences, associate
professor, Saint-Petersburg State Pediatric Medical
University
libova@mail.ru

Lisina M. — Graduate student, Military Medical Academy
named after S.M. Kirov, Saint Petersburg
lisina1212@gmail.com

Kasumova S. — Institute of Microbiology of ANAS, Baku
kasumova-kasumova@mail.ru

Magomedov M. — Doctor of medical sciences, professor,
Dagestan stet medical University
osmanovmed@mail.ru

Makarenko A. — FSBEI IN PSMU (Vladivostok)
annamakarenko99@icloud.com

Malko S. — PhD in Biology, Kerch State Maritime
Technological University

Melnikov Yu. — Ph.D. candidate, FSBEI HE «Rostov State
Medical University» of the Ministry of Health of the Russian
Federation
pobzder@rambler.ru

Moiseev A. — Postgraduate student, Pirogov Russian
National-Research Medical University
alexi.moiseev@gmail.com

Myasoutov R. — Postgraduate student, Volgograd State
University
ramilmyasoutov@yandex.ru

Nikolsky S. — FSMEI VO "Military Academy of
Communications named. Marshal of the Soviet Union S.M.
Budyonny"(St. Petersburg)
staskriv1979@yandex.ru

Okhapkin M. — M.D., Professor, FSBEI HE YSMU MH
Russia, Yaroslavl
okhapkin52@mail.ru

Osmanov O. — Surgery, candidate of medical sciences,
GBUZ City Clinical Hospital №67 Moscow
muxuma@mail.ru

Pakshina V. — Moscow International University, Municipal
Autonomous Institution «TV and Radio Broadcaster
«Radoneje»
pakshina-veronika@mail.ru

Parsadanyan A. — Professor, Surgut state University;
chief freelance specialist in Oncology of Surgut regional
clinical hospital, oncologist
surgutokb@surgutokb.ru

Petrov A. — Adjunct, FSMEI VO "Military Academy of Communications named. Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny"(St. Petersburg)
89850701007@yandex.ru

Pham T. — University ITMO
anhpt@itmo.ru

Pogodin R. — Novosibirsk National Research State University
ruspog@gmail.com

Prohorovich T. — Candidate of medical sciences, associate professor, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University
tatyana.prohorovich@yandex.ru

Pronina O. — Associate Professor, Petrozavodsk state University

Pshenichniy A. — Head of the Neurosurgical Department, SBI RR «Regional Children's Clinical Hospital»
panaceya333@rambler.ru

Romanov V. — Orel State University named after I.S. Turgenev
vlad162615@yandex.ru

Rostov A. — Candidate of medical Sciences, chief physician, Limited liability Company "Center of medical legal consulting "Rubicon"
a_rostov@mail.ru

Rostov A. — The General Director, Limited liability Company "Center of medical legal consulting "Rubicon"
ar-rostov@yandex.ru

Rozhkova M. — Assistant, Saint Petersburg state pediatric medical University of the Ministry of health of the Russian Federation
rozmaria2010@yandex.ru

Rukhlyada N. — Doctor of medical sciences, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University
nickolasr@mail.ru

Ryazanova E. — PhD student, FSBEI IN PSMU (Vladivostok)
ryazanova_14@bk.ru

Samoshina A. — Engineer-researcher, V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow
ania.cat03@gmail.com

Sargsyan J. — Rostov state medical University, Rostov-on-Don
Dzhuliya.02@mail.ru

Semenova A. — PhD in Economy, Kerch State Maritime Technological University

Sevastyanov A. — Doctor of medical Sciences, associate Professor, Saint Petersburg state pediatric medical University of the Ministry of health of the Russian Federation
ardy.dkr@mail.ru

Shapakov N. — Research fellow, Stavropol Anti-Plague Institute
www.brendan@mail.ru

Shubin L. — Ph.D., Associate Professor, FSBEI HE YSMU MH Russia, Yaroslavl
lbsh@yandex.ru

Shutin D. — Candidate of Sciences in Technology, Associate Professor, Orel State University named after I.S. Turgenev
rover.ru@gmail.com

Siraeva I. — Postgraduate student, Saratov State University
irina.siraeva@mail.ru

Soldatova V. — Postgraduate student, Saratov State University
valeria.soldatova@yandex.ru

Stebakov I. — Orel State University named after I.S. Turgenev
chester50796@yandex.ru

Suslov A. — FSMEI VO "Military Academy of Communications named. Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny"(St. Petersburg)
uccstp@mail.ru

Sutugina O. — Assistant, FSBEI HE YSMU MH Russia, Yaroslavl
sutuginaolga.ru@yandex.ru

Suvorov A. — MD, PhD, DSc, Institute of Experimental Medicine (St. Petersburg)
alexander_suvorov1@hotmail.com

Tagirova Z. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation
Kulova-88@mail.ru

Taran V. — Candidate of cultural studies (ICT), candidate of scientific degree of doctor of technical sciences, Moscow International University, All-Russian Institute of Scientific and Technical Information RAS
allscience@lenta.ru

Totrov I. — MD, Assistant Professor, The North-Ossetian state medical Academy, Vladikavkaz; Institute of biomedical research of Vladikavkaz scientific center of RAS
igor.totrov@yandex.ru

Tretyak A. — Graduate student, Far Eastern Federal University, Vladivostok
alextretyak2@gmail.com

Tretyak E. — Specialist, Far Eastern Federal University, Vladivostok
tretiak.ev@dvfu.ru

Trokhanova O. — M.D., Professor, FSBEI HE YSMU MH Russia, Yaroslavl
trokhanova@yandex.ru

Tsapieva A. — Research fellow, Institute of Experimental Medicine (St. Petersburg)
anna.tsapieva@gmail.com

Tsidaeva M. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation
kulova-88@mail.ru

Turchina E. — Chita state medical Academy
eturchina72@gmail.com

Umakhanova M. — Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation
madinasol@yandex.ru

Vasilieva L. — Candidate of medical Sciences, associate Professor, Military Medical Academy named after S.M. Kirov, Saint Petersburg
vasilievaLv0611@yandex.ru

Vasiliev K. — State O.M. Filatov hospital №15

Vereshchagina E. — Cand. tech., associate Professor, Far Eastern Federal University, Vladivostok
everesh@mail.ru

Vorobtsova I. — Candidate of medical sciences, associate professor, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University
ririna-1979@yandex.ru

Vu Xuan Hau — Engineer, postgraduate, Ural Federal University named after First President of Russia B.N. Eltsin
hauxuanhd@gmail.com

Vokulova J. — Candidate of Medical Sciences, orthopedic dentist, Federal state official institution "Polyclinic No. 2 of the Federal customs service of Russia", Nizhny Novgorod
vokulova@rambler.ru

Yaitsky A. — Senior lecturer, Samara State University of Social Sciences and Education
yaitsky@pgsga.ru

Yang J. — Institute of Agro-Food Science and Technology, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan, China
364593000@qq.com

Yashnov A. — Chita state medical Academy
alextyashnov@mail.ru

Yashnova N. — Chita state medical Academy
Nadezhday1990@yandex.ru

Yershova Yu. — Ph.D., Associate Professor, FSBEI HE YSMU MH Russia, Yaroslavl
iershova.i70@mail.ru

Zhao S. — Institute of Agro-Food Science and Technology, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan, China
40379694@qq.com

Zhulev E. — Doctor of Medical Science, professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Privolzhsky Research Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Nizhny Novgorod
hrustalev54@mail.ru

Zhulev E. — Doctor of medical Sciences, Professor, Volga research medical University of the Ministry of health of the Russian Federation
hrustalev54@mail.ru

Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе «Антиплагиат».

За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Редакционная коллегия оста вляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно-практический журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением “.doc”, или “.rtf”, шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускаются.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Литература составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные - 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» (e-mail: redaktor@nauteh.ru).