

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№6 2020 (ИЮНЬ)

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>

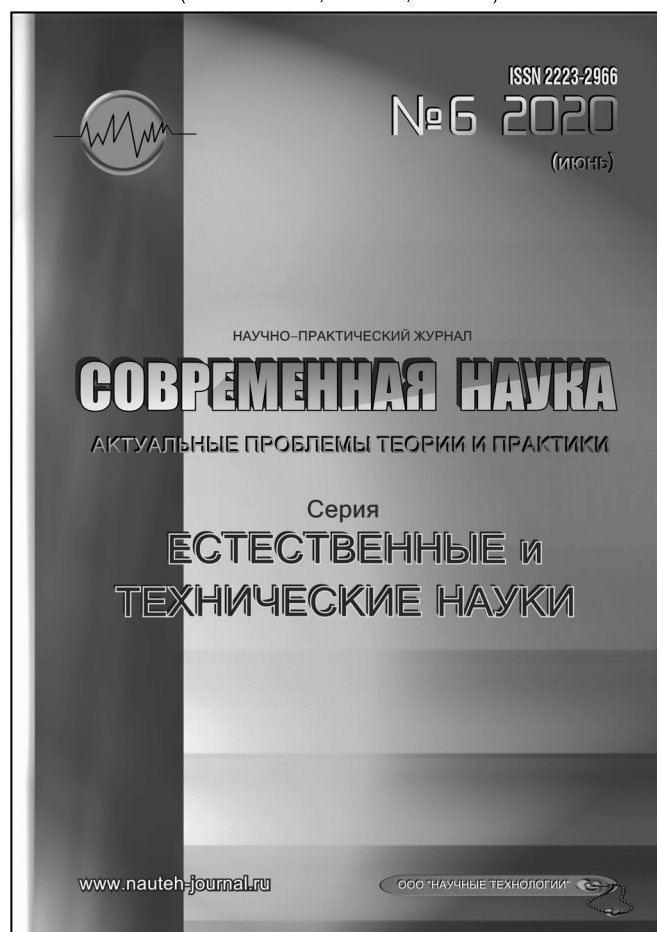
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

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 25.06.2020 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

Александров А. Г., Саватеева-Любимова Т. Н. — Влияние конечных продуктов гликирования на отягощение вирус-ассоциированного ОПЛ/ОРДС в условиях экспериментального сахарного диабета и иммуносупрессии
Aleksandrov A., Savateeva-Lyubimova T. — The effect of advanced glycation end products on virus-associated ALI/ARDS in experimental diabetes mellitus and immunosuppression7

Анохина И. Н., Скрыпник Л. Н. — Динамика накопления антиоксидантов в листьях ежевики сизой на территории форта № 5 (г. Калининград)
Anokhina I., Skrypnik L. — Dynamics of the accumulation of antioxidants in the leaves of blackberry of the blackberry in fort № 5 (Kaliningrad) ... 12

Егорова А. В., Колсанова Р. Р., Калининкова Т. Б. — Активация холинергической системы почвенной нематоды *caenorhabditis elegans* маурас соком *Allium sativum* l.
Egorova A., Kolsanova R., Kalinnikova T. — Activation of cholinergic system of soil nematode *caenorhabditis elegans* maupas by *Allium sativum* l. juice 17

Леонтьев В. В. — Обзор энтомофауны Coccinellidae в северо-восточной части Республики Татарстан
Leontyev V. — Review of the entomofauna Coccinellidae in the northeastern part of the Republic of Tatarstan 23

Пахтусов А. А., Попов В. Г., Савина Е. А., Сухов Ф. И. — Нормирование числа штатных должностей экологов при внедрении системы экологического менеджмента для организаций жилищно-коммунального хозяйства
Pakhtusov A., Popov V., Savina E., Sukhov Ph. — Rationing the amount of ecologists due to implementing an environmental management system for housing and communal services 28

Третьякова П. Я., Соловьёв А. А. — Хозяин-индуцированный сайленсинг генов (HIGS) в патосистеме пшеница-*Fusarium culmorum*: модификация вектора штриховатой мозаики ячменя (BSMV)
Tretiakova P., Soloviev A. — HIGS in wheat-*Fusarium culmorum* pathosystem: modification of barley stripe mosaic virus vector 32

Шубина О. С., Дуденкова Н. А., Грызлова Л. В., Егорова М. В., Бардин В. С., Киселева А. И. — Ультроструктурные изменения в плаценте при поздних токсикозах беременных
Shubina O., Dudenkova N., Gryzlova L., Egorova M., Bardin V., Kiseleva A. — Ultrastructural changes of the placenta with late toxicosis of pregnant women 43

Информатика, вычислительная техника и управление

Болгаров Н. И., Белов А. В., Шангала С. В., Лисицкий В. В. — Математическая модель формирования транспортной инфраструктуры системы материально-технического обеспечения
Bolgarov N., Belov A., Shangala S., Lisitskiy V. — Mathematical model of the formation of transport infrastructure of the logistics system 47

Бунаков П. Ю., Аксенов В. С. — О применении метода суммирования во временной области для пространственной фильтрации акустического сигнала корреляционного течеискателя
Bunakov P., Aksenov V. — On the application of the summation method in the time domain for spatial filtering of the acoustic signal of the correlation leak detector 53

Горожанкин А. И., Безукладников И. И. — Модели и методы автоматического управления линейными двигателями для технологических процессов
Gorozhankin A., Bezukladnikov I. — Models and methods for linear motor control in industrial processes 59

Давиденко А. Н., Давиденко П. Н., Карлов Д. Н., Зуева В. Н., Андрусенко Е. Ю. — Виртуальная система управления комбинированных железнодорожных вагонных весов	Кульчицкий А. А., Кашин Д. А. — Многоканальная оптическая система контроля геометрических параметров брикетированного шихтового материала
<i>Davidenko A., Davidenko P., Karlov D., Zuyeva V., Andrusenko E.</i> — Virtual control system for combined rail car weights. 67	<i>Kulchitskiy A., Kashin D.</i> — Multichannel optical control system for geometric parameters of briquetted charge material 105
Егорчев А. А., Чикрин Д. Е., Бриский Д. В. — Решение задач виртуального моделирования показаний системы сенсорики в системах беспилотного транспорта	Макуха М. Ю., Ключев С. Г. — Анализ и критерии эффективности современных методов и способов выявления инкапсулированных пакетов TCP/IP-трафика
<i>Egorchev A., Chikrin D., Brisky D.</i> — Solving problems of virtual simulation of sensor system readings in unmanned transport systems 74	<i>Makukha M., Klyuev S.</i> — Analysis and efficiency criteria of modern methods and technique for detecting encapsulated TCP/IP traffic packets. 110
Ивлиев С. Н., Крылова С. Л., Квасков А. А. — Угрозы информационного воздействия на информационные системы образовательных организаций	Мансуров А. В., Шабала Е. Е. — Разработка SIEM-системы на базе открытых технологий для предприятий малого и среднего бизнеса
<i>Ivliev S., Krylova S., Kvaskov A.</i> — Threats of information impact on information systems of educational institutions 82	<i>Mansurov A., Shabala E.</i> — Deployment of open source SIEM system for small and medium business enterprises 116
Игнатъев А. В., Чумаков А. В., Удо И. Э. — Разработка методики комплексной оценки основных источников загрязнения и факторов, влияющих на состояние атмосферного воздуха населенных мест	Медведкова И. В., Золотухина Е. Б., Красникова С. А. — Особенности применения нотации ArchiMate при проектировании комплекса сейсмо-технологического мониторинга
<i>Ignatyev A., Chumakov A., Udoh I.</i> — Development of a methodology for a comprehensive assessment of the main sources of pollution and factors affecting the state of the air in populated areas 88	<i>Medvedkova I., Zolotukhina E., Krasnikova S.</i> — Originality usage of ArchiMate for design of automated system of seismic and technological monitoring 123
Казаков М. К. — Образцовый аналого-цифровой измерительный преобразователь постоянного тока	Медведкова И. В., Золотухина Е. Б., Красникова С. А. — Кросс-нотационное моделирование как новый подход к построению архитектуры автоматизированной системы
<i>Kazakov M.</i> — Exemplary analog-to-digital measuring device dc converter 94	<i>Medvedkova I., Zolotukhina E., Krasnikova S.</i> — Cross-notation modeling as a new approach to construction of automated system architecture 126
Капитанов А. И., Трояновский В. М. — Проблема автоматического определения количества кластеров в задаче кластеризации контекстов	Мутанна М. С., Лячек Ю. Т., Мутанна М. М., Абдулла В. А. — Разработка сервисной модели предоставления услуги умного уличного освещения на базе технологии LoRa
<i>Kapitanov A., Troyanovsky V.</i> — The problem of automatic determination the number of clusters in the clustering contexts task 100	<i>Muthanna M., Lyachek Yu., Muthanna M., Abdullah V.</i> — Development of intelligent street lighting services model based on LoRa technology. 130

Найнг Мин Тун, Гаврилов А. И., Ньян Линн Тун, Пья Пьо Паинг, Хтет Аунг — Автоматизированная система шумоподавления с использованием метода глубокого обучения для распознавания лиц

Naing Min Tun, Gavrilov A., Nyan Linn Tun, Pyae Phyoo Paing, Htet Aung — Automated image denoising system using deep learning method for face recognition. 136

Репецкая Т. О., Репецкая Н. В. — Особенности построения архитектуры информационной системы, использующей алгоритмы машинного слуха

Repetskaya T., Repetskaya N. — Features of the design of architecture of information systems using machine hearing algorithms 143

Смирнов С. П. — Математические методы оценки оптимального варианта по критерию оптимизации контролируемых параметров питания в решении задачи планирования рационов питания. Модель Стиглера и ее развитие, обзор

Smirnov S. — Mathematical methods for evaluating the optimal variant by the criterion of optimization of controlled nutrition intake parameters in solving the problem of diet planning. Stigler model and its development, review. 149

Тарасенко В. А. — Мониторинг рисков и аудит безопасности перевозок на железнодорожном транспорте

Tarasenko V. — The risk monitoring and audit of the security of railway transportation 158

Юркова О. Н., Казаков О. Д., Новосельцева Е. И., Зеленский О. С. — Разработка специального программного обеспечения систем управления и механизмов принятия решений в учебном процессе ВУЗа

Yurkova O., Kazakov O., Novoseltseva E., Zelensky O. — Development of special software of management systems and mechanisms for decision making in the university education process 163

Клиническая медицина

Бокова Е. О., Вострикова С. М., Гринев А. Б. — Эпидемиология и патогенез развития лимфомы Беркитта: обзор литературы

Bokova E., Vostrikova S., Grinev A. — Epidemiology and pathogenesis of Burkitt's lymphoma: literature review. 170

Верзакова И. В., Путенихин С. Ю., Гумерова Г. Т., Верзакова О. В. — Современные подходы к диагностике рака щитовидной железы

Verzakova I., Putenikhin S., Gumerova G., Verzakova O. — Modern approaches to thyroid cancer diagnosis. 175

Дегтярев О. Л., Лагеца А. Б., Демин К. А., Сагателян С. А. — Клиническая модель множественного (полизонольного) тромбоемболического поражения

Degtyarev O., Lageza A., Demin K., Sagatelyan S. — Multiple (multi-sited) thromboembolism: a clinical model 179

Журбенко В. А., Карлаш А. Е., Горлова А. А. — Исследование вопросов анкетирования о гигиене полости рта у детей разных возрастных групп

Zhurbenko V., Karlash A., Gorlova A. — Study of questionnaire questions about oral hygiene in children of different age groups. 184

Зюлькина Л. А., Фролова К. Е., Ефремова А. В., Акимова С. А. — Современное состояние вопроса диагностики основных стоматологических заболеваний

Ziulkina L., Frolova K., Efremova A., Akimova S. — Current state of the issue of diagnosis of major dental diseases. 188

Иванов П. В., Зюлькина Л. А., Удальцова Е. В., Герасимова Т. В., Булавина А. А. — Современные методы диагностики воспалительных заболеваний пародонта (литературный обзор)

Ivanov P., Ziulkina L., Udaltsova E., Gerasimova T., Bulavina A. — Modern methods of inflammatory periodontal diseases diagnosis (literature review) 194

Ивченкова А. Ф., Садыков Ф. А., Муталова Э. Г. — Эффективность коррекции остеопении препаратами кальция и витамина D у мужчин с бронхиальной астмой	Нуриева Н. С., Зиганшин О. Р., Гуманюк Т. В. — Современные клинические подходы к лечению лейкоплакии в стоматологической практике
<i>Ivchenkova A., Sadykov F., Mutalova E.</i> — The effectiveness of correction of osteopenia with calcium and vitamin d in men with bronchial asthma..... 201	<i>Nurieva N., Ziganshin O., Gumiynuk T.</i> — Modern clinical approaches to the treatment of leukoplakia in dental practice..... 224
Латюшина Л. С., Малышева Л. Ю., Пиотрович А. В., Павлиенко Ю. В., Ширшова Н. Е. — Изучение распространенности, особенностей течения и эффективности метода оптимизации комплексного лечения одонтогенного верхнечелюстного синусита	Рощина О. В., Левчук Л. А., Бойко А. С., Счастный Е. Д., Иванова С. А. — Концентрация мелатонина в сыворотке крови при алкогольной зависимости: корреляции с атипичной депрессивной симптоматикой и ангедонией
<i>Latyushina L., Malysheva L., Piotrovich A., Pavlienko Yu., Shirshova N.</i> — A study of the prevalence, peculiarities and efficiency of optimization method of complex treatment of odontogenic maxillary sinusitis..... 207	<i>Roshchina O., Levchuk L., Boiko A., Schastnyy E., Ivanova S.</i> — Concentration of melatonin in blood serum of patients with alcohol use disorder: correlations with atypical depressive symptoms and anhedonia 231
Манухина Е. И., Сакварелидзе Н. Ю., Испас А. А. — Клиническое значение суточного мониторирования артериального давления в прогнозировании развития преэклампсии у беременных с гиперандрогенией и избыточной массой тела	Эсаулова Т. А., Кочина И. И., Базаева О. В., Зязина Е. Н., Шварц Р. Н. — Признаки эндогенной интоксикации у пациентов с дисбиозом толстого кишечника
<i>Manukhina E., Sakvarelidze N., Ispas A.</i> — Clinical relevance of ambulatory for predicting the development of preeclampsia in overweight pregnant women with hyperandrogenism..... 213	<i>Esaulova T., Kochina I., Bazaeva O., Zyazina E., Shvartz R.</i> — Signs of endogenous intoxication in patients with colonic dysbiosis..... 236
Моисеев А. А. — Перфузионные методы защиты головного мозга при операциях на дуге аорты	
<i>Moiseev A.</i> — Perfusion methods of cerebral protection in aortic arch surgery..... 218	
	Информация
	Наши авторы. Our Authors..... 240
	Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале 245

ВЛИЯНИЕ КОНЕЧНЫХ ПРОДУКТОВ ГЛИКИРОВАНИЯ НА ОТЯГОЩЕНИЕ ВИРУС-АССОЦИИРОВАННОГО ОПЛ/ОРДС В УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО САХАРНОГО ДИАБЕТА И ИММУНОСУПРЕССИИ

Александров Андрей Георгиевич

Аспирант, ФГБУ «НИИ группа им. А. А. Смородинцева»
Минздрава России, Санкт-Петербург
forphchemistry@gmail.com

Саватеева-Любимова Татьяна Николаевна

Д.м.н., профессор, в.н.с., ФГБУ «НИИ группа
им. А. А. Смородинцева» Минздрава России,
Санкт-Петербург
drug_safety@mail.ru

THE EFFECT OF ADVANCED GLYCATION END PRODUCTS ON VIRUS-ASSOCIATED ALI/ARDS IN EXPERIMENTAL DIABETES MELLITUS AND IMMUNOSUPPRESSION

**A. Aleksandrov
T. Savateeva-Lyubimova**

Summary. In this article we study the effect of advanced glycation end products on virus-associated acute lung injury (ALI) in animals with associated premorbid pathology such as alloxan-induced diabetes mellitus (AIDS) and methotrexate-induced immunosuppression (MIS). The mouse-adapted pandemic influenza virus A/California/7/09MA (H1N1) pdm09 was used for modeling viral infection at a dose of LD50. The severity of ALI was assessed by the level of saturation index and morphological changes in lungs. Level of AGEs was measured in the supernatant of lung homogenates by fluorescence. AGEs showed significant role on virus-induced ALI associated with AIDS, but not with MIS. Obtained results may be relevant for developing new ways of relieving virus-associated ALI with associated premorbid pathology various pathogenesis.

Keywords: advanced glycation end products, acute lung damage, flu, diabetes mellitus, immunosuppression.

Аннотация. В статье представлены данные по изучению влияния конечных продуктов гликирования на течение вирус-ассоциированного острого повреждения лёгких (ОПЛ) у животных с преморбидной патологией в виде аллоксан-индуцированного сахарного диабета (АИСД) и метотрексат-индуцированной иммуносупрессии (МИИС). Моделирование вирус-ассоциированного ОПЛ осуществляли путём интраназального введения вируса гриппа штамма A/California/7/09MA в дозе LD50. Оценку тяжести течения ОПЛ проводили по уровню сатурации гемоглобина крови кислородом и патоморфологическим изменениям в лёгких. Содержание КПГ определяли в супернатанте гомогенатов лёгких по уровню флуоресценции. Проведённое исследование показало значимую роль конечных продуктов гликирования в отягощении течения ОПЛ на фоне АИСД, но не на фоне МИИС. Полученные результаты могут быть использованы для разработки новых подходов к коррекции вирус-ассоциированного ОПЛ с учётом особенностей патогенетических звеньев сопутствующих заболеваний.

Ключевые слова: конечные продукты гликирования, острое повреждение легких, грипп, сахарный диабет, иммуносупрессия.

Введение

Известно, что в период эпидемии гриппа количество пациентов с тяжёлыми осложнениями резко возрастает, а применение этио- и патогенетической терапии не всегда является достаточным [1; 2]. Так, одним из осложнений гриппозной инфекции является острое повреждение лёгких (ОПЛ) и его отягощённая форма — острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС). По данным клинических исследований у больных с ОПЛ/ОРДС, получавших комплексную терапию, частота летального исхода доходила до 40% [3; 4; 5]. Прогрессирующее развитие дыхательной недостаточности у данной категории больных влияет на ряд обменных процессов, в том числе нарушая процесс кислородзави-

симого окислительного фосфорилирования, в котором глюкоза распадается до воды и углекислого газа. В результате возрастает доля анаэробной (неферментативной) утилизации глюкозы, приводящей к образованию конечных продуктов гликирования (КПГ). Последние играют значительную роль в отягощении течения ОПЛ/ОРДС, потенцируя воспалительные процессы и участвуя в непосредственном повреждении клеточной стенки эпителиоцитов респираторного тракта [6; 7]. Негативная роль чрезмерного накопления КПГ отмечена и в патогенезе осложнений широкого спектра заболеваний, в том числе, являющихся крайне неблагоприятным преморбидным фоном при гриппозной инфекции [8; 9; 10]. В связи с этим, представлялось актуальным изучение влияния КПГ на степень тяжести поражения лёгких у за-

раженных мышей при наличии преморбидной патологии различного генеза.

Целью данной работы явилось изучение вклада КПП в отягощение течения вирус-ассоциированного ОПЛУ животных с аллоксан-индуцированным сахарным диабетом (АИСД) в сравнении с животными, у которых преморбидной патологией являлась метотрексат-индуцированная иммуносупрессия (МИИС).

Материалы и методы

Эксперименты были выполнены на беспородных мышах самках (n=115), полученных из ФГУП «Питомник лабораторных животных «Рапполово» РАН (Ленинградская область). Все манипуляции осуществлялись в соответствии с директивой 2010/63/EU Европейского парламента и совета Европейского союза по охране животных, используемых в научных целях (Rus-LASA, 2012).

Вирус-ассоциированное ОПЛ моделировали путем интраназального введения штамма вируса гриппа A/California/7/09MA (H1N1) pdm09 в дозе, равной LD50 (10–3,4 в десятикратном разведении), определенной в предварительных экспериментах по методике Рида-Менча [11]. Штамм вируса гриппа A/California/7/09MA (H1N1) pdm09 был получен из рабочей коллекции ФГБУ «НИИ гриппа им. А.А.Смородинцева» Минздрава России. Вирусную природу ОПЛ подтверждали постановкой реакции гемагглютинации по образованию характерного «зонтика» в смеси [12].

С целью создания у животных АИСД аллоксан моногидрат (Sigma-Aldrich, США) вводили в дозе 180 мг/кг подкожно однократно, предварительно определив уровень глюкозы в крови, забранной из буккального синуса. Концентрацию глюкозы определяли потенциометрически с помощью глюкометра (Германия). Через 10 дней у животных определяли уровень глюкозы в крови повторно. Критерием включения животных в эксперимент являлось увеличение концентрации глюкозы в 2,5 раза и выше по отношению к фоновым показателям [13]. Формирование МИИС вызывали введением метотрексата (Эбеве Фарма, Австрия) в дозе 1,25 мг/кг внутривенно один раз в 3 дня в течение 3-х недель [14].

Экспериментальные животные были разделены на 4 группы: группа № 1 — интактные животные (n=15); группа № 2 — инфицированные мыши, получавшие 0,9% NaCl (n=40); группа № 3 — инфицированные мыши с преморбидным фоном в виде АИСД (n=60); группа № 4 — инфицированные мыши с преморбидным фоном в виде МИИС (n=60).

Животные из 2-й, 3-ей и 4-й группы были разделены на равные подгруппы. В первых подгруппах оценивали уровень летальности. Во вторых подгруппах часть животных подвергали плановой эвтаназии на 4-е и 7-е сутки после инфицирования с целью забора биоматериала. Оценку уровня сатурации гемоглобина крови кислородом проводили по методике Джонкинса [15]. Оценку оптической плотности растворов гемоглобина осуществляли на приборе АБхФк-02-«НПП-ТМ» (Россия). Концентрацию КПП определяли путём оценки уровня флуоресценции супернатанта гомогената лёгких при длинах волн: λ_{ex} =360 нм, λ_{em} =440 нм на флуоресцентном модуле прибора CLARIOstar (Германия) [16].

Лёгких животных после плановой эвтаназии, фиксировали в 10% формалине (pH=7,4), срезы окрашивали гематоксилин-эозином [17]. Степень поражения лёгких была оценена по методике, предложенной American Thoracic Society [18].

Оценку статистической значимости различий проводили при помощи программы Graphpad Prism 8. Для регистрируемых количественных параметров рассчитывали показатели описательной статистики, включавшие в себя среднее арифметическое значение параметра в группе (Mean), стандартное отклонение параметра (Std.Dev., SD), стандартную ошибку среднего (Std.Err., SE), 25-й и 75-й процентиля. Для оценки различий между выборками применяли тесты Краскела–Уоллиса и Манна–Уитни. Представленные в таблицах и на рисунках данные указаны в виде среднего арифметического и его ошибки (Mean±SE). Динамика выживаемости представлена на кривых Каплана–Мейера, достоверность различий вычисляли с помощью критерия Мантела–Кокса. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$. Корреляционный анализ проведен при помощи теста ранговой корреляции Спирмена [19, 20].

Результаты и обсуждение

Гибель опытных животных происходила в период с 7-го по 13-й день после инфицирования. Общая летальность в период наблюдения у животных с АИСД и МИИС составила 70%, что было несколько выше, чем у мышей, получавших 0,9% раствор NaCl (50%). Значимых межгрупповых различий выявлено не было.

Оценка уровня КПП по величине флуоресценции в супернатанте лёгких у животных из всех опытных групп продемонстрировала прогрессивный характер их накопления в течение эксперимента. Максимальное увеличение уровня КПП на обоих сроках регистрации было отмечено у животных с АИСД. При этом межгрупповые различия носили значимый характер ($p=0,0317$) на 4-е сутки течения инфекционного процесса. Оценка величины сатурации ге-

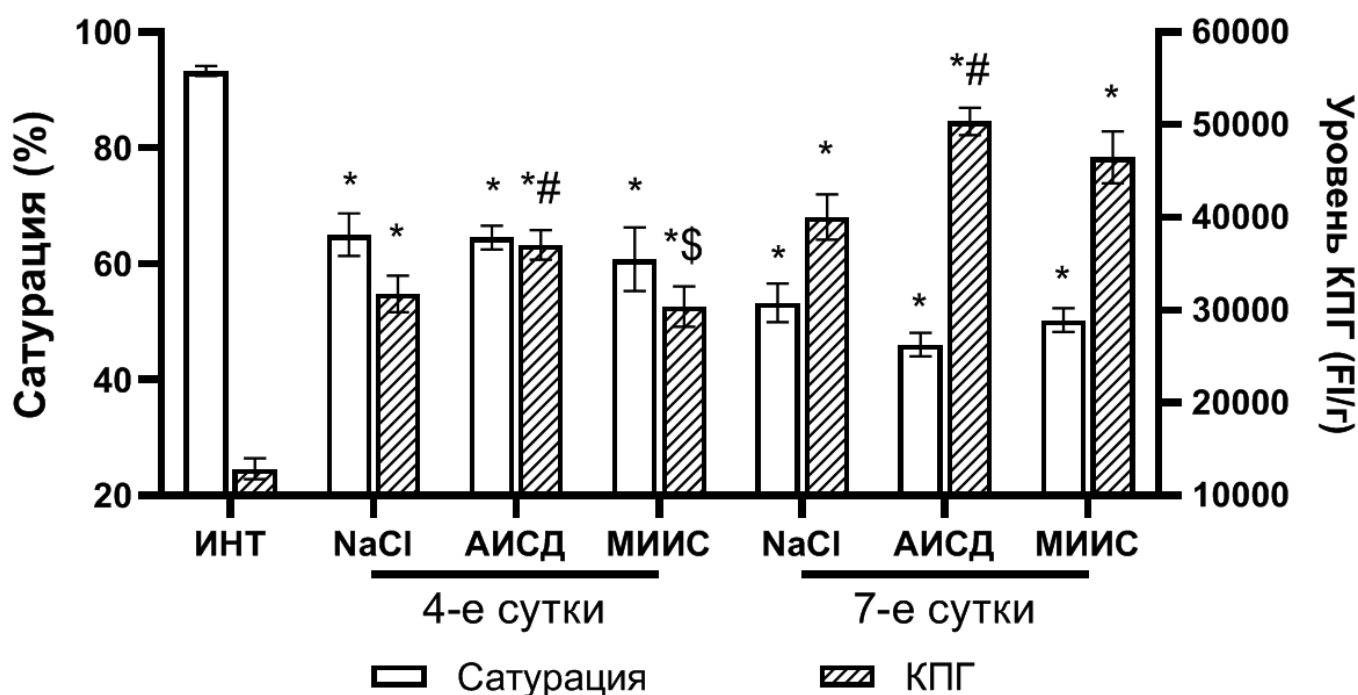


Рис. 1. Динамика изменения уровня сатурации гемоглобина крови кислородом (%) и концентрации КПГ в ткани лёгких по уровню флуоресценции(FI/r).

* – $p \leq 0,05$ по отношению к группе № 1; # – $p \leq 0,05$ по отношению к группе № 2; \$ – $p \leq 0,05$ по отношению к группе № 3. Сравнения приведены внутри своего временного отрезка.

ИНТ — интактные мыши (группа № 1, $n=15$); NaCl — инфицированные мыши без преморбидной патологии (группа № 2, $n=40$); АИСД — инфицированные мыши с АИСД (группа № 3, $n=60$); МИИС — инфицированные мыши с МИИС (группа № 4, $n=60$).

моглобина крови кислородом у всех инфицированных животных показала прогрессирующее падение уровня данного показателя в процессе развития ОПЛ. Максимально выраженный характер нарушения легочного газообмена был отмечен на 7-е сутки эксперимента у мышей с АИСД.

Данные представлены на рисунке № 1.

Патоморфологическое исследование показало наличие кровоизлияний в лёгких у животных из всех опытных групп, площадь которых прогрессивно увеличивалась с 4-х по 7-е сутки после инфицирования. Гистологическое исследование выявило рост клеточных инфильтратов и отёчных проявлений в лёгочной паренхиме. Наблюдалось полнокровие сосудов, альтерация альвеолоцитов, сопровождавшаяся десквамацией клеток, оголением базальной мембраны, скоплением дебриса в альвеолярном пространстве. При этом наблюдаемые изменения у мышей с АИСД на 4-е сутки были более выражены, чем у мышей с МИИС.

Полуколичественная оценка поражения лёгочной паренхимы показала рост повреждения лёгких мышей

с преморбидной патологией на 4-е и 7 сутки после инфицирования по отношению к животным, получавшим плацебо. При этом у мышей с АИСД данный рост носил значимый характер, как на 4-е, так и 7-е сутки, в то время как у мышей с МИИС данные различия носили характер тенденции. В свою очередь у мышей с экспериментальным сахарным диабетом рост повреждения лёгких на 4-е сутки значимо превышал таковой у мышей с экспериментальной иммуносупрессией. Поражений в лёгких интактных животных не наблюдали ($0,03 \pm 0,00$ балла при полуколичественной оценке). Данные приведены в таблице 1.

Проведённый корреляционный анализ выявил различия во взаимосвязи между степенью поражения лёгких и уровнем КПГ у животных с различной преморбидной патологией. Так, у мышей с АИСД наблюдалась значимая обратная зависимость между уровнем КПГ и функциональной активностью лёгких, оценённой по величине уровня насыщения гемоглобина крови кислородом ($r = -0,8039$ при $p = 0,0162$), в отличие от животных с МИИС ($r = -0,4256$ при $p = 0,2931$). Отмечено наличие взаимосвязи между ростом уровня КПГ и выраженно-

Таблица 1. Суммарная полуколичественная оценка поражения лёгких (Mean±SE, баллы)

Экспериментальные группы	Дни эксперимента	
	4-е сутки	7-е сутки
Группа № 2 (n=5)	0,40±0,01*	0,63±0,01*
Группа № 3 (n=5)	0,51±0,02*#	0,71±0,01*#
Группа № 4 (n=5)	0,46±0,01*§	0,73±0,02*#

Примечание: * – $p \leq 0,05$ по отношению к группе № 1, # – $p \leq 0,05$ по отношению к группе № 2, § – $p \leq 0,05$ по отношению к группе № 3.

Группа № 1 — интактные мыши, группа № 2 — инфицированные мыши без преморбидной патологии, группа № 3 — мыши инфицированные с АИДС, группа № 4 — мыши инфицированные с МИИС.

стью повреждения лёгочной паренхимы у инфицированных мышей с преморбидными патологиями, при этом корреляционная зависимость у мышей с АИДС была более выражена по сравнению с животными с МИИС ($r=0,8701$ при $p=0,0050$, $r=0,7605$ при $p=0,0285$).

Заключение

Проведённое сравнительное исследование выявило различную степень вовлеченности КПГ в отягощение ОПЛ, индуцированного вирусом гриппа A/H1N1pdm 09 в условиях преморбидной патологии различного генеза. Наряду с более выраженным ростом КПГ у мышей с обеими преморбидными патологиями по сравнению с животными, получавшим плацебо, наиболее значительный прирост данных продуктов наблюдался у мышей с АИДС. Аналогично и степень вовлеченности КПГ в развитие ОПЛ была значимо выше у животных с сахарным диабе-

том, чем у мышей с иммуносупрессией, по показателям степени насыщения гемоглобина кислородом и повреждения легочной паренхимы.

Наблюдаемые различия могут быть объяснены изначально высокой концентрацией глюкозы при АИДС, что провоцирует чрезмерное образование предшественников КПГ в условиях развивающейся гипоксии [21; 22]. В то же время антиметаболит метотрексат, вследствие своего специфического механизма действия, вызывает повреждение ДНК, что лежит в основе нарушения процессов синтеза белков, являющихся необходимым субстратом для избыточного образования КПГ [9; 10; 23].

Полученные результаты могут быть полезными при разработке новых подходов к экспериментальной терапии ОПЛ/ОРДС вирусного генеза с учетом особенностей патогенеза преморбидной патологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грипп у взрослых: методические рекомендации по диагностике, лечению, специфической и неспецифической профилактике / Под ред. А. Г. Чучалина, Т. В. Сологуб. — СПб.: НП-Принт, 2014. — 192 с.
2. Киселев О. И. Пандемии начала XXI века. Грипп птиц и пандемия «свиного» гриппа H1N1 2009 г. — СПб.: Фолиант, 2016. — 368 с.
3. Lobo S.M., Watanabe A. S.A., Salomão M. L.M. et al. Excess mortality is associated with influenza A (H1N1) in patients with severe acute respiratory infections.// *Journal of Clinical Virology*, 2019. — Vol. 116, P. 62–68, doi:10.1016/j.jcv.2019.05.003
4. Jaber S., Conseil M., Coisel Y. et al. Grippe A (H1N1) et SDRA: caractéristiques des patients admisenréanimation et prise en charge. *Revue de la littérature// Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation*, 2010. — Vol. 29, Iss. 2, P. 117–125. doi:10.1016/j.annfar.2009.12.026
5. Töpfer L., Menk M., Weber-Carstens S. et al. Influenza A (H1N1) vs non-H1N1 ARDS: Analysis of clinical course// *Journal of Critical Care*, 2014. — Vol. 29, Iss. 3, P. 340–346. doi:10.1016/j.jcrc.2013.12.013
6. Kim KM, Jung DH, Jang DS, et al. Puerarin suppresses AGEs-induced inflammation in mouse mesangial cells: a possible pathway through the induction of heme oxygenase-1 expression. *ToxicolApplPharmacol*. 2010;244(2):106–113. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2009.12.023>.
7. Byun K, Yoo Y, Son M, et al. Advanced glycation end-products produced systemically and by macrophages: A common contributor to inflammation and degenerative diseases. *PharmacolTher*. 2017;177:44–55. <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2017.02.030>.
8. Медведева, С. Ю. Токсическое действие аллоксана в динамике аллоксанового диабета/Медведева С.Ю., Булавинцева Т. С., Данилова И. Г., Гетте И. Ф., Сенцов В. Г./Вестник уральской медицинской академической науки, 2012. — № 3, С. 30–33.
9. Cetinkaya A. N-acetylcysteine ameliorates methotrexate-induced oxidative liver damage in rats/A. Cetinkaya, E. Bulbuloglu, E. B. Kurutas, B. Kantarceken//*Medical science monitor*, 2006. — Vol. 12, Iss. 8, P. 274–278.
10. Ланкин В. З. Механизмы окислительной модификации липопротеидов низкой плотности при окислительном и карбонильном стрессах /В.З. Ланкин, А. К. Тихазе, В. И. Капелько, Г. С. Шепелькова, К. Б. Шумаев, О. М. Панасенко, Г. Г. Коновалова, Ю. Н. Беленков//*Биохимия*. — 2007, Том 72, Вып. 10, С. 1330–1341

11. Bursleson FG, Chambers TM, Wiedbrauk DL. *Virology: A laboratory manual*. London, UK: Academic press; 1992. pp. 53–57
12. Ожередова Н.А., Веревкин М. Н., Светлакова Е. В. *Общая вирусология: Методические указания*. — Ставрополь: АГРУС, 2013. — 50 с.
13. Kikumoto Y, Sugiyama H, Inoue T, et al. Sensitization to alloxan-induced diabetes and pancreatic cell apoptosis in acatalasemic mice // Y. Kikumoto, H. Sugiyama, T. Inoue et al. // *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) — Molecular Basis of Disease*, 2010. — Vol. 1802, Iss. 2, P. 240–246, doi: 10.1016/j.bbadis.2009.10.009
14. Шитов Л. Н. Влияние иммунодепрессантов на численность стафилококков в составе микрофлоры толстой кишки / Л. Н. Шитов // *Современные проблемы науки и образования*, 2008. — № 1, С. 151–152
15. Jonxis, J.H.P. The determination of oxygen saturation in small amounts of blood, by means of the Pulfrich step photometer // *Acta Medica Scandinavica*, 1943. — Vol. 115, Iss. 5, P. 425–428, doi: 10.1111/j.0954–6820.1943.tb15858.x
16. Yanagisawa K., Makita Z., Shiroshita K., et al. Specific fluorescence assay for advanced glycation end products in blood and urine of diabetic patients // *Metabolism*, 1998. — Vol. 47, Iss. 11, P. 1348–1353, doi: 10.1016/s0026–0495(98)90303–1
17. Коржевский Д. Э. *Основы гистологической техники* / Д. Э. Коржевский, А. В. Гиляров. — СПб: СпецЛит, 2010. — 95 с.
18. Matute-Bello G, Downey G, Moore BB, et al. An official American Thoracic Society workshop report: features and measurements of experimental acute lung injury in animals. *Am J Respir Cell Mol Biol*. 2011;44(5):725–738. <https://doi.org/10.1165/rcmb.2009–0210ST>.
19. Гланц С. *Медико-биологическая статистика*. Пер. с англ. — М., Практика, 1998. — 459 с.
20. Гржибовский А.М. Корреляционный анализ // *Экология человека*, 2008. — № 9, С. 50–60.
21. Титов В.Н., Хохлова, Н.В., Ширяева, Ю. К. Глюкоза, гликотоксины и продукты гликирования протеинов: роль в патогенезе // *Клиническая медицина*, 2013. — № 91 Вып.3, С. 15–24.
22. Можейко Л.А. Экспериментальные модели для изучения сахарного диабета часть I. Аллоксановый диабет // *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*, 2013. — № 43, Вып. 3, 2013, С. 26–29.
23. Оковитый С. В. *Клиническая фармакология иммунодепрессантов* // *Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии*, 2003. — № 2, вып. 2, С. 2–34.

© Александров Андрей Георгиевич (forphchemistry@gmail.com), Саватеева-Любимова Татьяна Николаевна (drug_safety@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



НИИ гриппа им. А. А. Смородинцева

ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ АНТИОКСИДАНТОВ В ЛИСТЬЯХ ЕЖЕВИКИ СИЗОЙ НА ТЕРРИТОРИИ ФОРТА № 5 (Г. КАЛИНИНГРАД)

DYNAMICS OF THE ACCUMULATION OF ANTIOXIDANTS IN THE LEAVES OF BLACKBERRY OF THE BLACKBERRY IN FORT № 5 (KALININGRAD)

**I. Anokhina
L. Skrypnik**

Summary. Medicinal plants are a valuable source of new pharmaceuticals and the basis for the development of functional products. An urgent task is the study of medicinal plants with a sufficiently rich raw material base and possessing antioxidant activity.

Purpose. The aim of the work was to study the dynamics of accumulation of the total amount of antioxidant compounds in the leaves of blackberry rhizome (*Rubus caesius* L.), growing on the territory of Fort No. 5 in Kaliningrad.

Method. Antioxidant activity was determined by the ability of plant extracts to bind to the stable radical of 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). **Results.** It was found that the maximum amount of antioxidants accumulated in the leaves in the autumn period (September-October). The change in the level of antioxidant activity depended on the influence of environmental factors on plants. According to the results of the correlation analysis, it was revealed that the greatest influence was exerted by the amount of precipitation.

Conclusion. Given the wide distribution of *Rubus caesius* L. in the Kaliningrad region, this species can be recommended as a source of biologically active substances.

Keywords: blackberry gray, antioxidant, antioxidant activity, medicinal plants, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl.

Анохина Ирина Николаевна

Аспирант, ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени И. Канта»

Iskrypnik@kantiana.ru

Скряпник Любовь Николаевна

К.б.н., доцент, ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени И. Канта

henrietta.amati@mail.ru

Аннотация. Лекарственные растения являются ценным источником новых фармацевтических препаратов и основой для разработки продуктов функционального назначения. Актуальной задачей является исследование лекарственных растений с достаточно обеспеченной сырьевой базой и обладающих антиоксидантной активностью.

Цель. Целью работы являлось изучение динамики накопления общего количества антиоксидантных соединений в листьях ежевики сизой (*Rubus caesius* L.), произрастающих на территории Форта № 5 в Калининграде.

Метод. Антиоксидантную активность определяли по способности растительных экстрактов связываться со стабильным радикалом 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (DPPH). **Результаты.** Установлено, что максимальное количество антиоксидантов накапливалось в листьях в осенний период (сентябрь-октябрь). Изменение уровня антиоксидантной активности зависело от влияния на растения экологических факторов. По результатам корреляционного анализа выявлено, что наибольшее влияние оказывало количество осадков.

Вывод. С учетом широкого распространения *Rubus caesius* L. на территории Калининградской области данный вид можно рекомендовать в качестве источника получения биологически активных веществ.

Ключевые слова: ежевика сизая, антиоксидант, антиоксидантная активность, лекарственные растения, 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил.

Введение

Лекарственные растения традиционно используются в различных травяных сборах. Роль травяного чая в профилактике и лечении заболеваний частично обусловлена антиоксидантными компонентами в его составе (флавоноиды, аскорбиновая кислота, танины, каротиноиды) [1]. Наиболее перспективными источниками антиоксидантов считаются дикорастущие растения [2]. Актуальной задачей является исследова-

ние лекарственных растений с достаточно обеспеченной сырьевой базой и обладающих антиоксидантной активностью. К таким растениям относится ежевика сизая, широко распространённая в Калининградской области [3].

Литературный обзор

Ежевика — растение рода *Rubus* L. подрода *Eubatus* семейства розовых (*Rosaceae*). Представляет собой мно-

Таблица 1. Сезонная динамика накопления антиоксидантов в листьях ежевики сизой в 2019 г.

№	Месяцы	АОА, мг-экв. АК/г	Степень от максимума накопления АО, %
1	Апрель	21,45 ± 0,86	15,0
2	Май	37,65 ± 1,15	26,3
3	Июнь	53,46 ± 1,42	37,4
4	Июль	62,77 ± 0,61	43,9
5	Август	71,72 ± 1,85	50,2
6	Сентябрь	142,98 ± 1,30	100,0
7	Октябрь	116,18 ± 0,47	81,3
8	Ноябрь	59,88 ± 2,10	41,9

голетний полукустарник с цилиндрическими побегами, покрытыми тонкими шипами, с очередными тройчатыми, располагающимися на черешках, светло-зелёными листьями. Для ежевики характерны белые пятичленные, собранные в соцветия обоеполые цветки. Плод — сборная сложная сочная ягода — костянка с восковым налётом. Цвет созревших ягод от тёмно-фиолетового до пурпурного [4].

На основании анализа распространения сосудистых растений на территории Калининградской области под руководством профессора В.П. Дедкова ежевика насчитывает порядка 15 видов [3]. Наиболее широко распространёнными в области являются ежевика сизая (*Rubus caesius* L.) и ежевика неская (*Rubus nessensis* W. Hall).

Ежевика сизая распространена в европейской части России, на юге Западной Сибири и на Кавказе. Растет по поймам рек, в сырых лесах, среди кустарников, оврагах, вдоль дорог. Цветет ежевика с мая по август, а плодоносит с июля по сентябрь. В народной медицине используют, как плоды, так и листья ежевики в качестве общеукрепляющего, противовоспалительного, кровоостанавливающего, вяжущего, мочегонного и потогонного средства [4,5].

В листьях ежевики сизой содержатся различные классы соединений: полифенольные соединения, витамины, органические кислоты, дубильные вещества [6,7]. Результаты исследований содержания биологически активных компонентов в лекарственных дикорастущих растениях Калининградской области представлены во многих работах и затронули такие территории как Ботанический сад БФУ им. И. Канта, Куршская коса и природный парк «Виштынецкий» [1,8,9]. В том числе в ряде этих работ исследовалась антиоксидантная активность листьев ежевики сизой, но не была представлена динамика их накопления. При этом качественный и количественный состав растений зависит географического места произрастания.

Таким образом, целью работы являлось изучение динамики накопления общего количества антиоксидантных соединений в листьях ежевики сизой, произрастающих на территории Форта № 5 (г. Калининград).

Объекты и методы

В качестве объекта исследования использовались зрелые зелёные листья ежевики сизой. Образцы для исследования собирали с апреля по ноябрь 2019 года в местах естественного произрастания на территории Форта № 5 в Калининграде. Сушка сырья производилась в хорошо проветриваемых помещениях без доступа прямых солнечных лучей при комнатной температуре.

Форт № 5 является памятником оборонительного зодчества, располагается на северо-западе Калининграда в 30 км от Балтийского моря. Центральное сооружение форта, окружено водным рвом шириной 20–25 метров и глубиной 3–5 метров, вокруг которого имеются зелёные насаждения.

Антиоксидантную активность (АОА) экстрактов растительных образцов определяли по способности улавливать свободные радикалы DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразила) [10]. Для экстракции 0.1 г растительного материала гомогенизировали с 10 мл 98%-ного этанола и центрифугировали 15 минут при 6 тыс. об/мин.

При определении антиоксидантной активности по методу DPPH экстракты растений смешивали с 2.85 мл свежеприготовленного 0.1 мМ раствора 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила. Смесь инкубировали в темноте при комнатной температуре в течение 30 минут. Измерение оптической плотности снимали при 515 нм (спектрофотометр UV-3600, Shimadzu, Япония). Каждый образец анализировали в трёх повторностях. В качестве стандарта использовали раствор аскорбиновой кислоты известной концентрации. Статистическую обработку результатов проводили по стандартным методам, доверительный интервал вычисляли с применением коэффи-

Таблица 2. Метеорологические условия Калининграда в 2019 г.

Месяцы	Средняя дневная температура	Средняя ночная температура	Количество осадков	Усредненный показатель силы ветра м./с.	Средне-суточное количество солнечных часов
Апрель	11,5	4,7	61,1	4,3	7,0
Май	14,3	9,0	95,6	3,8	9,2
Июнь	23,0	15,7	89,9	3,7	10,7
Июль	19,8	14,0	128,1	3,9	9,1
Август	22,0	15,3	95,6	3,4	9,0
Сентябрь	16,8	11,4	129,6	4,2	6,2
Октябрь	12,7	9,0	126,0	4,9	4,5
Ноябрь	6,9	4,2	55,7	4,3	3,6

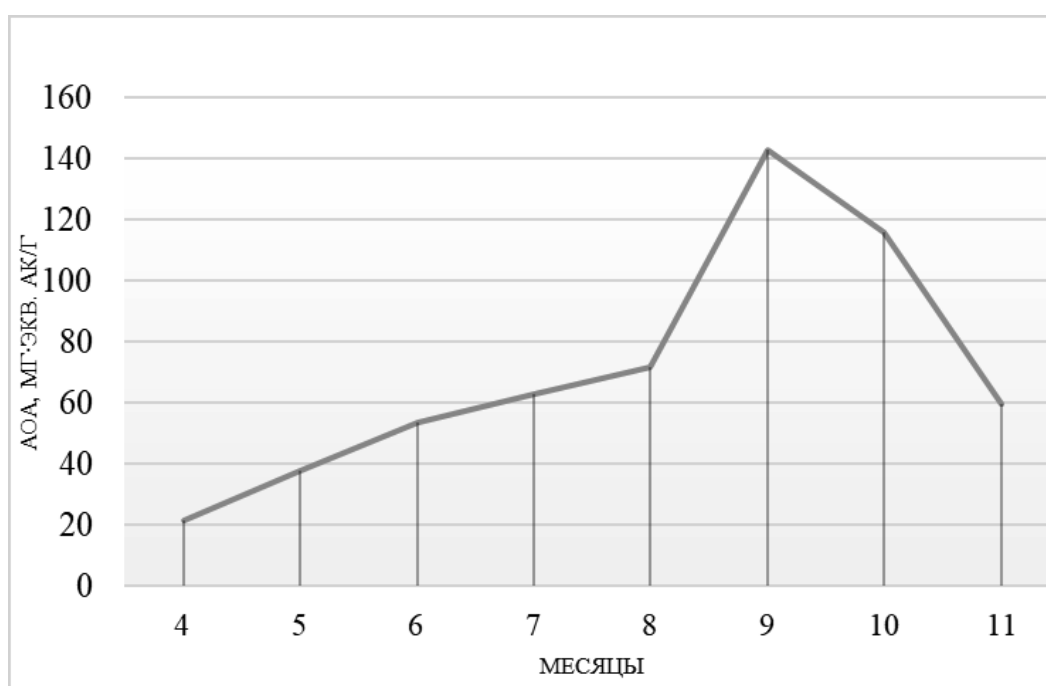


Рис. 1. Динамика накопления антиоксидантов в листьях ежевики сизой по месяцам.

циента Стьюдента. Корреляционный анализ проводился с помощью критерия Пирсона. Данные по антиоксидантной активности растительных экстрактов выражали в мг эквивалента аскорбиновой кислоты (АК) на грамм сухой массы (мг-экв. АК/г).

Обсуждение результатов

В ходе работы исследовалась динамика накопления антиоксидантов (АО) в листьях ежевики сизой. Результаты анализа представлены в таблице 1. Как видно из представленных данных, максимальное содержание антиоксидантов наблюдалось в сентябре и составило $142,98 \pm 1,30$ мг-экв. АК/г, а минимальное в апреле $21,45 \pm 0,86$ мг-экв. АК/г.

Характер динамики антиоксидантных компонентов в листьях ежевики сизой и их количественное изменение в изученный период указывает на то, что эти соединения принимают активное участие в обменных процессах растительной клетки. Умеренное накопление антиоксидантных компонентов в листьях ежевики сизой в вегетационный период с мая по август свидетельствует о том, что растение затрагивает энергию на формирование цветков и плодов. На графике отчетливо прослеживается динамика накопления антиоксидантов в листьях ежевики сизой по месяцам (рисунок 1).

Было зафиксировано два резких перепада по уровню антиоксидантов с августа по сентябрь, где значения увеличились вдвое по сравнению с предыдущим меся-

Таблица 3. Коэффициенты корреляции Пирсона между содержанием антиоксидантной активностью экстрактов растений и различными экологическими показателями

Показатель	Средняя дневная температура	Средняя ночная температура	Количество осадков	Усредненный показатель силы ветра м./с.	Средне-суточное количество солнечных часов
АОА	0,01	0,23	0,71	0,38	-0,40

цем ($71,72 \pm 1,85$ мг-экв. АК/г до $142,98 \pm 1,30$ мг-экв. АК/г), и с октября по ноябрь — количество антиоксидантов сократилось в два раза ($116,18 \pm 0,47$ мг-экв. АК/г до $59,88 \pm 2,10$ мг-экв. АК/г). С мая по август наблюдался умеренный рост антиоксидантной активности без резких колебаний.

Уровень антиоксидантов во многом зависит от экологических условий произрастания растений. Значительное влияние на накопление биологически активных соединений в растениях оказывает температура, сила ветра, количество осадков и свет. В таблице 2 представлены данные по этим показателям за 2019 год на основе данных сайта «Погода 360» [11].

Чтобы выяснить зависимость от экологических факторов, был проведён корреляционный анализ данных, представленный в таблице 3.

Как следует из представленных в таблице данных, между количеством выпавших осадков и антиоксидантной активностью выявлено наличие корреляции высокой степени — коэффициент корреляции r составил 0,71. Между показателем силы ветра и суммарным содержанием антиоксидантов корреляционная зависимость была умеренной ($r = 0,38$), а между количеством солнечного света и антиоксидантной активностью наблюдалась обратная зависимость умеренной силы ($r = -0,40$). При этом между показателями среднесуточной температуры и содержанием антиоксидантов корреляционной зави-

симости не обнаружено ($r = 0,01$), а между показателями средней ночной температуры и антиоксидантной активностью выявлена слабая взаимосвязь ($r = 0,23$).

Таким образом, особое влияние на результаты антиоксидантной активности оказали осадки и ветер. Причём сила ветра на территории исследования была несколько выше, несмотря на представленные метеорологические данные, это связано с близостью моря, что в свою очередь тоже оказало некоторое влияние на результаты.

ВЫВОДЫ

В данной работе была исследована динамика накопления антиоксидантов в листьях ежевики сизой (*Rubus caesius* L.). Установлено, что максимальное количество антиоксидантов накапливалось в листьях в осенний период (сентябрь-октябрь).

Изменение уровня антиоксидантов зависело от влияния на растения экологических факторов. По результатам корреляционного анализа выявлено, что наибольшее влияние оказывало количество осадков ($r = 0,71$)

С учетом широкого распространения на территории Калининградской области растений ежевики сизой их можно рекомендовать в качестве источника получения биологически активных веществ и как сырьё при производстве функциональных продуктов питания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лекарственные растения природного парка «Виштынецкий» (Калининградская область) как ценный источник биологически активных веществ фенольной природы / Л. Н. Скрыпник [и др.] // Успехи современного естествознания. — 2019. — № 1. — С. 51–56.
2. Wijesekera R. O. B. The medicinal plant industry. N.Y.: Routledge, 2017. 280 p.
3. Конспект сосудистых растений Калининградской области: Справочное пособие / Под ред. В. П. Дедкова. — Калининград: Калининградский государственный университет, 1999. — 107 с.
4. Сафронова И. В. Содержание и фармакологические свойства биологически активных компонентов ежевики / И. В. Сафронова, И. А. Гольдина, К. В. Гайдуль, В. А. Козлов // Инновации и продовольственная безопасность. — 2017. — № 4(18). — С. 96–106.
5. Antimicrobial activity against *Helicobacter pylori* strains and antioxidant properties of blackberry leaves (*Rubus ulmifolius*) and isolated compounds / S. Martini, C. D'Addario, A. Colacevich [et al.] // Int. J. Antimicrob. Agents. — 2009. — Vol. 34, N1. — P. 50–59.
6. Вдовенко-Мартынова Н. Н., Степанюк С. Н. Фитохимическое исследование листьев ежевики сизой *Rubus caesius* L. // Вестник Пермской государственной фармацевтической академии. — 2010. — № 7. — С. 37–40.
7. Chemical Constituents and Biological Activities of Plants from the Genus *Rubus* / J. Li, L. F. Du, He Y. [et al.] // Chem. Biodivers. — 2015. — Vol. 12, N12. — P. 1809–47.

8. Чупахина Г. Н. Оценка антиоксидантного статуса растений различных экологических групп Куршской косы / Г. Н. Чупахина, П. В. Масленников, Л. Н. Скрыпник, Е. М. Фролов // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. — 2010. — № 7. — С. 77–83.
9. Maslennikov P.V., Chupakhina G. N., Skrypnik L. N. The content of phenolic compounds in medicinal plants of a botanical garden (Kaliningrad oblast). *Biology Bulletin*. 2012. Vol. 41. № 2. P. 133–138.
10. Tonutare T. Possibilities to Affect Antioxidant Properties of Strawberries and Some Methodical Aspects in Their Determination: Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the field of agriculture / Tonu Tonutare. — Tartu. Estonian university of life sciences, 2015. — 150 p.
11. Погода 360 [Электронный ресурс] URL <http://russia.pogoda360.ru/> (дата обращения: 05.03.2020).

© Анохина Ирина Николаевна (Iskrypnik@kantiana.ru), Скрыпник Любовь Николаевна (henrietta.amati@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



АКТИВАЦИЯ ХОЛИНЕРГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОЧВЕННОЙ НЕМАТОДЫ CAENORHABDITIS ELEGANS МАУРАС СОКОМ ALLIUM SATIVUM L.

ACTIVATION OF CHOLINERGIC SYSTEM OF SOIL NEMATODE CAENORHABDITIS ELEGANS MAURAS BY ALLIUM SATIVUM L. JUICE

**A. Egorova
R. Kolsanova
T. Kalinnikova**

Summary. In experiments with soil nematode *C. elegans* it was shown that *Allium sativum* juice is toxic for nematodes. The target of toxic action of *A. sativum* is *C. elegans* nervous system. *A. sativum* juice increased the sensitivity of *C. elegans* organism to negative action of levamisole, agonist of nicotinic acetylcholine receptors. *A. sativum* juice also increased the nematodes sensitivity to the rise in endogenous acetylcholine level by partial inhibition of acetylcholine esterase by aldicarb. The results of this work show that the mechanism of toxic action of *A. sativum* juice consists in activation of nematodes' cholinergic system.

Keywords: *Allium sativum*, anthelmintic drugs, *Caenorhabditis elegans*, levamisole, nicotinic acetylcholine receptors.

Егорова Анастасия Васильевна

*М.н.с., Институт проблем экологии
и недропользования Академии наук Республики
Татарстан, г. Казань
egorovanastassia@gmail.com*

Колсанова Руфина Рифкатовна

*К.б.н., н.с., Институт проблем экологии
и недропользования Академии наук Республики
Татарстан, г. Казань
rufina@kolsanova.com*

Калинникова Татьяна Борисовна

*К.б.н., Институт проблем экологии
и недропользования Академии наук Республики
Татарстан, г. Казань
tbkalinnikova@gmail.com*

Аннотация. В экспериментах с почвенными нематодами *C. elegans* показано, что сок *Allium sativum* токсичен для нематод. Мишенью токсического действия *A. sativum* является нервная система *C. elegans*. Сок *A. sativum* повышает чувствительность организма *C. elegans* к негативному действию агониста никотиновых рецепторов левамизола. Сок *A. sativum* усиливает чувствительность нематод и к повышению уровня эндогенного ацетилхолина частичным ингибированием ацетилхолинэстеразы алдикарбом. Результаты работы показывают, что механизмом токсического действия *A. sativum* является активация холинергической системы нематод.

Ключевые слова: *Allium sativum*, антигельминтные препараты, *Caenorhabditis elegans*, левамизол, никотиновые рецепторы ацетилхолина.

Введение

Гельминты — одна из самых распространенных групп паразитов, поражающих человека, животных и растения. По данным Всемирной организации здравоохранения различными гельминтозами поражены не менее 2 млрд. человек, 135 тыс. человек ежегодно погибают от гельминтозов. Ежегодный ущерб, причиняемый гельминтами животноводству и растениеводству, оценивается в несколько миллиардов долларов [1].

В настоящее время основным средством лечения и профилактики гельминтозов у человека и животных являются синтетические нематоциды, относящиеся к разным химическим группам. Для борьбы с фитонематодами в растениеводстве и лесном хозяйстве также применяются химические препараты системного дей-

ствия. В последние десятилетия возрастает интерес к использованию для защиты растений от паразитических нематод и насекомых вторичных метаболитов растений, обладающих инсектицидной и нематоцидной активностью. В медицине и ветеринарии тоже наметилась тенденция к использованию растительных препаратов для лечения и профилактики гельминтозов. Это объясняется двумя причинами. Во-первых, большинство химических препаратов при их интенсивном применении быстро утрачивают свою эффективность вследствие отбора устойчивых к ним форм гельминтов. Во-вторых, во многих странах активно развивается так называемое органическое сельское хозяйство, философия которого подразумевает полный отказ от использования химических средств защиты растений от вредителей и переход на растительные препараты для профилактики и лечения заболеваний животных. В научной литературе даже

появился термин «этноветеринария» для характеристики разведения животных без использования традиционных лекарственных форм [2–3].

Одним из растений, используемых в народной медицине и этноветеринарии для лечения гельминтозов, является чеснок *Allium sativum* L. Лечебные свойства этого растения известны человечеству уже более 5000 лет. В народной медицине используются его антимикробные и противопаразитарные свойства, им лечат заболевания сердечнососудистой и эндокринной системы, различные простудные заболевания и др. Лечебные свойства чеснока определяются его химическим составом. *A. sativum* содержит по меньшей мере 33 серусодержащих органических соединений, 17 аминокислот и минеральные вещества, в частности селен. Наибольшей биологической активностью обладает аллицин. В интактных растениях чеснока в вакуолях содержится фермент аллииназа, а в цитоплазме — аминокислота аллиин. При механическом разрушении клеток эти компоненты вступают во взаимодействие, вследствие чего образуется аллицин [4].

В ветеринарии для лечения гельминтозов животных используют сок *A. sativum*, спиртовые и водные экстракты, полученные из луковиц *A. sativum*. Имеющиеся в литературе немногочисленные данные об эффективности использования *A. sativum* в качестве антигельминтного средства в исследованиях *in vivo* противоречивы. При выпаивании овцам разведенного сока чеснока в течение недели существенно снижалась зараженность животных стронгилезом и трихостронгилезом [5]. Водный экстракт *A. sativum* при однократном пероральном введении снижал зараженность овец *Trichostrongylus* spp., *Oesophagostomum* spp. и *Strongyloides* spp. в последующие три недели, хотя был менее эффективен, чем альбендазол [2]. Пероральное введение водного экстракта *A. sativum* в течение 60 дней снижало зараженность бенгальских черных коз гельминтами в 2–7 раз [6]. Пероральное введение сока *A. sativum* козам бурской породы привело к снижению зараженности животных *Haemonchus contortus* через две недели после обработки, но разница с контрольной группой была статистически недостоверной [7]. Однократное пероральное применение этанольного экстракта *A. sativum* не оказало влияния на степень зараженности овец *Haemonchus* spp. [8].

Исследование эффективности антигельминтных препаратов *in vitro* сопряжено с определенными трудностями. Тем не менее, в научной литературе имеются результаты по изучению антигельминтных свойств *A. sativum* *in vitro*. В исследовании D. Kanojija с соавторами [2] показано, что водный и спиртовый экстракты *A. sativum* в концентрации 12,5–200 мг/мл полностью подавляют

развитие яиц гельминтов. Как водный, так и спиртовый экстракты в концентрациях 25–200 мг/мл останавливали развитие личинок паразитов на третьей стадии. Более высокие концентрации экстрактов (100 и 200 мг/мл) вызывали паралич личинок гельминтов на третьей стадии развития. В другом исследовании [3] сравнивалась эффективность антигельминтного действия водного и спиртового экстрактов *A. sativum* на развитие яиц и личинок *Toxocara canis* и *Ancylostoma caninum*. Водный экстракт *A. sativum* не оказывал негативного влияния на развитие яиц и подвижность личинок *T. canis* и *A. caninum*. Спиртовый же экстракт подавлял развитие 78–100% яиц *A. caninum* и 70–90% яиц *T. canis*, не оказывая влияния на подвижность личинок.

В настоящее время остается открытым вопрос как о механизмах антигельминтного и инсектицидного действия *A. sativum*, так и о вторичных метаболитах этого растения, обладающих антигельминтными и инсектицидными свойствами. Как уже упоминалось, биологическая активность *A. sativum* в основном определяется аллицином. При этом прямые доказательства антигельминтной активности аллицина отсутствуют. Более того, показана неэффективность аллицина при лечении аскаридоза, вызванного *Ascaridia galli*, у цыплят [9].

Изучение прямого действия нематоцидов на гельминтов трудоемко и небезопасно для исследователей. В исследованиях *in vivo* эффективность действия препарата оценивают по изменению количества яиц гельминтов в экскрементах животных [2, 5–8]. Эксперименты *in vitro*, как правило, включают в себя культивирование паразитических гельминтов в лаборатории [2–3]. Для повышения эффективности и снижения себестоимости оценки биологической активности синтетических нематоцидов в последние десятилетия успешно используется свободноживущая почвенная нематода *Caenorhabditis elegans*. Возможность экстраполяции результатов, полученных в тестах на *C. elegans*, на паразитических нематод определяется общим планом строения тела, сравнительной физиологией, фармакологией и нейрохимией Nematoda [10–11]. Несмотря на большое количество работ, посвященных исследованию эффективности действия синтетических нематоцидов на *C. elegans*, антигельминтная активность вторичных метаболитов растений для этого организма ранее не изучалась. Поэтому целью работы было исследование токсического действия сока *A. sativum* на организм *C. elegans*.

Материалы и методы исследования

Эксперименты проводили с *Caenorhabditis elegans* линии дикого типа N2, доступной в *Caenorhabditis*

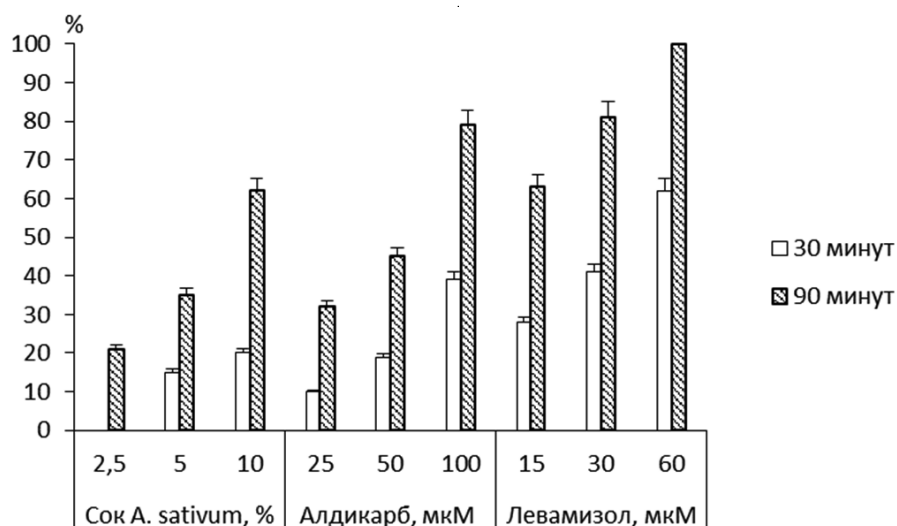


Рис. 1. Влияние сока *Allium sativum*, алдикарба и левамизола на поведение *C. elegans*.

Genetics Center. Нематод выращивали при 22 °С в чашках Петри со стандартной средой выращивания нематод (3 г/л NaCl, 17 г/л бактоагар, 2,5 г/л бактопептон, 5 мг/л холестерин, 1 мМ CaCl₂, 1 мМ MgSO₄, 25 мл/л калийфосфатный буфер (pH 6.0)), засеянной *E. coli* OP50 [12]. Эксперименты проводили в NG буфере (3 г/л NaCl, 1 мМ CaCl₂, 1 мМ MgSO₄, 25 мл/л калийфосфатный буфер (pH 7.0)) [12] с гермафродитами 2-дневного возраста.

Для изучения токсического действия *A. sativum* на организм *C. elegans* исследовали влияние сока при его разбавлении NG буфером на плавание *C. elegans*, индуцированное механическим стимулом (встряхивание пробирки с нематодой). Критериями токсического действия сока *A. sativum* на организм *C. elegans* служили нарушения моторной программы плавания нематод, индуцированного механическим стимулом, и паралич нематод — полная потеря способности к плаванию.

Для получения сока луковицы *A. sativum* измельчали в пластмассовом гомогенизаторе. Сок отжимали вручную через мельничный газ. После отжима сок дополнительно фильтровали через мельничный газ с диаметром ячеек 35 мкм. До начала эксперимента свежесжатый сок отстаивали в течение 20 часов при температуре 6 °С. Часть сока замораживали и хранили при температуре –18 °С; замороженный сок размораживали в день эксперимента при комнатной температуре. В экспериментах использовали сок, разбавленный NG буфером до нужной концентрации.

В работе использовали реактивы фирмы Sigma-Aldrich. Статистическую обработку результатов проводили с использованием углового преобразования Фишера φ*.

Результаты и обсуждение

Сок *A. sativum* в концентрации 5 и 10% вызывал нарушения моторной программы плавания нематод уже через 30 мин инкубации с ним при температуре 22 °С, причем его токсическое действие усиливалось при увеличении времени инкубации. Токсичность сока *A. sativum* при концентрации 2,5% проявлялась у 21% нематод лишь через 90 минут инкубации, но также усиливалась во времени (рис. 1). Увеличение времени инкубации до четырех часов вызывало наступление паралича у части нематод (рис. 2). Умеренное повышение температуры до 31 °С, хорошо переносимое нематодами усиливало токсическое действие сока *A. sativum* (рис. 2). Хранение сока *A. sativum* при –18 °С в течение недели не снижало, а, наоборот, увеличивало его токсичность для *C. elegans* (рис. 2).

По оси ординат доля нематод с нарушенным поведением (в %) после 30 и 90 минут экспозиции к токсикантам при температуре 22 °С. По оси абсцисс концентрация токсикантов.

По оси ординат доля нематод, у которых наступил паралич (в %) после 4- часовой экспозиции к соку *Allium sativum*. По оси абсцисс условия эксперимента.

Действие сока *A. sativum* на организм *C. elegans* сходно с действием известных нематоцидов — левамизола и алдикарба. Во всех случаях наблюдаются нарушения моторной программы плавания, индуцированного механическим стимулом, при сохранении нематодами способности к плаванию. При увеличении концентрации токсиканта или продолжительности воздействия наступает паралич нематод (рис. 2).

Таблица 1. Влияние сока *Allium sativum* и левамизола на поведение *C. elegans*.
Эксперименты проводили при температуре 22 °С.

Условия эксперимента	Доля нематод с нарушениями моторной программы плавания, %				
	Время экспозиции к токсикантам, мин				
	15	30	60	90	120
Сок <i>A. sativum</i> 2.5% 5% 10%	0	0	0	21±1	34±1
	0	15±1	29±1	35±1	69±2
	0	20±1	43±2	62±2	91±3
Левамизол 30мкМ 60мкМ 120мкМ	0	41±2	54±3	81±4	100
	21±1	62±3	79±4	100	-
	40±2	82±2	100	-	-
	-	-	-	-	-

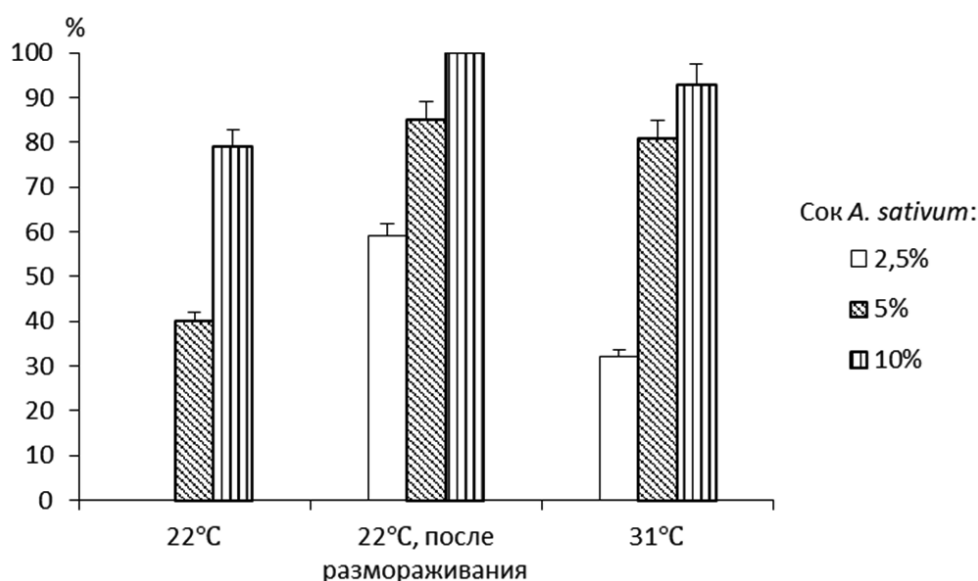


Рис. 2. Токсическое действие сока *Allium sativum* на организм *C. elegans*.

Сходство нарушения поведения нематод соком *A. sativum* и левамизолом позволило предположить, что мишенью токсического действия сока *A. sativum* на организм *C. elegans* могут быть н-холинорецепторы. Это предположение подтверждается результатами экспериментов, в которых исследовалась модуляция чувствительности н-холинорецепторов к левамизолу соком *A. sativum*. Известно, что 15-минутная экспозиция *C. elegans* к левамизолу вызывает нарушения моторной программы плавания нематод, индуцированного механическим стимулом [13]. Действие сока *A. sativum* на организм *C. elegans* наступает в более поздние сроки, и при 15-минутной экспозиции не оказывает влияния на поведение нематод (табл. 1). Но в условиях этого эксперимента компоненты сока *A. sativum* увеличивали чувствительность поведения нематод к левамизолу, поскольку при совместном действии двух токсикантов — сока *A. sativum* и левамизола — нарушения моторной программы плавания левамизолом усиливались (рис. 3).

По оси ординат доля нематод, у которых наступил паралич (в %) после 90 минут экспозиции к соку *A. sativum* и левамизолу при температуре 22 °С. По оси абсцисс концентрация левамизола.

Левамизол вызывает нарушения локомоции *C. elegans* за счет гиперактивации н-холинорецепторов в системе нейронов, регулирующей плавание нематод, либо в мышцах [13]. Поэтому результаты нашей работы свидетельствуют о повышении чувствительности н-холинорецепторов к левамизолу компонентами сока *A. sativum*. Алдикарб вызывает сходные с левамизолом нарушения локомоции *C. elegans*. В этом случае причиной гиперактивации н-холинорецепторов является повышение уровня эндогенного ацетилхолина ингибированием ацетилхолинэстеразы [14–15]. В наших экспериментах сок *A. sativum* повышал чувствительность локомоции *C. elegans* к левамизолу (рис. 3). В этих экспериментах концентрации левамизола, вызывающие паралич нематод,

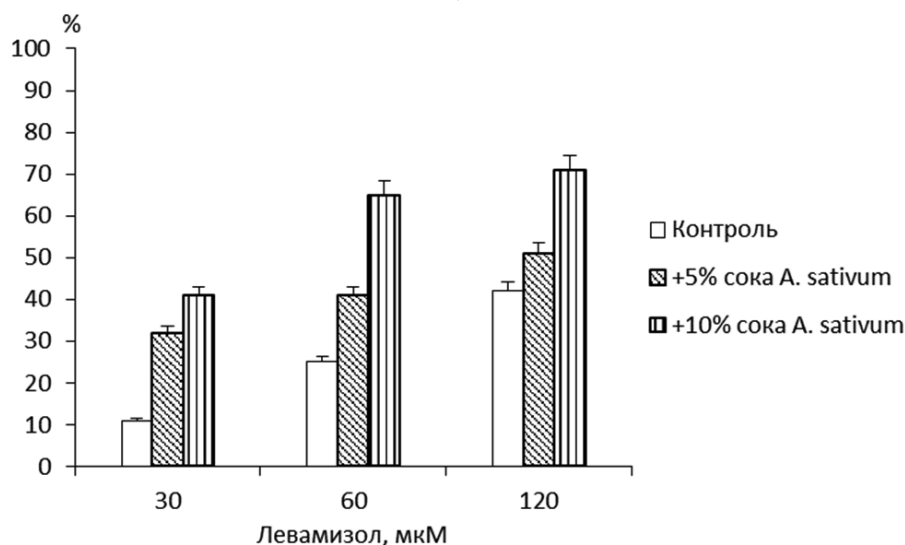


Рис. 3. Токсическое действие сока *A. sativum* и левамизола на организм *C. elegans*.

существенно снижались при добавлении в среду инкубации сока *A. sativum*.

Сок *A. sativum* может увеличивать чувствительность локомоции *C. elegans* к левамизолу благодаря наличию в нем неидентифицированных вторичных метаболитов, непосредственно действующих на холинергическую систему нематод и, как следствие, повышающих чувствительность н-холинорецепторов к левамизолу (рис. 3). Сенситизация н-холинорецепторов является одним из механизмов активации холинергической системы нематод для повышения скорости избегания неблагоприятных локальных условий [13]. В наших экспериментах сок *A. sativum* вызывал нарушения моторной программы плавания и паралич нематод (рис. 1–2, табл. 1), что нельзя объяснить адаптивной стресс-реакцией организма.

Вторым возможным объяснением сенситизации организма *C. elegans* компонентами сока *A. sativum* к левамизолу является активация ноцицептивных нейронов, дендриты которых контактируют с окружающей средой [16–17]. Эти нейроны воспринимают информацию о неблагоприятных для организма факторах среды. Сигналы из ноцицептивных нейронов поступают в интернейроны и индуцируют адаптивную реакцию избегания неблагоприятных локальных сред [16–17]. В пользу этого объяснения свидетельствуют несколько фактов. Известно, что *A. sativum* для *C. elegans* является репеллентом [18]. Сигналы из ноцицептивных нейронов, чувствительных к повреждающей организм высокой температуре, вызывают сенситизацию н-холинорецепторов *C. elegans* [13]. Поэтому быстрая сенситизация н-холинорецепторов компонентами сока *A. sativum* может быть

проявлением неспецифической адаптивной реакции холинергической системы *C. elegans* на неблагоприятные для нематод изменения окружающей среды (наличие токсикантов и превышение физиологического оптимума температуры). При длительной (90–120 минут) инкубации нематод с соком *A. sativum* наблюдался синергизм в действии *A. sativum* и левамизола на локомоцию *C. elegans* (рис. 3). Это может быть результатом сенситизации н-холинорецепторов, которая не является следствием активации ноцицептивных нейронов метаболитами *A. sativum*, поскольку эти нейроны достаточно быстро адаптируются к действию токсикантов [16].

Результаты работы свидетельствуют о токсичности вторичных метаболитов *A. sativum* не только для паразитических нематод [2–3, 5–8], но и для *C. elegans* (рис. 1–3, табл. 1). Сходство в токсическом действии синтетических нематоцидов и вторичных метаболитов растений на организмы паразитических нематод и организм *C. elegans* объясняется консерватизмом эволюции нематод. Очевидно, что причиной токсического действия *A. sativum* на организм *C. elegans* являются нарушения интегративных функций нервной системы, поскольку оно проявляется в нарушениях локомоции и параличе нематод (рис. 1–3, табл. 1). Эти нарушения сходны с теми, которые происходят при действии левамизола [13]. Усиление токсического действия левамизола на организм *C. elegans* компонентами сока *A. sativum* свидетельствует о том, что *A. sativum* сенситизирует н-холинорецепторы L-подтипа.

Таким образом, *C. elegans* может быть использована для дальнейшего изучения антигельминтной активности *A. sativum* с целью идентификации компонентов

сока, определяющих его токсическое действие на гельминтов. Кроме того, *C. elegans* может быть использована для предварительной оценки антигельминтной активности сока *A. sativum* перед его применением у животных, поскольку биологическая активность вторичных метаболитов растений варьирует в зависимо-

сти от условий их выращивания и хранения. Синергизм в действии сока *A. sativum* и левамизола открывает возможность создания и применения сложных антигельминтных препаратов, состоящих из синтетических нематоцидов–агонистов n-холинорецепторов и экстрактов *A. sativum*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кляритская И.Л., Вильцанюк И. А., Григоренко Е. И., Чернуха С. Н. Современные представления о лечении и диагностике гельминтозов // Крымский терапевтический журнал. 2010. № 2. С. 144–147.
2. Kanojija D., Shanker D., Sudan V., Jaiswal A. K., Parashar R. Assessment of in vitro and in vivo anthelmintic potential of extracts of *Allium sativum* bulb against naturally occurring ovine gastrointestinal nematodiosis // Vet. Quart. 2015. V. 35. P. 200–206.
3. Orengo K.O., Maitho T., Mbaria J. M., Maingi N., Kitaa J. M. In vitro anthelmintic activity of *Allium sativum*, *Allium cepa* and *Jatropha curcas* against *Toxocara canis* and *Ancylostoma caninum* // African J. Pharmac. Pharmacol. 2016. V. 10. P. 465–471.
4. Kadam P.U., Kharde M. R., Lamage S. T., Borse S. L., Borse L. B., Pawar S. P. Anthelmintic activity of *Allium sativum* // Pharma Sci. Monitor. 2015. V. 6. P. 25–37.
5. Masamha B., Gadzyrayi C. T., Mukutirwa I. Efficacy of *Allium sativum* (garlic) in controlling nematodes parasites in sheep // Intern. J. Appl. Res. Vet. Med. 2010. V. 8. P. 161–169.
6. Hasan M.M.I., Begum S., Islam S., Rahman M. M., Belal S. A., Hossain M. A., Akanda M. R., Pal N. C., Howlader M. M.R. Effects of garlic supplementation on parasitic infestation, live weight, and hematological parameters in Black Bengal goat // J. Adv. Vet. Anim. Res. 2015. V. 2 P. 326–331.
7. Worku M., Franco R., Baldwin K. Efficacy of garlic as an anthelmintic in adult boer goats // Arch. Biol. Sci. 2009. V. 61. P. 135–140.
8. Santos F.C.C., Carvalho N. U.V. Alcoholic tincture of garlic (*Allium sativum*) on gastrointestinal endoparasites of sheep — short communication // Ciênc. Anim. Bras. 2014. V. 15. P. 115–118.
9. Velkers F.C., Dieho K., Pecher F.W.M., Vernooij J. C.M., van Eck J. H.H., Landman W. J.M. Efficacy of allicin from garlic against *Ascaridia galli* infection in chickens // Poultry Sci. — 2011. — V. 90. — P. 364–368.
10. Dent J. A. What can *Caenorhabditis elegans* tell us about nematocides and parasites // Biotechnol. Bioprocess Eng. 2001. V. 6. P. 252–263.
11. Holden-Dye L., Walker R. J. Anthelmintic drugs and nematicides: studies in *Caenorhabditis elegans* // Wormbook, ed. The *C. elegans* Research Community. 2014. Режим доступа: <http://www.wormbook.org>, свободный.
12. Brenner S. The genetics of *Caenorhabditis elegans* // Genetics. 1974. V. 77. P. 71–94.
13. Kalinnikova T.B., Kolsanova R. R., Belova E. B., Shagidullin R. R., Gainutdinov M. Kh. Opposite responses of the cholinergic nervous system to moderate heat stress and hyperthermia in two soil nematodes // J. Therm. Biol. 2016. V. 62. P. 37–49.
14. Mahoney T.R., Luo S., Nonet M. L. Analysis of synaptic transmission in *Caenorhabditis elegans* using an aldicarb-sensitivity assay // Nat. Protoc. 2006. V. 1. P. 1772–1777.
15. Jospin M., Qi Y. B., Stawicki T. M., Boulin T., Schuske K. R., Horvitz R., Bessereau J.-L., Jorgensen E. M., Jin Y. A neuronal acetylcholine receptor regulates the balance of muscle excitation and inhibition in *Caenorhabditis elegans* // PLoS Biology. 2009. V. 7. e1000265.
16. Sambongi Y., Nagae T., Liu Y., Yoshimizu T., Takeda K., Wada Y., Futai M. Sensing of cadmium and copper ions by externally exposed ADL, ASE, and ASH neurons elicits avoidance response in *Caenorhabditis elegans* // NeuroReport. 1999. V. 10. P. 753–757.
17. Hilliard M.A., Bargmann C. I., Bazzicalupo P. C. *elegans* responds to chemical repellents by integrating sensory inputs from the head and the tail // Curr. Biol. 2002. V. 12. P. 730–734.
18. Bargmann C. I. Genetic and cellular analysis of behavior in *C. elegans* // Annu. Rev. Neurosci. 1993. V. 16. P. 47–71.

© Егорова Анастасия Васильевна (egorovanastassia@gmail.com),

Колсанова Руфина Рифкатовна (rufina@kolsanova.com), Калининкова Татьяна Борисовна (tbkalinnikova@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОБЗОР ЭНТОМОФАУНЫ СОЦЦИНЕЛЛИДАЕ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Леонтьев Вячеслав Витальевич

К.б.н., доцент, Елабужский институт Казанского
федерального университета
vleontev@yandex.ru

REVIEW OF THE ENTOMOFAUNA COCCINELLIDAE IN THE NORTHEASTERN PART OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

V. Leontyev

Summary. An overview of the entomofauna coccinellide in the north-eastern part of the Republic of Tatars-tan, one of the subjects of the Middle Volga region, is given. The research area is located in the Kama River, in the Elabuzhsky and Tukayev administrative districts. Between 1997 and 2016, 20 species of coccinellide from 3 sub-families were identified as a result of associated fees: Chilocorinae, Coccinellinae, Epilachninae; And 3-tribe: Chilocorini, Coccinellini, Epilachnini. Among them are trophic associations: aphidophages — 11 species, cocci-dopages — 1 species, mixoentomophages — 5 species, micetophages — 2 species, phytophages — 1 species. The list of species is far from exhaustive.

Keywords: coccinellides, aphidophages, coccidophages, mixoentomophages, micetophages, phytophages.

Аннотация. Приводится обзор энтомофауны кокцинеллид в северо-восточной части Республики Татарстан — одном из субъектов Среднего Поволжья. Область исследования расположена в нижнем течении р. Кама, в Елабужском и Тукаевском административных районах. В период с 1997 по 2016 гг. в результате попутных сборов было выявлено 20 видов кокцинеллид из 3 подсемейств: Chilocorinae, Coccinellinae, Epilachninae; и 3-х триб: Chilocorini, Coccinellini, Epilachnini. Среди них выделяются трофические ассоциации: афидофаги — 11 видов, кокцидофаги — 1 вид, миксоэнтомофаги — 5 видов, мицетофаги — 2 вида, фитофаги — 1 вид. Список видов является далеко не исчерпывающим.

Ключевые слова: кокцинеллиды, афидофаги, кокцидофаги, миксоэнтомофаги, мицетофаги, фитофаги.

Введение

Целью работы было изучение энтомофауны кокцинеллид (Coccinellidae) в северо-восточной части Республики Татарстан.

Согласно аналитическим сводкам СМ. Яблокова-Хнзоряна [13, с. 94–161] на территории стран СНГ обитает 221 вид коровок, относящихся к 45 родам. В России семейство кокцинеллид представлено по разным литературным данным 100–167 видами, входящими в 43 рода [5; 11]. Исследования В.О. Козьминых [4, с. 262–265] по биоразнообразию фауны жесткокрылых в Пермской области показывают, что на данной территории встречались 14 видов кокцинеллид. На территории Республики Башкортостан в ходе многолетних исследований было выявлено 49 видов божьих коровок [10], хотя в отдельных публикациях (В.П. Пекин) данное утверждение подвергается критическому пересмотру.

В Республике Татарстан Н.С. Карпачевой [3, с. 12–13] отмечено 27 видов коровок. В «Кадастре полезных насекомых Республики Татарстан» [2] приводятся сведения о 43 видах, встречающихся на территории республики.

Изменчивость в пределах семейства достаточно значительна и касается, прежде всего, размеров и окраски тела. У самых крупных видов длина тела достигает 15 мм, у мелких видов, она едва больше половины миллиметра. Общий фон элитры часто бывает желтым, розовым, коричневым разной степени интенсивности или черным, пятна на надкрыльях белые или желтые. Количество пятен на надкрыльях у одного вида также изменчива: часть пятен может исчезать, могут появляться дополнительные, нередко пятна сливаются в продольные или поперечные перевязи. Кроме того, может различаться окраска особей разного пола одного вида; самцы обычно светлее самок. Такая широкая изменчивость окраски затруд-

няет определение, так как крайние формы настолько отклоняются от типичных, что их часто описывали как разные виды.

Материалы
и методы исследования

Республика Татарстан является одним из субъектов Среднего Поволжья. Район исследования находился в бореальной ландшафтной зоне, подтаежной подзоне, в Елабужско-Предкамском ландшафтном районе, который является возвышенным с Приуральскими широколиственно-пихтово-еловыми неморально травяными, сосново-широколиственными, сосново-травяными лесами (с доминированием в настоящее время березняков, осинников и культур сосны и ели) на светло-серых лесных и дерново-подзолистых почвах [1]. Климат территории умеренно-континентальный с тёплым летом и умеренно холодной зимой с образованием устойчивого снежного покрова. Самым тёплым месяцем является июль со среднемесячной температурой воздуха 19,6 °С. Самый холодный месяц январь, со средней температурой –13,8 °С. Период с положительными среднемесячными температурами длится с апреля по октябрь; с ноября по март среднемесячные температуры воздуха отрицательные. Среднегодовая относительная влажность — 76%. Годовое количество осадков — 420–480 мм. Около 70% осадков выпадает в тёплое время года. Преобладающими ветрами являются западные, юго-западные и южные. Среднегодовая скорость ветра составляет 3,3–5,0 м/с. Наиболее высокие значения скорости ветра зимой [16].

Материалы исследования расширяют знания по видовому разнообразию жуков-кокциnellид (Coccinellidae) Республики Татарстан. Полевой материал для изучения видового разнообразия божьих коровок был собран в северо-восточной части республики, в различные годы на территориях Елабужского и Тукаевского административных районов: ФГБУ «Национальный парк «Нижняя Кама», в районе пос. Белоус («Боровецкий лес»), «Большого Бора» (в окрестностях спортивно-оздоровительного лагеря «Буревестник»), в окрестностях г. Елабуги, на высокодольных и пойменных лугах, в устье р. Криуша (впадает в р. Кама). Сбор материала производился по имаго вручную или методом кошения. Всего в районе исследования было выявлено 20 видов.

Идентификация видового состава производилось с использованием стереоскопа МСП-1 (вар.2) по определителям и атласам следующих авторов: В. М. Хабибуллин и др. [12], В. Ф. Хабибуллин, О. С. Муравицкий [11], Г. И. Савойская [9], З. И. Тюмасева [10], Определитель ... [8], Определитель ... [7].

Результаты
исследования

В своей работе мы принимаем систему семейства кокциnellид, разработанную Х. Сасайи [14; 15] с учетом незначительных изменений, предложенных в последующих работах систематиками. Мы, как и Кузнецов В. Н. [5], Тюмасева З. И. [10], поддерживаем мнение этих специалистов о подразделении семейства на 6 подсемейств: *Sticholotidinae*, *Chilocorinae*, *Epilachninae*, *Coccidulinae*, *Coccinellinae*, *Scymninae*.

Среди сборов полевого материала нами было выявлено 20 видов кокциnellид, которые относятся к 3 подсемействам: *Chilocorinae*, *Coccinellinae*, *Epilachninae*; 3 трибам. Ниже приводим полный список выявленных видов (рис.).

- Superfamilia Cucujoidea
- Familia Coccinellidae Latr., 1807
- Subfamilia Chilocorinae Muls., 1846
- Tribus Chilocorini Muls., 1846
- Chilocorus renipustulatus* (Schriba, 1790) Хилокорус почковидный
- 12.VII.1997, НП «Нижняя Кама» — «Боровецкий лес», т/б «Травянка» (пос. Белоус), редок, дендробионт, мезофил, кокцидофаг.
- Subfamilia Coccinellinae Latr., 1807
- Tribus *Coccinellini* Latr., 1807
- Adalia bipunctata* (Linnaeus, 1758): var. *typica*, var. *quadrimaculata* Адалия двуточечная
- Ежегодно, всюду, обычен, тамно- и дендробионт, мезо- и гигрофил, афидофаг.
- Adalia decempunctata* (Linnaeus, 1758) Адалия 10-точечная
- 07.VII.2014, НП «Нижняя Кама» — «Большой бор», СОЛ «Буревестник», тамно- и дендробионт, мезофил, афидофаг.
- Adonia variegata* (Goeze, 1777) Адония изменчивая
- 13.VII.2013, окр. г. Елабуга, редок, хортобионт, фито- и агроценозы, ксерофил, афидофаг.
- Anatis ocellata* (Linnaeus, 1758) Коровка глазчатая
- Ежегодно, всюду, обычен, тамно- и дендробионт, мезофил, миксоэнтомофаг.
- Calvia quatuordecimguttata* (Linnaeus, 1767) Кальвия 14-пятнистая
- Ежегодно, всюду, обычен, тамно- и дендробионт, мезо- и гигрофил, миксоэнтомофаг.
- Coccinella hieroglyphica* (Linnaeus, 1758) Коровка значковая
- 11.VII.2014, 2015, НП «Нижняя Кама» — «Большой бор», на берегу оз. Отарка, редок, тамно- и дендробионт, мезофил, афидофаг.
- Coccinella magnifica* (Redtenbacher, 1843) Коровка ковыльная

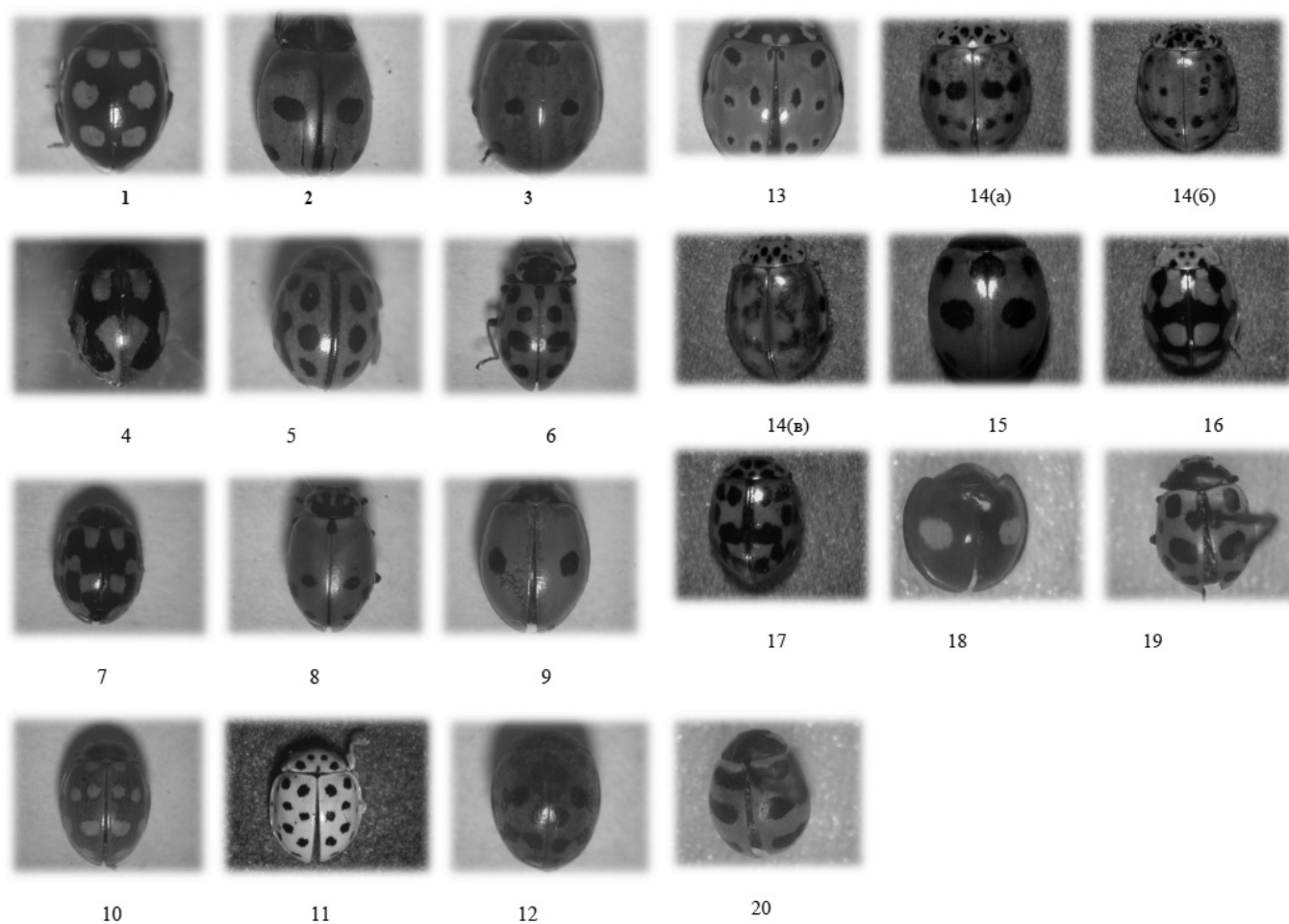


Рис 1. Внешний вид божьих коровок:

1. *Coccinula quatuordecimpustulata* (L., 1758) Кокцинуля 14-пятнистая
2. *Coccinella quinquepunctata* (L., 1758) Коровка пятиточечная
3. *Coccinella septempunctata* (L., 1758) Коровка 7-точечная
4. *Coccinella hieroglyphica* (L., 1758) Коровка значковая
5. *Tytthaspis sedecimpunctata* (L., 1761) Коровка семнадцатиточечная
6. *Hippodamia tredecimpunctata* (L., 1758) Гиподамия 13-точечная
7. *Propylea quatuordecimpunctata* (L., 1758) ПроPILEя 14-точечная
8. *Adorna variegata* (Goeze, 1777) Адония изменчивая
9. *Adalia bipunctata* (L., 1758) Адалия двуточечная
10. *Calvia quatuordecimguttata* (L., 1758) Кальвня 14-пятнистая
11. *Thea vigintiduopunctata* (L., 1758) Теа 22-точечная
12. *Subcoccinella vigintiquatuorpunctata* (L., 1758) Коровка люцерновая
13. *Anatis ocellata* (L., 1758) Коровка глазчатая
14. (а.б.в) *Harmonia quadripunctata* (Pont., 1763) Хармония 4-точечная
15. *Coccinella magnifica* (Redt., 1843) Коровка великолепная
16. *Adalia decempunctata* (L., 1758) Адалия 10-точечная
17. *Oenopia conglobata* (L., 1758) Оэнопия древесная
18. *Chilocorus renipustulatus* (Scriba, 1790) Хилокорус почковидный
19. *Semiadalia notata* (Laicharting, 1781) Семиадалия приметная
20. *Coccinella trifasciata* (L., 1758) Трехполосая коровка

5.VII.2013, НП «Нижняя Кама» — «Большой бор», СОЛ «Буревестник», редок, хортобионт, в посевах злаковых, ксеро- и мезофилл, до появления тлей — палино- и нектарофаг, афидофаг.

Coccinella quinquepunctata (Linnaeus, 1758) **Коровка** 5-точечная

11.VII.2015, НП «Нижняя Кама» — «Большой бор», СОЛ «Буревестник», обычен, хорто- и тамнобионт, фито- и агроценозы, мезо- и гигрофил, миксоэнтомофаг.

Coccinella septempunctata (Linnaeus, 1758) Коровка 7-точечная

Ежегодно, всюду, обычен, эврибионт, миксоэнтомофаг, основной афидофаг.

Coccinella trifasciata (Linnaeus, 1758) Коровка трехполосая

27.VI.1997, НП «Нижняя Кама» — «Боровецкий лес», т/б «Травянка» (пос. Белоус), редок, хортобионт, мезофилл, афидофаг.

Coccinula quatuordecimpustulata (Linnaeus, 1758) Кокцинуля 14-пятнистая

Ежегодно, всюду, обычен, хорто- и тамнобионт, фито- и агроценозы, мезо- и гигрофил, до появления тлей — нектарофаг, афидофаг.

Harmonia quadripunctata (Pontoppidan, 1763) Хармония 4-точечная

4.VI.2013, НП «Нижняя Кама» — «Большой бор», редок, тамно- и дендробионт, мезофилл, афидофаг.

Hippodamia (= *Semiadalia*; = *Ceratomegilla*) *notata* (Laicharting, 1781) Хиподамия приметная

23.IX.2016, устье р. Криуша, хорто- и тамнобионт, мезо- и гигрофил, на заболоченных лугах, миксоэнтомофаг.

Hippodamia tredecimpunctata (Linnaeus, 1758) Хиподамия 13-точечная

Ежегодно, всюду, обычен, хорто- и тамнобионт, фито- и агроценозы, гигрофил, миксоэнтомофаг.

Oenopia conglobata (Linnaeus, 1758): var. *gemella* Энопия древесная

12.VII.2012, устье р. Криуша, редок, тамно- и дендробионт, мезо- и гигрофил, весной — палинофаг, миксоэнтомофаг.

Propylea quatuordecimpunctata (Linnaeus, 1758) Пропилея 14-точечная

Ежегодно, всюду, обычен, хорто- и тамнобионт, фито- и агроценозы, мезофилл, афидофаг.

Psillobora (= *Thea*) *vigintiduopunctata* (Linnaeus, 1758) Теа 22-точечная

Ежегодно, всюду, обычен, хорто-, тамно- и дендробионт, в фито- и агроценозах, мезофил, миксоэнтомо- и мицетофаг.

Tytthaspis sedecimpunctata (Linnaeus, 1761) Титаспис 16-точечный

9.VII.2015, НП «Нижняя Кама» — «Большой бор», СОЛ «Буревестник», редок, хортобионт, мезо- и гигрофил, мицетофаг.

Subfamilia Epilachninae Muls., 1846

Tribus Epilachnini Muls., 1846

Subcoccinella vigintiquatuorpunctata (Linnaeus, 1758) Коровка люцерновая

13.VII.2013, окр. г. Елабуга, обычен, хортобионт, фито- и агроценозы, мезофилл, фитофаг.

Заключение

В качестве основных выводов можно привести следующие результаты.

Систематический список, выявленных нами видов составляет 20 видов, которые относятся к 3 подсемействам: Chilocorinae, Coccinellinae, Epilachninae; и 3 трибам: *Chilocorini*, *Coccinellini*, *Epilachnini*. Обильным по количеству видов являлось подсемейство *Coccinellinae*, включающее 18 видов (90%). Среди выявленных кокцинеллид условно выделены следующие трофические ассоциации: афидофаги — 11 видов (55%), кокцидофаги — 1 вид (5%), миксоэнтомофаги — 5 видов (25%), мицетофаги — 2 вида (10%), фитофаги — 1 вид (5%).

Примечательно, что *Coccinella trifasciata* не отмечена для соседней Республики Башкортостан. Список видов, выявленный в ходе попутных сборов, является далеко не исчерпывающим, и дальнейшие исследования могут его пополнить.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас Республики Татарстан / под ред. Б. Г. Петрова. — СПб.: Картография, 2005. — 211 с.
2. Кадастр полезных насекомых Республики Татарстан. — Казань: Центр инновационных технологий, 2004. — 236 с.
3. Карпачева Н. С. Божьи коровки // Защита растений. — 1991. — № 10. — С. 12–13.
4. Козьминых В. О. Биоразнообразие жесткокрылых (Insecta, Coleoptera) Пермской области // Заповедное дело России: принципы, проблемы, приоритеты: матер. Международ. науч. конфер. — Т. 2. — Бахилова Поляна, 2003. — С. 262–265.
5. Кузнецов В. Н. Жуки кокцинеллиды (Coleoptera, Coccinellidae) Дальнего Востока России. — Ч. 1. — Владивосток: Дальнаука, 1993. — 183 с.
6. Кузнецов В. Н. Кокцинеллиды Дальнего Востока: автореф. дис. . . д-ра биол. наук. — Владивосток: изд-во «Дальнаука», 1997. — 48 с.
7. Определитель насекомых Дальнего Востока России в 6 томах. — Т. III. Ч. 3. Жесткокрылые, или жуки / под общ. ред. П. А. Лера. — Владивосток: Дальнаука, 1996. — 556 с.

8. Определитель насекомых европейской части СССР в 5 томах. — Т. II. Жесткокрылые и веерокрылые / под общ. ред. Г. Я. Бей-Биенко. — М.-Л.: Изд-во «Наука», 1965. — С. 389–418.
9. Савойская Г. И. Тлевые коровки. — М.: Агропромиздат, 1991. — 78 с.
10. Тюмасева З. И. Кокциnellиды Урала и сопредельных территорий: монография. — Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2013. — 248 с.
11. Хабибуллин В. Ф., Муравицкий О. С. Атлас-определитель божьих коровок (Coleoptera: Coccinellidae) и жуков-листоедов (Coleoptera: Chrysomelidae) Башкортостана: учебное пособие. — Уфа: РИЦ БашГУ, 2011. — 126 с.
12. Хабибуллин В. Ф., Степанова Р. К., Хабибуллин А. Ф. Жуки-коровки (Coleoptera: Coccinellidae) Республики Башкортостан: учебное пособие. — Уфа: РИО БашГУ, 2004. — 110 с.
13. Яблоков-Хнзорян С. М. Обзор семейства жуков-кокциnellид фауны СССР (Coleoptera, Coccinellidae) // Зоол. сб. Институт зоологии АН АрмССР. 1983. — Т. 19. — С. 94–161.
14. Sasaji H. Fauna Japonica. Coccinellidae (Insecta, Coccinellidae). — Tokyo: Acad. Press of Japan, 1971. — 340 p.
15. Sasaji H. Phylogeny of the family Coccinellidae (Coleoptera) // Etizenia. Occas. Publ. Biol. Labor. Fucui Univ., Japan. 1968. — № 35. — P. 1–37.
16. Национальный парк «Нижняя Кама» (Электронный ресурс) URL: <http://nkama-park.ru/index/0-3> (дата обращения: 12.04.2016 г.)

© Леонтьев Вячеслав Витальевич (vleontev@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Елабужский институт Казанского Федерального Университета

НОРМИРОВАНИЕ ЧИСЛА ШТАТНЫХ ДОЛЖНОСТЕЙ ЭКОЛОГОВ ПРИ ВНЕДРЕНИИ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИЙ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

RATIONING THE AMOUNT OF ECOLOGISTS DUE TO IMPLEMENTING AN ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEM FOR HOUSING AND COMMUNAL SERVICES

**A. Pakhtusov
V. Popov
E. Savina
P. Sukhov**

Summary. The article considers the importance and necessity of implementing environmental management at housing and communal services. The research target was GOST R ISO 14001–2016 and the work of various authors involved in the study of environmental management. The analysis includes six housing and communal services for the rationing the amount of ecologists and the number of objects that have a negative impact on the environment, as well as the analysis of human resources costs to ensure the environmental safety of an average enterprise. It is proposed to develop a state or industry standard to determine the amount of environmental engineers.

Keywords: housing and communal services, environmental impact, environmental management, GOST R ISO 14001–2016, ecologist.

Пахтусов Александр Андреевич

МИИТ, г. Москва

aleksandrkit2013@mail.ru

Попов Владимир Георгиевич

К.т.н., МИИТ, г. Москва

vpopov_miit@mail.ru

Савина Екатерина Андреевна

МИИТ, г. Москва

energizerkatenka@gmail.com

Сухов Филипп Игоревич

К.т.н., доцент, МИИТ, г. Москва

philipp.sukhov@mail.ru

Аннотация. Рассмотрено значение и необходимость осуществления экологического менеджмента на предприятиях сферы жилищно-коммунального хозяйства. В качестве материала исследования выступил ГОСТ Р ИСО 14001–2016 и работы различных авторов, занимающихся изучением экологического менеджмента. Проведен анализ 6 предприятий ЖКХ на предмет соотношения числа штатных должностей экологов и количества объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, а также осуществлен анализ затрат человеческих ресурсов для обеспечения экологической безопасности среднестатистического предприятия. Предложено разработать государственный или отраслевой стандарт по определению количества штатных должностей инженеров по охране окружающей среды.

Ключевые слова: жилищно-коммунальное хозяйство, воздействие на окружающую среду, экологический менеджмент, ГОСТ Р ИСО 14001–2016, эколог.

Жилищно-коммунальное хозяйство является одной из основных и важных составляющих государственной экономики. Функционирование предприятий жилищно-коммунального хозяйства необходимо для предоставления услуг населению и юридическим лицам в сфере санитарно-технического обеспечения, реализации ремонтных и профилактических работ, обеспечения электричеством, теплоснабжением и водоснабжением. При этом недостаточно продуктивная деятельность системы жилищно-коммунального хозяйства является долгосрочной проблемой национальной экономики.

В условиях ужесточения законодательства, растущего негативного воздействия на окружающую среду,

неэффективного использования ресурсов, неправильного управления отходами [9], климатических изменений, деградации экосистем, потери биологического разнообразия и популяризации экологичного образа жизни, предприятиям сферы жилищно-коммунального хозяйства следует уделять особое внимание разработке и внедрению системы экологического менеджмента: как для минимизации финансовых и имиджевых рисков, так и для повышения качества оказываемых услуг, получения устойчивого конкурентного преимущества.

Экологический менеджмент — составляющая системы менеджмента организации, которая помогает на практике осуществить переход к управлению, ориентированному на устойчивое развитие. Решение задачи

удовлетворения существующих потребностей без создания рисков для будущих поколений удовлетворять свои потребности возможно только при сращивании научных идей и способов их реализации. С точки зрения экономики решается проблема достижения максимального эффекта при минимизации затрат. Инструментом постепенно происходящего перехода к новой модели безопасного природопользования становится экологический менеджмент — совокупность принципов, методов, форм и средств организации и рационального управления безопасного природопользования, охраной окружающей среды и экологической безопасностью человеческой деятельности на всех уровнях управленческой иерархии: от предпринимателя и предприятия до государства и международного сообщества в целом [8].

Принципы системы экологического менеджмента едины и изложены в ряде международных и национальных стандартов серии ISO 14000 (ISO 14000).

Согласно подпункту «с» пункта 6.2.2 ГОСТ Р ИСО 14001–2016 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению» при планировании действий по достижению экологических целей организация должна определить, кто будет нести ответственность [4].

Также Российским природоохранным законодательством предусмотрена необходимость проведения производственного контроля в области охраны окружающей среды на предприятии [7]. Очевидно, что для организации и проведения производственного экологического контроля на предприятии должны быть штатные сотрудники, осуществляющие деятельность в сфере охраны окружающей среды в соответствии с должностными инструкциями или регламентами. На сегодняшний день действующими нормативными правовыми актами Российской Федерации не определен официально утвержденный норматив численности экологической службы предприятий и функции эколога возлагают как на специалистов иных сфер, руководителя, так и вовсе оставляют без внимания.

В отсутствие нормативных правовых актов решение данного вопроса — это компетенция руководства предприятия. Численность должна определяться с учетом предполагаемой загрузки сотрудников экологической службы, степени их компетентности, особенности используемых технологий производства, масштабов негативного воздействия предприятия на окружающую среду, рекомендаций надзорных органов [3].

Альтернативой является передача работ на внешний подряд. При этом руководитель также должен назначить

человека, который будет контролировать работу по обеспечению экологической безопасности: заключение и продление договоров с организациями, которым передаются на подряд работы, прием от этих организаций и хранение результатов производственного контроля, предоставление этих результатов соответствующим органам исполнительной власти в области охраны окружающей среды и т.д.

При этом подпунктом «g» пункта 5.1. ГОСТ Р ИСО 14001–2016 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению» установлено, что руководство должно демонстрировать свое лидерство и приверженность в отношении системы экологического менеджмента посредством руководства и оказания поддержки участия работников в обеспечении результативности системы экологического менеджмента.

Согласно пункта 7.2 того же стандарта организация должна [4]:

- ◆ определять необходимую компетентность лиц, выполняющих работу под ее управлением, которая оказывает влияние на экологические результаты деятельности и способность выполнять принятые обязательства;
- ◆ обеспечивать компетентность этих лиц на основе соответствующего образования, подготовки и/или опыта;
- ◆ определять потребности в подготовке, связанные с ее экологическими аспектами и системой экологического менеджмента; и там, где это применимо, предпринимать действия, направленные на получение требуемой компетентности, и оценивать результативность предпринятых действий.

Организация должна регистрировать и сохранять соответствующую документированную информацию как свидетельство компетентности [2].

Особенно остро проблема отсутствия нормативно-правовой базы по нормированию штата экологической службы стоит на предприятиях жилищно-коммунального хозяйства.

Согласно проведенного мониторинга 6 предприятий жилищно-коммунальной сферы на предмет соотношения числа штатных должностей экологов и количества объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду в среднем на одну штатную должность эколога приходится более 60 объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду различной степени, из них в среднем порядка 3 объектов I категории, 28 объектов II категории, 32 объектов III категории, 1 объекта IV категории.

В среднем на одном предприятии имеется 4 объекта I категории, 32 объекта II категории, 78 объектов III категории, 11 объектов IV категории. Перечень необходимой экологической документации и отчетности дифференцирован для каждой категории объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду в соответствии с требованиями законодательства.

Особого внимания требуют такие объекты жилищно-коммунальной сферы, как котельные, очистные сооружения, которые осуществляют сброс сточных вод в водные объекты. Требуется постоянный контроль, анализ эффективности их работы, проведение производственного контроля, разработка мероприятий по повышению экологической эффективности. Не менее важным также является и внедрение системы менеджмента вторичных материальных ресурсов, которые образуются в больших количествах на данных предприятиях [1].

На основании вышеперечисленного произведен анализ затрат человеческих ресурсов для обеспечения экологической безопасности среднестатистического предприятия. Общее количество времени для обеспечения экологической безопасности анализируемых предприятий в среднем составило 13,5 тысяч человеко-часов в год, что при 40-часовой рабочей неделе эквивалентно 7 штатным единицам инженеров-экологов.

По анализу имеющихся штатных ресурсов на 1 эколога в год приходится порядка 7 тысяч человеко-часов работы, что превосходит рабочее время более чем в 3,5 раза.

Проведенный анализ демонстрирует нынешнее критическое положение предприятий жилищно-коммунальной сферы в части обеспечения экологической безопасности.

Названная проблема глобально ведет к снижению экологической ответственности предприятий, отдалению достижения устойчивого развития, локально это грозит нарушением экосистем, риском начисления штрафных санкций и приостановлением деятельности предприятия.

На протяжении последних лет экологическое законодательство реформируется и ужесточается, также увеличиваются количество и размер применяемых мер привлечения к ответственности.

С 2007 года минимальный размер штрафных санкций по 15 основным статьям КоАП РФ за нарушения по природоохранной деятельности увеличился в 6,35 раз и составил в среднем 95,33 тысяч рублей [5].

Учитывая тенденцию, к 2030 году средний размер штрафа составит 144,00 тысячи рублей, что при учете проведения плановых проверок на объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, II категории не чаще, чем один раз в 4 года, а на объектах III категории не чаще, чем один раз в 5 лет, согласно Положения о федеральном государственном экологическом надзоре, может принести 3,5 миллиона рублей ежегодных убытков среднестатистическому предприятию сферы жилищно-коммунального хозяйства за счет наложения штрафных санкций, без учета требований возмещения причиненного экологического ущерба и сверхнормативной платы за негативное воздействие на окружающую среду.

Достижение баланса между окружающей средой, обществом и экономикой считается необходимым условием для удовлетворения существующих потребностей без создания рисков для будущих поколений удовлетворять свои потребности. Устойчивое развитие как цель достигается за счет баланса между тремя составляющими устойчивости [6].

Для решения данной проблемы предлагается разработка государственного либо отраслевого стандарта по определению количества штатных должностей инженеров по охране окружающей среды в рамках внедрения системы экологического менеджмента на предприятиях.

При разработке стандарта предлагается учесть:

- ◆ категории объектов предприятия, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, их количество;
- ◆ виды оказываемого воздействия на окружающую среду;
- ◆ перечень трудовых функций эколога в соответствии с Профстандартом, а также в соответствии с требованиями природоохранного законодательства;
- ◆ опыт работы, компетентность, образование кандидата/сотрудника;
- ◆ эффективность введения штатных должностей экологов;
- ◆ возможность передачи ряда трудовых функций подрядным организациям.

Введение нового стандарта позволит нормировать нагрузку экологов предприятий, увеличит престижность профессии, повысит эффективность работы предприятий, продуктивность использования рабочего времени, улучшит исполнительскую дисциплину, значительно снизит риски допущения ошибок и наложения штрафных санкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алимов С. А. Взаимодействие систем экологического менеджмента и управленческого учета экологических затрат // Экономические и гуманитарные науки. 2019. № 6 (329). С. 38–47.
2. Диколов Е. А., Ратнер С. В. Модели качества городской среды // Управление инновациями-2016: Материалы международной научно-практической конференции. — Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2016. — С. 120–130.
3. Кузнецов И. А., Шевяков А. Ю. Экономическая безопасность экологического состояния человека в коммунальной сфере // Социально-экономические явления и процессы. 2015. № 3. С. 47–53
4. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р ИСО 14001–2016 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению» (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 апреля 2016 г. N285-ст) <http://base.garant.ru/71544070/>
5. Новикова Е. В. Современные правовые подходы к обеспечению экологической безопасности в России // Нефть, газ и право. 2019. № 1. С. 31–42.
6. Попова О. С., Мерзлова М. П. Организация мониторинга социально-экономической безопасности ЖКХ // Экономическая безопасность — современные вызовы и угрозы: мат-лы Всерос. конф. Н. Новгород, 2014. С. 441–445.
7. Ратнер С. В., Ковалев А. О. ГОСТ Р ИСО 37120–2015 и развитие муниципального экологического менеджмента // Стандарты и качество. — 2017. — № 6 (960). — С. 20–24.
8. Современные аспекты экологического менеджмента в России Сахарова С. М. В сборнике: Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. Институт научной информации по общественным наукам РАН, Отдел научного сотрудничества; Ответственный редактор В. И. Герасимов. 2019. С. 472–474.
9. Ульянов Н. Б., Трушкина А. Н. Управление коммунальными отходами: опыт разработки территориальной схемы обращения с отходами на примере Великого Новгорода // Экономика и экологический менеджмент. 2017. № 4. С. 149–158.

© Пахтусов Александр Андреевич (aleksandrkit2013@mail.ru), Попов Владимир Георгиевич (vpopov_mii@mail.ru),
Савина Екатерина Андреевна (energizerkatenska@gmail.com), Сухов Филипп Игоревич (philipp.sukhov@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российский университет транспорта (МИИТ)

ХОЗЯИН-ИНДУЦИРОВАННЫЙ САЙЛЕНСИНГ ГЕНОВ (HIGS) В ПАТОСИСТЕМЕ ПШЕНИЦА-FUSARIUM CULMORUM: МОДИФИКАЦИЯ ВЕКТОРА ШТРИХОВАТОЙ МОЗАИКИ ЯЧМЕНЯ (BSMV)

HIGS IN WHEAT-FUSARIUM CULMORUM PATHOSYSTEM: MODIFICATION OF BARLEY STRIPE MOSAIC VIRUS VECTOR

**P. Tretiakova
A. Soloviev**

Summary. Host-induced gene silencing (HIGS) has been shown to be an effective tool when studying interactions between pathogens and crops. To study head blight on wheat caused by *Fusarium culmorum*, γ -vector of barley stripe mosaic virus (BSMV) was modified so it carried the fragment of the *tri5* gene enabling dsRNA-mediated transient silencing. Capped viral RNAs were synthesized to perform an infection of young wheat plants. The infection efficiency by virus/viral construct amounted to 98%. Application of the γ -PDS vector resulted in colorless stripes and areas on plant leaves proving the effectiveness of the silencing machinery. The γ -TRI5 vector was developed to test the aggressiveness of *F. culmorum* while suppressing its ability to produce trichothecene mycotoxins that are a potential virulence factor on wheat.

Keywords: head blight, virus, wheat, BSMV, VIGS, HIGS, *Fusarium culmorum*, *tri5*, trichothecene mycotoxins, silencing, RNA interference, dsRNA, transient expression, pathosystem, infection.

Третьякова Полина Яковлевна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва)

polina.tretiakova@yandex.ru

Соловьёв Александр Александрович

Д.б.н., ФГБНУ «ВНИИ сельскохозяйственной биотехнологии» (г. Москва)

a.soloviev70@gmail.com

Аннотация. К настоящему времени система сайленсинга, индуцированная растением-хозяином (HIGS), зарекомендовала себя как эффективный метод исследования взаимодействия между патогенными микроорганизмами и сельскохозяйственными культурами. Для изучения фузариоза колоса пшеницы, вызываемого грибом *Fusarium culmorum*, разработан γ -вектор вируса штриховатой мозаики ячменя, используемый для синтеза дцРНК транзистентно и несущий в себе фрагмент последовательности гена *tri5*. Был проведён синтез экированных вирусных молекул РНК и заражение молодых растений пшеницы. Эффективность заражения вирусом/вирусной конструкцией составила 98%. Использование вектора γ -PDS привело к возникновению обесцвеченных участков на листьях растений, что говорит об активности системы сайленсинга. Использование вектора γ -TRI5 направлено на изучение агрессивности гриба *F. culmorum* при отрицательном влиянии на его способность синтезировать трихотеценовые микотоксины, которые, могут являться фактором вирулентности на пшенице.

Ключевые слова: фузариоз колоса, вирус, пшеница, BSMV, VIGS, HIGS, *Fusarium culmorum*, *tri5*, трихотеценовые микотоксины, сайленсинг, РНК-интерференция, дцРНК, транзистентная экспрессия, патосистема, заражение.

Введение

Фузариоз колоса по сей день остаётся одним из наиболее серьёзных заболеваний в сельском хозяйстве. Он поражает широкий ряд культур, быстро распространяется и загрязняет растительную продукцию ядовитыми микотоксинами. Среди грибов, относящихся к роду *Fusarium*, одним из наиболее распространённых на территории Московской области является *Fusarium culmorum*. Механизм взаимодействия между грибом и растением-хозяином крайне сложный и, по-видимому, значительно различается среди сельскохозяйственных культур [1]. Однако, тот факт, что *F. culmorum* синтезирует большое количество трихотеценовых микотоксинов [2], заставляет задуматься о том, какую пользу они ему приносят. Одной из выдвинутых

гипотез является направленное действие трихотеценов против иммунитета растений [1, 2]. Иными словами, вероятно, что *F. culmorum* использует трихотеценовые микотоксины как инструмент, замедляющий или ослабляющий защитные механизмы растений, позволяя патогену эффективнее поражать культуры. В связи с этим, мы задались вопросом, можно ли контролировать распространение *F. culmorum* на пшенице, манипулируя способностью гриба синтезировать трихотецены.

Для осуществления этой цели использовали механизм РНК-интерференции, который зарекомендовал себя как эффективный способ изучения функции отдельных генов и определения потенциально важных сельскохозяйственных признаков культур. Сущность данного метода заключается в использовании молеку-

лы двуцепочечной РНК (дцРНК), которая индуцирует цепочку реакций, приводящих к снижению активности соответствующего гена [3]. В живых организмах РНК-интерференция играет важнейшую роль в регуляции экспрессии генов и имеет еще одно название — пост-транскрипционный сайленсинг генов [4]. Как уже было сказано ранее, началом РНК-интерференции является попадание в клетку дцРНК, которая в свою очередь незамедлительно распознаётся ферментом Dicer. Dicer разрезает дцРНК на более короткие молекулы, которые представляют собой также двуцепочечные структуры и носят название малые интерферирующие РНК (миРНК) или микроРНК, размер которых составляет 20–25 п.н. Далее двуцепочечные короткие молекулы включаются в состав комплекса RISC (RNA-induced silencing complex — РНК-индуцируемый сайленсинговый комплекс), активируя его, что впоследствии приводит к раскручиванию двуцепочечной молекулы и формированию антисмысловой цепи, при этом смысловая цепь деградируется. RISC в свою очередь также содержит белок Argonaute, обладающий эндонуклеазной активностью по отношению к мРНК, которая комплементарна антисмысловой цепи РНК, включённой в RISC. В результате белок Argonaute, имея короткий участок связывания с РНК, расщепляет мРНК, что препятствует дальнейшей трансляции и формированию функционального продукта гена [5, 6, 7]. Важно понимать, что РНК-интерференция снижает экспрессию гена, но не полностью «выключает» его, и уровень снижения экспрессии гена напрямую зависит от концентрации соответствующей дцРНК [3].

РНК-индуцированный сайленсинг генов особенно интересен для снижения экспрессии генов в полиплоидных организмах, поскольку копии гена, представленные в любом количестве, будут являться мишенью сайленсинга, если гомология между ними и дцРНК составляет хотя бы 85% [8]. Особенно важно это при изучении устойчивости гексаплоидной мягкой пшеницы (*Triticum aestivum*), которая является ценной сельскохозяйственной культурой и поражается рядом серьезных заболеваний. Здесь важно добавить, что помимо избыточности генетического материала пшеницы, связанной с её плоидностью, сам геном культуры чрезвычайно большой. Так, геном пшеницы содержит примерно 16000 Мб ДНК, что в 128 раз больше, чем у модельной культуры *Arabidopsis thaliana* [9].

Несмотря на достижения международного исследовательского консорциума IWGSC (International Wheat Genome Sequencing Consortium) по картированию генома пшеницы, требуется разработка новых инструментов генетического анализа для описания последовательностей защитных реакций культуры против действия различных патогенов, в частности фузариозных грибов.

Для снижения концентрации трихотеценовых микотоксинов, производимых грибом *F. culmorum*, было решено снизить экспрессию гена *tri5*. Данный ген кодирует фермент триходиенсинтазу, который катализирует первый этап биосинтеза трихотеценов [2]. Таким образом, снижение уровня триходиенсинтазы должно нарушить всю цепь синтеза данных соединений. Была синтезирована дцРНК, комплементарная гену *tri5*, с целью её внесения в жидкую питательную среду при культивировании *F. culmorum*. В результате было получено значительное снижение экспрессии гена *tri5* и концентрации трихотеценов (данные не представлены).

Следующим этапом является проведение эксперимента непосредственно на культуре (*in planta*). Поскольку генетическая трансформация пшеницы представляет собой крайне сложный и времязатратный процесс, в опыте использован механизм, при котором синтез двуцепочечной РНК происходил в организме пшеницы транзигентно, с помощью вирусных векторов. Для этого была выбрана система BSMV (barley stripe mosaic virus — вирус штриховатой мозаики ячменя).

Вирус-индуцированный сайленсинг генов (virus-induced gene silencing — VIGS) давно используется в различных генетических исследованиях как на двудольных, так и на однодольных культурах. В начальной или «шоковой» стадии заражения появляются интенсивные симптомы и происходит быстрое развитие вируса в организме. Но по мере того, как активируются защитные механизмы растения-хозяина, инфекция переходит в хроническую фазу, характеризующуюся сниженной симптоматикой и низким содержанием вируса [10].

Геном BSMV состоит из трёх РНК — α , β и γ . Каждая из этих РНК имеет метилированный кэп на 5'-конце и полиаденилированную последовательность на 3'-конце, после которой следует тирозин-акцепторная тРНК-подобная структура. РНК α кодирует метилтрансферазу/хеликазную субъединицу РНК-зависимой РНК-полимеразы (РзРп). РНК β кодирует белок оболочки и три основных белка тройного блока генов (*TGB1*, *TGB2* и *TGB3*), которые необходимы для передвижения вируса от клетки к клетке. РНК γ кодирует полимеразную субъединицу РзРп и белка γb , который играет значительную роль в вирусном патогенезе, передвижении на большие расстояния и подавлении защитных реакций растения-хозяина против сайленсинга [11, 10].

В данной работе каждая мРНК была представлена в качестве своей кДНК копии под контролем промотора T7-РНК-полимеразы. Holzberg с соавторами (2002) модифицировали γ -вектор таким образом, что целевая последовательность, призванная подавить экспрессию соответствующего гена была встроена после открытой

рамки считывания (ОРС) последовательности, кодирующей белок ψ . Целевая последовательность может быть встроена в вектор в прямом (смысловом) или обратном (антисмысловом) направлении. Для того, чтобы предупредить влияние встраиваемой последовательности на активность белка ψ , при конструкции вектора после последовательности ψ был помещён стоп-кодон, благодаря которому встраиваемая последовательность не может быть транслирована *in planta*.

Одним из важных этапов использования BSMV-системы является способ доставки РНК в организм культуры или, иными словами, непосредственное заражение. На данный момент их существует несколько. Самый ранний — это заражение с помощью втирания в лист растения смеси РНК. Как правило, для этого используется специальный буфер, в состав которого входят твердые острые частицы, например бентонита. При втирании эти частицы повреждают поверхность листа и позволяют вирусным РНК проникнуть внутрь клетки. Данный метод является времязатратным и дорогим, поскольку требует синтеза экпированных РНК [11, 12, 13]. Для экономии денег иногда используется растение-посредник, выполняющее роль источника инокулюма.

В дальнейшем была разработана система, при которой использовались плазмиды, содержащие в себе двойной 35S-промотор вируса мозаики цветной капусты (*Cauliflower mosaic virus* — CaMV) непосредственно перед кДНК вирусных РНК и последовательности рибозима вируса гепатита дельта сразу после кДНК. Данные плазмиды доставляются в клетки растения с помощью биобалистики. Тем не менее, минусом данной системы является потенциальная нестабильность вставки. К тому же клонирование нескольких целевых генов может занимать большое количество времени [10, 14].

Новейшей методикой является использование *Agrobacterium tumefaciens* для доставки BSMV-векторов. Такая система была впервые предложена Yuan с соавторами (2011). В этом случае штаммы бактерии несут в себе последовательность кДНК вирусных РНК в Ti-плазмиде. При конструкции таких векторов последовательность кДНК вирусных РНК была помещена между двойным 35S-промотором и последовательностью рибозима сателлитной РНК вируса кольцевой пятнистости табака. Был также добавлен сайт безлигазного клонирования, позволяющий проводить более эффективное клонирование целевой последовательности гена.

BSMV-система была использована на ячмене (*Hordeum vulgare*) и позже на пшенице (*Triticum aestivum*) для подавления экспрессии генов в самих культурах. Так, например, вектор ψ -PDS был создан для сайленсинга фитоендесатуразы (PDS — phytoene

desaturase). Данный фермент необходим для синтеза каротиноидов, соединений, защищающих хлорофилл от обесцвечивания. Ячмень, заражённый системой BSMV, экспрессирующей фрагмент PDS, выделенный из самого ячменя, риса или пшеницы, имел обесцвеченные участки, подтверждая эффективность системы и протекание сайленсинга [11, 12, 10]. Вектор ψ -PDS часто используется в исследованиях с применением BSMV как контроль эффективности сайленсинга, т.к. появляющиеся обесцвеченные участки сильно отличаются от симптомов вируса штриховатой мозаики ячменя и говорят об активности системы.

Использование системы BSMV включает также исследование по функциональной геномике на двудольных и однодольных растениях, таких как ячмень [15, 16, 17], пшеница [9, 18, 19], имбирь [20] и др., и изучение взаимодействия между патогеном и растением. Целью этих исследований было получение растений с выраженным фенотипом, изучение процесса их морфогенеза и анализ защитных реакций в ответ на различные стрессовые условия, включая оценку генов устойчивости.

Scofield с соавторами (2005) использовали систему VIGS для анализа функций генов, принимающих участие в формировании устойчивости пшеницы к листовому ржавчине, в основе которой лежит активность гена *Lr21*. Было продемонстрировано, что применение BSMV-конструкции, несущей в себе фрагмент последовательности *Lr21* размером 150 п.н., отрицательно повлияло на устойчивость пшеницы к ржавчине, при этом использование контрольной конструкции никак не отразилось на восприимчивости культуры. Кроме того, подавление экспрессии генов *rar1*, *sgt1* и *hsp90*, принимающих участие во многих цепях защитных реакций в различных культурах, также привело к ухудшению устойчивости пшеницы, подтверждая их значение в иммунном ответе растения на заражение.

Wang с соавторами (2011) изучали влияние белка теплового шока-90 (HSP90) на развитие и устойчивость пшеницы к различным стрессам. Были изолированы группы гомологичных генов, кодирующих три типа HSP90. Использование VIGS для подавления экспрессии одного из генов (*TaHsp90.1*) привело к значительному снижению роста молодых растений пшеницы, в то время как сайленсинг *TaHsp90.2* или *TaHsp90.3* отрицательно отразился на гиперчувствительной защитной реакции культуры на инокуляцию грибом-возбудителем жёлтой ржавчины.

Geng с соавторами (2013) анализировали функции кальций-зависимых протеинкиназ (Calcium-dependent protein kinase — CPK) в устойчивости пшеницы к различным стрессам, в ответ на которые происходит актива-

ция фермента ТаСРК2. При этом подавление экспрессии ТаСРК2 с помощью VIGS привело к потере устойчивости культуры у толерантных линий при заражении *Blumeria graminis tritici*.

Ни с соавторами (2009) доказали с помощью BSMV, что хоризматсинтаза, (HvCS), субединица-2 α -антранилатсинтазы (HvASa2) и хоризматмутаза-1 (HvCM1), участвующие в синтезе ароматических аминокислот в ячмене, положительно влияют на устойчивость культуры к возбудителю мучнистой росы *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*.

В настоящее время большую популярность набирает такое направление, как сайленсинг, индуцированный растением-хозяином (HIGS — host-induced gene silencing). Одной из его разновидностей выступает VIGS, другой — генетически трансформированные растения. Сущность HIGS заключается в том, что в организме растения происходит синтез молекулы дцРНК (транзистентно или стабильно), действующей против определённого гена патогена, способного повлиять на его жизнедеятельность.

В случае с VIGS последовательность целевого гена патогена клонируется в BSMV γ -вектор, причём не требуется использование длинных последовательностей, и их размер может составлять от 150 п.н. [11, 12, 13].

Недавние исследования касательно HIGS основываются на поиске альтернативных средств защиты растений. Было продемонстрировано, что HIGS может быть применим против нематод [23], некоторых насекомых [24], паразитических растений [25], микроскопических грибов и оомицетов [3, 26, 27, 28, 29]. С помощью BSMV на пшенице Chen с соавторами (2016) подавили синтез хитинсинтазы III в грибе *F. culmorum*, (отвечает за биосинтез клеточной стенки гриба) и P450 ланостерол-деметилазы (катализирует ключевую стадию биосинтеза эргостерола). Помимо этого, ими были получены трансгенные линии пшеницы, которые так же, как и линии, синтезирующие дцРНК транзистентно, характеризовались значительно меньшей восприимчивостью к фузариозу колоса.

Путь, по которому происходит поглощение дцРНК патогеном, пока остаётся неизвестным. Однако некоторые исследования поднимают вопрос о существовании некоего эволюционного консервативного механизма коммуникации между клетками через молекулы РНК [30].

Согласно имеющейся к настоящему моменту информации о механизмах сайленсинга, возможно, обмен интерфирующими молекулами между взаимодействующими организмами является вполне естественным

процессом [30]. В организме гриба *Botrytis cinerea* были обнаружены эффекторы на основе РНК, которые действуют против транскриптов, играющих роль в защитных реакциях растения [31]. Был описан оомицет *Phytophthora sojae*, который экспрессировал супрессоры РНК-интерференции в растении *Nicotiana bentaminiana* и сое [32].

В целом механизм HIGS показал себя как очень эффективное средство в борьбе с болезнями и вредителями. Кроме того, его использование ставит под сомнение применение фунгицидов, которые помимо того, что опасны для здоровья и окружающей среды, со временем становятся неэффективными из-за эволюции патогенов [3]. Однако насколько далеко пойдёт использование HIGS в защите растений, сказать трудно, т.к. в большинстве стран существует запрет на выращивание трансгенной продукции, а использование рекомбинантного вируса чревато попаданием его в природу и должно находиться под строгим контролем в отведённых для этого специальных помещениях.

Для оценки влияния VIGS на развитие той или иной болезни большое значение имеет разработка методов заражения растений, причём сначала происходит инокуляция вирусом или вирусной конструкцией, за которой следует заражение самим патогеном. Длительность периода от одного заражения до другого зависит от культуры и изучаемого болезнетворного микроорганизма. Например, при изучении стеблевой ржавчины пшеницы, промежуток между двумя заражениями составляет 10 дней, при условии, что инокуляция вирусом была проведена на десятидневных проростках пшеницы [12, 13]. Считается, что инокуляцию вирусом можно проводить на любой стадии развития растения, но, как правило, используются именно молодые растения [13]. А при изучении болезней, поражающих колос, иногда необходимо дожидаться начала колошения, а в некоторых случаях более поздней стадии — цветения.

Следует отметить, что в данном исследовании выполнена модификация вектора BSMV только в научных целях для того, чтобы иметь возможность оценить влияние сайленсинга гена *tri5* на агрессивность *F. culmorum in planta*, исключив при этом долгий процесс генетической трансформации эмбрионов пшеницы.

Материалы исследований

Растительный материал

В эксперименте использовали два сорта мягкой пшеницы Злата и Иволга. Оба сорта выращивали в теплице при температуре 20–25 °С днём и 16–20 °С ночью, световом периоде день/ночь — 16/8 ч. Полив проводили один раз в 2–3 дня.

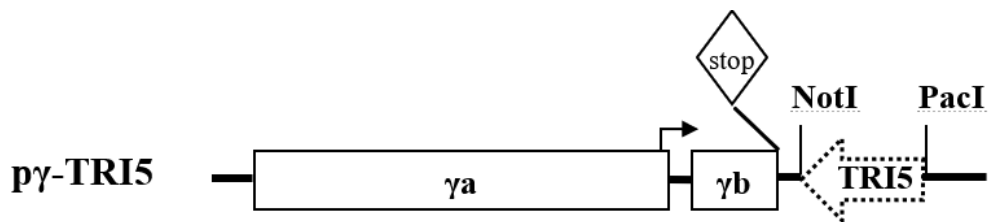


Рис. 1. Геномная организация РНК γ -TRI5

Субгеномные промотеры показаны стрелками, ориентация цепи *tri5* показана крупной стрелкой; стоп-кодон, представленный в виде ромба, необходим для того, чтобы исключить влияние вставки на активность белка γ b [11].

Конструкция BSMV-вектора

Используемые в данном эксперименте вирусные векторы были получены из Northwest Agriculture and Forestry University (Янлин, КНР). Вектор γ был модифицирован таким образом, что включал в себя готовые сайты встраивания в соответствии с протоколом [11, 13].

Последовательность целевого гена, выбранного для проведения подавления его экспрессии была амплифицирована с помощью праймеров Fc-tri5-REN-fwr 5'-T-TTAATTAAGCTGGATTGAGCACTACAAC-3' и Fc-tri5-REN-rvs 5'-GGTG-GCGGCCGC-AACGGCTGTCGTGATTTC-3' из ДНК гриба *Fusarium culmorum*. Последовательности праймеров включали в себя соответствующие сайты рестрикции (*NotI* и *PacI*), необходимые для их узнавания рестриктазами. Размер последовательности составил примерно 200 п.н.

С помощью баз данных секвенированных последовательностей было установлено, что целевая последовательность является специфичной для грибов рода *Fusarium*.

После обработки последовательности ферментами рестрикции *NotI* и *PacI* полученный ампликон был встроен в *NotI/PacI* сайты γ -вектора с помощью лигазы. В результате была получена бессмысловая цепь, включающая в себя последовательность гена *tri5* гриба *Fusarium culmorum* (рис. 1). Полученный вектор был встроен в штамм бактерии *Escherichia coli* с помощью теплового шока.

Для подтверждения и определения эффективности заражения в качестве контроля использовали два вида модифицированного γ -вектора — вектор, несущий в себе природные последовательности вируса BSMV и вектор, включающий в себя последовательность гена PDS. Последний является удобным для мониторинга заражения, поскольку позволяет чётко проследить симптомы инфекции и пути распространения вируса в организме растения.

Культивирование штаммов *E. coli*

Все штаммы, содержащие опытные вектора, культивировали на среде LB, содержащей антибиотик ампициллин в концентрации 50 микрог/мл. Поскольку при модификации γ -вектора с помощью последовательности гена *tri5* изменяли только участок между сайтами рестрикции *NotI* и *PacI*, не проводя никаких дополнительных манипуляций с геном устойчивости к антибиотикам, не было возможным визуально отличить колонии с целевой *tri5*-последовательностью от колоний с первичным вектором. Поэтому для отбора колоний с трансформированным вектором проводили ПЦР-колоний с праймерами Fc-tri5-REN-fwr и Fc-tri5-REN-rvs. Полученная конструкция была верифицирована с помощью ДНК-секвенирования.

In vitro транскрипция вирусных РНК

Синтез *in vitro* транскриптов проводили с помощью HiScribe T7 High Yield RNA Synthesis Kit (New England Biolabs, U.S.A.) в соответствии с инструкциями, предложенными производителем.

Для того, чтобы РНК-транскрипты были достаточно стабильными при инокуляции растения необходимо защитить их от действия различных рестриктаз и обеспечить процесс их кэпирования. Для синтеза вирусных РНК *in vitro* плазмидные ДНК, кодирующие геном вируса BSMV, были линейаризованы с помощью соответствующих ферментов рестрикции:

- ◆ $\rho\alpha$ — *MluI*;
- ◆ $\rho\beta$ — *SpeI*;
- ◆ $\rho\gamma$ — *MluI*;
- ◆ $\rho\gamma$ -Tri5 — *BssHII*;
- ◆ $\rho\gamma$ -PDS — *BssHII*.

Инокуляция пшеницы вирусными РНК

Геном вируса BSMV состоит из трёх частей и для успешного заражения растений должны быть использованы все три РНК в одинаковом соотношении (1:1:1). Так,

Таблица 1. Последовательности праймеров

Название	Прямой	Обратный
TRI5_A	5'-GTTTCATGCACGGCTACGTC-3'	5'-TTGGCGTCTCTGTATCCTG-3'
EF1A	5'-AGATTGGCGGTATTGGAACG-3'	5'-TTGGAAGGAGCGAAGGTAAC-3'
Ta54825	5'-TGACCGTATGAGCAAGGAG-3'	5'-CCAGACAACCTCGCAACTTAG-3'
pGamma	5'-TGATGATTCTTCTCCGTTGC-3'	5'-TGGTTTCCAATTCAGGCATCG-3'

в зависимости от варианта, были использованы следующие комбинации:

- ◆ $\alpha + \beta + \gamma$;
- ◆ $\alpha + \beta + \gamma$ -Tri5;
- ◆ $\alpha + \beta + \gamma$ -PDS.

Смесь соответствующих вирусных РНК была нанесена на полностью раскрывшиеся первый и второй листья 10-дневного растения пшеницы вместе с FES-буфером с помощью втирания. В состав FES-буфера входили: 77 мМ глицина, 60 мМ K_2HPO_4 , 22 мМ $Na_4P_2O_7 \times 10H_2O$, 1% бентонита и 1% SiO_2 [11]. После заражения растения были слегка обрызганы водой и оставлены в теплице до появления симптомов.

Примерно через 10 дней стали проявляться симптомы вируса штриховатой мозаики. Оценку инфекции проводили по шкале от 0 до 3, где 0 = симптомы отсутствуют, 1 = неотчетливые жёлтые полосы (штрихи) на листьях, 2 = светло-жёлтые штрихи на листьях и 3 = яркие жёлтые полосы.

Заражение пшеницы грибом *F. culmorum*

При наступлении периода цветения колос пшеницы был точно заражен конидиями гриба [1]. Десять мкл суспензии конидий (4×10^4 конидий/мл) были введены через колосковые чешуи в центральный цветок колоса пшеницы. После этого колос был слегка опрыскан водой и заключен в пластиковый пакет для поддержания влажности в течение трёх дней. Оценку уровня инфекции проводили визуально через 7, 12, 16 и 20 дней после заражения в соответствии с долей обесцвечивания колоса (%). На 20-й день зараженные колоса пшеницы были отобраны для выделения РНК и проведения ПЦР в режиме реального времени.

Выделение РНК и синтез кДНК

Выделение тотальной РНК проводили с помощью жидкого азота и Plant RNA Isolation Mini Kit (Agilent Technologies, U.S.A.). Все выделенные образцы РНК были обработаны ферментом ДНКаза I перед непосредственным синтезом кДНК. Отсутствие геномной ДНК в полученных образцах было подтверждено с помощью ПЦР в режиме реального времени. Первая цепь кДНК была

синтезирована с использованием RevertAid First Strand cDNA Synthesis Kit (Thermo Fisher Scientific Inc., U.S.A.) согласно инструкциям производителей.

ПЦР в режиме реального времени

Последовательности праймеров, использованные для определения уровня подавления экспрессии гена *tri5* и количества *F. culmorum* в образцах, представлены в табл. 1.

Для нормализации количества РНК гена *tri5* в грибе *F. culmorum* был использован ген фактора трансляции элонгации (*EF1A*). Для количественного учета гриба *F. culmorum* в образцах, использовали соотношения транскриптов генов *EF1A* гриба и *Ta54825* (актин) пшеницы.

Пара праймера TRI5_A, специфичных для гена *tri5* была подобрана таким образом, что амплификация целевого фрагмента происходила за пределами последовательности, используемой для подавления экспрессии гена *tri5*. Подбор праймеров проводили с помощью программного обеспечения Primer3 Input (<http://primer3.ut.ee/>).

ПЦР в режиме реального времени проводили с помощью SensiFAST™ SYBR® No-ROX Kit (Bioline, U.K.).

Результаты исследований

Идентификация целевого гена

Для проведения сайленсинга был выбран фрагмент гена *tri5* размером 200 п.н. Данный фрагмент гена является специфичным для рода *Fusarium* и не имеет гомологии с последовательностями геномов других организмов, представленных в общедоступных базах данных, в частности с геномом пшеницы, исключая, таким образом неспецифичный сайленсинг генов культуры. Благодаря экспериментам, проведенным нами ранее (данные не представлены) было установлено, что транскрипты гена *tri5* были представлены в зараженных фузариозом листьях сортов Злата и Иволга в высоком количестве. Было показано, что при заражении грибом растений идет стабильная экспрессия целевого гена в организме

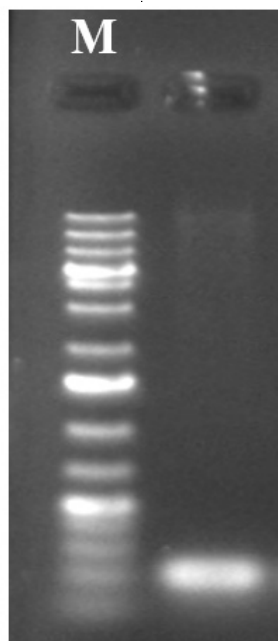


Рис. 2. Верификация целевой последовательности в трансформированном векторе
M — 1 kb маркер, размер последовательности — 200 п.н.

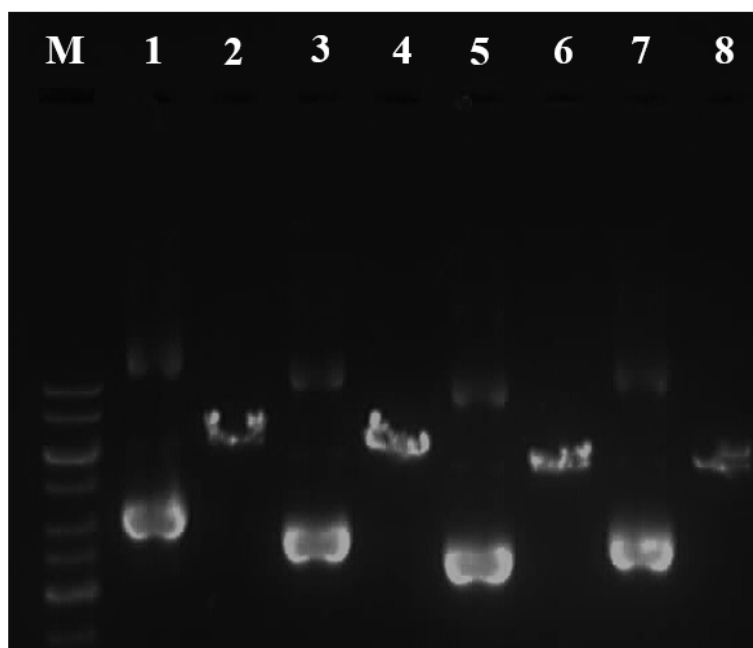


Рис. 3. Линеаризация плазмидных ДНК-векторов
M — 1 kb Plus Маркер, 2 — pα нелианеризованная, 3 — pα лианеризованная, 4 — pβ
нелианеризованная, 5 — pβ лианеризованная, 6 — pγ нелианеризованная, 7 — pγ лианеризованная,
8 — pγ-Tri5 нелианеризованная, 9 — pγ-Tri5 лианеризованная.

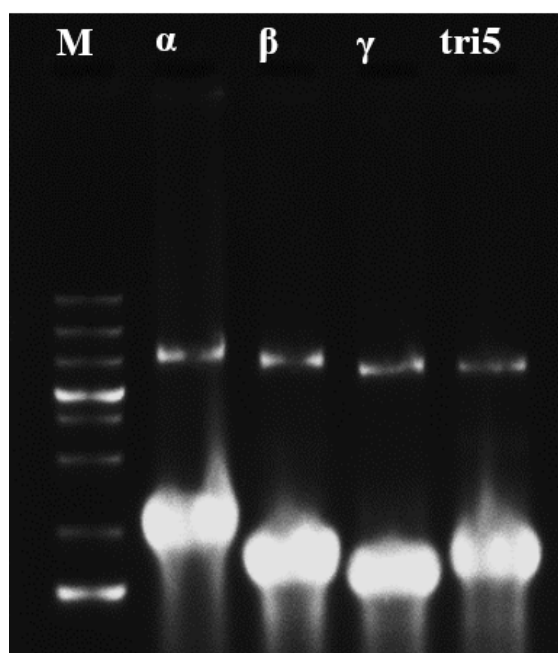


Рис. 4. Синтез р α , р β , р γ , р γ -Tri5.
М — 1 kb маркер

F. culmorum. Таким образом, ген *tri5* является подходящей мишенью для РНК-интерференции.

Клонирование целевой последовательности в γ -вектор

Вирус штриховатой мозаики ячменя (barley stripe mosaic virus — BSMV) относится к гордеивирусам (*Hordeivirus* spp.) и имеет геном, состоящий из трех РНК — α , β и γ . Векторы, используемые в данном эксперименте, содержат в себе полные последовательности кДНК молекул α , β и γ с промотором гена Т7-полимеразы. Фрагмент *tri5* размером 200 п.н. был клонирован в модифицированный γ -вектор так, что для транскрипции использовалась антисмысловая цепь целевой вставки, поскольку было показано, что эффективность таких конструкций немного выше (рис 2).

Подготовка вирусных РНК

Для линейаризации плазмидных ДНК были взяты концентрации из расчета, что для заражения 20 растений необходимо подготовить 1 мкг каждого отдельного вида плазмиды. Успешность линейаризации была проверена на 2% агарозном геле (рис. 3).

В дальнейшем полученные образцы линейаризованных плазмид были использованы для синтеза кэпированных мРНК *in vitro*. Эффективность транскрипции была проверена на 2% агарозном геле (рис. 4). Тонкие бэнды

длиной 6000 п.н.— это оставшаяся в смеси ДНК-матрица. Жирные более короткие бэнды — это синтезированная РНК.

Важно отметить, что линейаризация плазмид является крайне важным этапом синтеза РНК. РНК-полимеразы являются высокоактивными ферментами и использование кольцевых молекул в качестве матрицы приведет к синтезу большого количества длинных гетерогенных транскриптов. Получение транскриптов определенной длины требует полной линейаризации молекул плазмидной ДНК.

Условия заражения пшеницы вирусом и грибом

Смесь соответствующих РНК в FES-буфере была нанесена на второй полностью раскрывшийся лист десятидневного проростка пшеницы с помощью втирания. Такой компонент буфера как бентонит обеспечивал разрыв тканей листа, позволяя вирусным РНК более эффективно проникать в клетки растения. Каждый вариант заражения включал в себя три вирусных транскрипта, состоящих из α -, β -РНК и одной из следующих РНК — γ (природный вирус), γ -Tri5 (рекомбинантная РНК, используемая для подавления экспрессии *tri5*), и γ -PDS (рекомбинантная РНК, используемая для подавления синтеза фитоендесатуразы), используемая в качестве контроля. Эффективность заражения вирусом/вирусными конструкциями была достаточно высокой, составив 98%. Результаты заражения пред-

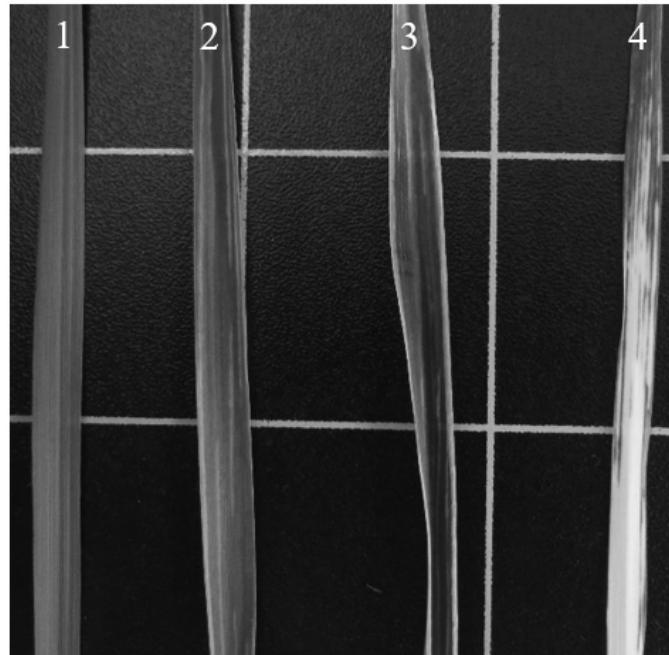


Рис. 5. Заражение сорта Злата вирусом и вирусными конструкциями. Листья пшеницы через 10–12 дней после заражения; 1 — отрицательный контроль, 2 — BSMV-Tri5, 3 — пустой вектор, 4 — BSMV-PDS.

ставлены на рис. 5. Так, варианты 2 и 3 имеют желтые штрихи на листьях, что говорит об эффективном заражении естественным и рекомбинантным вирусом. В варианте 4 образовывались штрихи белого цвета, а в некоторых случаях и целые обесцвеченные участки, служащие подтверждением подавления синтеза фитоендесатуразы. Как было сказано ранее, фитоендесатураза принимает участие в цепи формирования зеленого пигмента (хлорофилла), поэтому появление обесцвеченных областей на листе является прямым подтверждением сайленсинга и стабильной работы всей системы.

В предыдущих исследованиях дальнейшее заражения растений грибным патогеном следовало через 10–14 дней после заражения вирусом, но эти работы, в большинстве своем, ориентировались на разные виды ржавчин, которые также поражают листья и стебли злаковых. В нашем случае было принято изменить время заражения грибом *F. culmorum*, который, поражает пшеницу в период ее наибольшей восприимчивости — в момент цветения. Было решено отложить заражение грибом до наступления данной фазы, значительно увеличивая, таким образом, разрыв между первым и вторым заражением. Крайне важно в этом случае поддерживать определенный температурный режим и влажность помещения, регулярно проводить полив и подкормку растений.

Эффективность заражения грибом была подтверждена визуально, по наличию характерного обесцвечивания колоса и, в некоторых случаях, мицелия гриба и с помощью ПЦР в режиме реального времени. Дополнительно отмечено, что развитие фузариоза, в вариантах, зараженных рекомбинантным вирусом γ -Tri5, было значительно замедлено (данные не представлены). Однако, на данный момент, нельзя точно утверждать, что вызвало такую реакцию. На это могли оказать влияние как сайленсинг *tri5* и, соответственно, недостаточный синтез трихотеценовых микотоксинов, позволяющих ослабить организм пшеницы, так и присутствие вируса/вирусной конструкции, которое могло активировать дополнительные защитные реакции и отрицательно сказаться на жизнедеятельности *F. culmorum*.

Заключение

В ходе исследования был получен вектор, несущий в себе последовательность гена *tri5*, необходимый для синтеза соответствующей РНК и дальнейшего заражения растений пшеницы. С помощью T7-РНК-полимеразы были синтезированы кэпированные РНК α , β и γ , смесь которых была использована для заражения растений. Эффективность заражения пшеницы вирусом штриховатой мозаики ячменя и вирусной конструкцией составила 98% и была подтверждена визуально и с помощью ПЦР в режиме реального времени.

Способность смеси вирусных РНК индуцировать сайленсинг генов *in planta* доказана в варианте с γ -PDS, где отчётливо видны зоны обесцвечивания, появляющиеся в результате снижения уровня биосинтеза фермента фиоендесатуразы.

Несмотря на то, что заражение растений конидиями гриба *F. culmorum* прошло успешно, и, визуальная оценка развития фузариоза колоса совпала с ожидаемыми результатами, данные, полученные при проведении ПЦР в режиме реального времени, были неоднозначными.

ЛИТЕРАТУРА

- Maier F.J., Miedaner T., Haderl B., Felk A., Salomon S., Lemmens M., Kassner H., Schaefer W. Involvement of trichothecenes in fusarioses of wheat, barley and maize evaluated by gene disruption of the trichodiene synthase (Tri5) gene in three field isolates of different chemotype and virulence // *Molecular Plant Pathology*.— 2006.— Vol. 7.— № 6.— P. 449–461.
- Wagacha J.M., Muthomi J.W. *Fusarium culmorum*: infection process, mechanisms of mycotoxin production and their role in pathogenesis in wheat // *Crop Protection*.— 2007.— № 26.— P. 877–885.
- Koch A., Kumar N., Weber L., Keller H., Imani J., Kogel K.-H. Host-induced gene silencing of cytochrome P450 lanosterol C14 alphasdemethylase-encoding genes confers strong resistance to *Fusarium* species // *Proceedings of the National Academy of Sciences*.— 2013.— P. 19324–19329.
- Vaucheret H., Béclin C., Fagard M. Post-transcriptional gene silencing in plants. // *J Cell Sci*.— 2001.— № 114 — P. 3083–3091.
- Baulcombe D. RNA silencing in plants // *Nature*.— 2004.— № 431.— P. 356–363.
- Vaucheret H., Vazquez F., Crété P., Bartel D.P. The action of Argonaute1 in the miRNA pathway and its regulation by the miRNA pathway are crucial for plant development // *Genes Dev*.— 2004.— № 18.— P. 1187–1197.
- Brodersen P., Voinnet O. The diversity of RNA silencing pathways in plants // *Trends Genet*.— 2006.— № 22.— P. 268–280.
- Thomas C.L., Jones L., Baulcombe D. C., Maule A. J. Size constraints for targeting post-transcriptional gene silencing and for RNA-directed methylation in *Nicotiana benthamiana* using a potato virus X vector // *Plant J*.— 2001.— № 25.— P. 417–425.
- Scofield S.R., Huang L., Brandt A. S., Gill B. S. Development of a virus-induced gene-silencing system for hexaploid wheat and its use in functional analysis of the Lr21-mediated leaf rust resistance pathway // *Plant Physiology*.— 2005.— № 138.— P. 2165–2173.
- Yuan C., Li C., Yan L., Jackson A. O., Liu Z., Han C., Yu J., Li D. A high throughput Barley stripe mosaic virus vector for virus-induced gene silencing in monocots and dicots // *PLoS ONE*.— 2011.— Vol. 6.— № 10.— P. 1–16.
- Holzberg S., Brosio P., Gross C., Pogue G. P. Barley stripe mosaic virus-induced gene silencing in a monocot plant // *Plant J*.— 2002.— № 30.— P. 315–327.
- Yin C.T., Jurgenson J. E., Hulbert S. H. Development of a host-induced RNAi system in the wheat stripe rust fungus *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* // *Molecular Plant-Microbe Interactions*.— 2011.— № 24.— P. 554–561.
- Huang L. BSMV-Induced Gene Silencing Assay for Functional Analysis of Wheat Rust Resistance // *Wheat Rust Diseases Methods and Protocols*.— 2017.— P. 257–264.
- Lee W.-S., Rudd J.J., Kanyuka K. Virus induced gene silencing (VIGS) for functional analysis of wheat genes involved in *Zymoseptoria tritici* susceptibility and resistance // *Fungal Genetics and Biology*.— 2015.— № 79.— P. 84–88
- Hein I., Barciszewska-Pacak M., Hrubikova K., Williamson S., Dinesen M. et al. Virus-induced gene silencing-based functional characterization of genes associated with powdery mildew resistance in barley // *Plant Physiol*.— 2005.— № 138.— P. 2155–2164.
- Hu P., Meng Y., Wise R. P. Functional contribution of chorismate synthase, anthranilate synthase, and chorismate mutase to penetration resistance in barley–powdery mildew interactions // *Molecular Plant-Microbe Interactions*.— 2009.— № 22.— P. 311–320.
- Meng Y., Moscou M. J., Wise R. P. Blufensin1 negatively impacts basal defense in response to barley powdery mildew // *Plant Physiology*.— 2009.— № 149.— P. 271–285.
- Zhou H., Li S., Deng Z., Wang X., Chen T. et al. Molecular analysis of three new receptor-like kinase genes from hexaploid wheat and evidence for their participation in the wheat hypersensitive response to stripe rust fungus infection // *Plant J*.— 2007.— № 52.— P. 420–434.
- Campbell J., Huang L. Silencing of multiple genes in wheat using Barley stripe mosaic virus // *J Biotech Res*.— 2010.— № 2.— P. 12–20.
- Renner T., Bragg J., Driscoll H. E., Cho J., Jackson A. O. et al. Virus-induced gene silencing in the culinary ginger (*Zingiber officinale*): An effective mechanism for down-regulating gene expression in tropical monocots // *Mol Plant*.— 2009.— № 2.— P. 1084–1094.
- Wang G.-F., Wei X., Fan R., Zhou H. et al. Molecular analysis of common wheat genes encoding three types of cytosolic heat shock protein 90 (Hsp90): functional involvement of cytosolic Hsp90s in the control of wheat seedling growth and disease resistance // *New Phytol*.— 2011.— № 191.— P. 418–431.
- Geng S., Li A., Tang L., Yin L., Wu L. et al. TaCPK2-A, a calcium-dependent protein kinase gene that is required for wheat powdery mildew resistance enhances bacterial blight resistance in transgenic rice // *J. Exp. Bot*.— 2013.— № 64.— P. 3125–3136.
- Huang G.Z., Allen R., Davis E. L., Baum T.J., Hussey R. S. Engineering broad root-knot resistance in transgenic plants by RNAi silencing of a conserved and essential root-knot nematode parasitism gene // *Proceedings of the National Academy of Sciences*.— 2006.— P. 14302–14306.
- Mao Y.B., Cai W. J., Wang J. W., Hong G. J., Tao X. Y., Wang L. J., Huang Y. P., Chen X. Y. Silencing a cotton bollworm P450 monooxygenase gene by plant-mediated RNAi impairs larval tolerance of gossypol // *Nature Biotechnology*.— 2007.— № 25.— P. 1307–1313.
- Roney J.K., Khatibi P. A., Westwood J. H. Cross-species translocation of mRNA from host plants into the parasitic plant dodder // *Plant Physiology*.— 2007.— № 143.— P. 1037–1043.

26. Panwar V., McCallum B., Bakkeren G. Endogenous silencing of *Puccinia triticina* pathogenicity genes through in planta-expressed sequences leads to the suppression of rust diseases on wheat // *The Plant Journal*. — 2013. — № 73. — P. 521–532.
27. Pliego C., Nowara D., Bonciani G. et al. Host-induced gene silencing in barley powdery mildew reveals a class of ribonuclease-like effectors // *Molecular Plant-Microbe Interactions*. — 2013. — № 26. — P. 633–642.
28. Baulcombe D.C. VIGS, HIGS and FIGS: small RNA silencing in the interactions of viruses or filamentous organisms with their plant hosts // *Current Opinion in Plant Biology*. — 2015. — № 26. — P. 141–146.
29. Cheng W., Song X-S., Li H-P. et al. Host-induced gene silencing of an essential chitin synthase gene confers durable resistance to *Fusarium* head blight and seedling blight in wheat // *Plant Biotechnology Journal*. — 2015. — № 13. — P. 1335–1345.
30. Chen W., Kastner C., Nowara D. et al. Host-induced silencing of *Fusarium culmorum* genes protects wheat from infection // *Journal of Experimental Botany*. — 2016. — Vol. 67. — № 17. — P. 4979–4991.
31. Weiberg A., Wang M., Lin F.M., Zhao H.W., Zhang Z.H., Kaloshian I., Huang H.D., Jin H.L. Fungal small RNAs suppress plant immunity by hijacking host RNA interference pathways // *Science*. — 2013. — № 342. — P. 118–123.
32. Qiao Y.L., Liu L., Xiong Q. et al. Oomycete pathogens encode RNA silencing suppressors // *Nature Genetics*. — 2013. — № 45. — P. 330–333.

© Третьякова Полина Яковлевна (polina.tretyakova@yandex.ru), Соловьёв Александр Александрович (a.soloviev70@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева

УЛЬТРАСТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПЛАЦЕНТЕ ПРИ ПОЗДНИХ ТОКСИКОЗАХ БЕРЕМЕННЫХ

ULTRASTRUCTURAL CHANGES OF THE PLACENTA WITH LATE TOXICOSIS OF PREGNANT WOMEN

**O. Shubina
N. Dudenkova
L. Gryzlova
M. Egorova
V. Bardin
A. Kiseleva**

Summary. One of the most important tasks of our time is to find out the influence of adverse natural and anthropogenic factors on the prenatal and postnatal development of humans and animals. Heavy metals, penetrating the hemotoplacental barrier, affect the course of pregnancy and childbirth, and in the future, the development of the fetus [1, 2].

The study is devoted to adaptive and pathological changes in the placenta during toxicosis (gestosis) of pregnant women living in areas with increased environmental pollution with heavy metals. At the electron-microscopic level, the prevalence of destructive disorders of placental structures was observed in severe gestosis.

Keywords: placenta, gestosis, ultrastructural changes.

Шубина Ольга Сергеевна

Д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО «Мордовский
государственный педагогический институт имени
М. Е. Евсевьева» (г. Саранск)
o.shubina@mail.ru

Дуденкова Наталья Анатолиевна

К.б.н., старший преподаватель, ФГБОУ ВО
«Мордовский государственный педагогический
институт имени М. Е. Евсевьева» (г. Саранск)
dudenkova_nataly@mail.ru

Грызлова Лариса Владимировна

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Мордовский
государственный педагогический институт имени
М. Е. Евсевьева» (г. Саранск)
larisagrizlova@rambler.ru

Егорова Марина Владимировна

Преподаватель, ФГБОУ ВО «Мордовский
государственный педагогический институт имени
М. Е. Евсевьева» (г. Саранск)
egorowa.marina@mail.ru

Бардин Владимир Сергеевич

Старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Мордовский
государственный педагогический институт имени
М. Е. Евсевьева» (г. Саранск)
v.s.bardin@yandex.ru

Киселева Анна Игоревна

Преподаватель, ФГБОУ ВО «Мордовский
государственный педагогический институт имени
М. Е. Евсевьева» (г. Саранск)
ka-mi19@yandex.ru

Аннотация. Одной из важнейших задач современности является выяснение влияния неблагоприятных природных и антропогенных факторов на пренатальное и постнатальное развитие человека и животных. Тяжелые металлы, проникая через гематоплацентарный барьер, влияют на протекание беременности и родов, а в дальнейшем и на развитие плода [1, 2].

Исследование посвящено адаптационным и патологическим изменениям в плаценте при токсикозе (гестозе) беременных женщин, живущих в районах с повышенным загрязнением окружающей среды тяжелыми металлами. На электронно-микроскопическом уровне при тяжелой степени гестоза отмечено преобладание деструктивных нарушений структур плаценты.

Ключевые слова: плацента, гестоз, ультраструктурные изменения.

Введение

Фетоплацентарная недостаточность является одной из ключевых проблем акушерства, ведущая к прерыванию беременности, замедлению роста, развития и гибели плода [3, 4]. Безусловно, для понимания механизма развития данной патологии является важным знание процесса перестройки ультраструктурной организации плаценты. Однако работ по изучению морфологических и ультраструктурных изменений в плаценте, вызванных данным заболеванием, недостаточно [5, 6].

Цель выполнения исследования

Изучение ультраструктурных изменений плаценты в зависимости от тяжести токсикоза (гестоза) беременных женщин, проживающих в неблагоприятной экологической обстановке.

Материал и методы

Материалом исследования служили последы женщин с физиологической беременностью и беременностью осложненной гестозом. Всего исследовано 22 последа от пациенток в возрасте от 18 до 35 лет 28–37 недель гестации.

Первая группа женщин с нормально протекающей беременностью проживала в экологически благоприятных условиях окружающей среды (исследовано 10 плацент). Группа женщин, чья беременность была осложнена токсикозом разной степени тяжести, проживала около скоростных автотрасс (исследовано 12 плацент). Известно, что активное движение автотранспорта ухудшает состояние воздуха, почвы придорожных территорий особенно тяжелыми металлами, среди которых свинец, цинк, медь. Морфологический анализ периферических и центральных участков плаценты проводился на светооптическом и электронно-микроскопическом уровне. Степень тяжести гестоза определялась согласно классификации Савельевой Г. М., 1996 [7].

Результаты и обсуждение

В настоящем исследовании изучению подверглись терминальные ворсины, на уровне которых осуществляется основной обмен в плаценте.

Результаты исследования показали, что у беременных с гестозом на стадии водянки отмечены ворсины нормального строения и ворсины с деструктивными изменениями трофобластического эпителия. Наиболее выраженный гетероморфизм наблюдался в периферических участках плаценты. В измененных ворсинах син-

цитиотрофобласт представлен слоем неравномерной толщины, апикальная поверхность которого покрыта длинными микроворсинками.

Следует отметить, что в ворсинах, находящихся в периферических отделах слой синцитиотрофобласта уже, чем в центральных отделах. Ядра синцитиотрофобласта уменьшены в размере, сморщены, хроматин в них находится в конденсированном состоянии в форме глыбок. Особенно заметным изменениям подверглись митохондрии. Они имеют просветленный матрикс, укороченные или частично разрушенные кристы. Клетки цитотрофобласта неправильной формы. Их крупные ядра содержат диффузный хроматин, цитоплазматические органеллы набухшие. Базальная мембрана, разделяющая синцитиотрофобласт и строму, утолщена. Выявлено набухание и разрушение коллагеновых волокон, расположенных под базальной мембраной. Строма рыхлая с множеством пустот. В перицитах ядра имеют неправильную форму, доля конденсированного хроматина в них снижена, большинство цитоплазматических органелл отечные. Наблюдается «выбухание» эндотелиальных клеток в просвет капилляров.

При нефропатии легкой и средней степени синцитиотрофобласт неравномерной толщины, десквамированный на значительном протяжении. Ядра синцитиотрофобласта содержат конденсированный хроматин в форме глыбок. Наблюдается повышенная вакуолизация синцитиотрофобласта. Клетки цитотрофобласта встречаются редко. Их органеллы, как правило, дистрофически изменены. На отдельных участках пальцевидные выпячивания цитоплазмы синцитиотрофобласта вместе с базальной мембраной образует дополнительные каналы, соединяющие синцитиотрофобласт и прибазальный участок стромы терминальных ворсин.

В зависимости от степени тяжести гестоза в плаценте отмечен рост склеротических процессов. При водянке под базальной мембраной трофобласта увеличивается слой коллагеновых волокон. В строме часто встречаются фибробласты. Повышение числа коллагеновых волокон наблюдается как во всей строме, так и вокруг фетальных сосудов. При нефропатии легкой и средней степени склерозированные ворсины принимают вытянутую форму, размеры их сильно уменьшены. Строма содержит большое количество фибробластов и коллагеновых волокон. Сосуды узкие без плодных эритроцитов. Они как бы сдавлены избытком соединительной ткани стромы что, вероятно, препятствует их синусоидальной трансформации. Этим же объясняется отсутствие синцитиокапиллярных мембран.

В зависимости от тяжести гестоза увеличивается число фибриноидно-измененных терминальных вор-

син. При водянке на поверхности синцитиотрофобласта наблюдается появление отдельных нитей фибрина, которые проходят внутрь до базальной мембраны, занимая отдельные участки синцитротрофобласта и стромы ворсины. Часто масса фибриноида закупоривает разрушенные участки синцитиотрофобласта. При нефропатии легкой и средней степени в отдельных ворсинах фибриноид полностью заполняет синцитиотрофобласт. В таких зонах масса фибриноида контактирует с клетками цитотрофобласта, что предполагает их неразрывную связь и причинную обусловленность участия продуктов секреции цитотрофобласта в образовании фибриноида. В других фибриноидноизмененных ворсинах синцитиотрофобласт сильно разрушен. Плотнo располагающийся в строме он сдавливает фетальные сосуды, приводя к их стазу, что ухудшает материнско-плодовый кровоток.

При гестозе отмечено нарушение процессов кровообращения в терминальных ворсинах плаценты, что выражается в полнокровии фетальных сосудов, количество которых в зависимости от степени тяжести гестоза увеличивается. При водянке полнокровные терминальные ворсины, как правило, округлой формы несколько увеличены в размере. Слой синцитиотрофобласта сужен особенно в тех участках, где капилляры близко подходят к его краю. Эндотелиальные клетки уплощены. Часто в просвете сосудов наблюдаются эритроциты, заполняющие все свободное пространство. На отдельных срезах часто отмечен только один капилляр, занимающий значительную площадь терминальной ворсины.

При нефропатии средней и тяжелой степени в терминальных ворсинах плаценты наблюдается гиперемия фетальных сосудов, процессы сокращения площади синцитиотрофобласта, отека, склероза, отложения фибриноида. Часто в одной ворсине сочетаются сразу несколько патологических изменений. В строме ворсин (соответственно стадиям гестоза) прогрессивно нарастает количество лимфоцитов и макрофагоподобных клеток. При нефропатии тяжелой степени особенно сильно увеличивается количество полнокровных сосудов. Полнокровные сосуды все чаще подходят к краю терминальной ворсины, сужая слой синцитиотрофобласта, и формируют истинные синцитиокапиллярные мембраны. Синцитиокапиллярные мембраны представлены слоем тонкого безъядерного синцитиотрофобласта, общим базальным слоем, образованным от слияния базальной мембраны трофобласта и базальной мембраны эндотелия и истонченным отростком эндотелия плодного капилляра.

Таким образом, идет укорочение пути диффузии. В области синцитиокапиллярных мембран встречаются синцитиальные узелки. Эти структуры выступают над эпителиальным покровом ворсин. При ультраструк-

турном исследовании выявлено, что данные выросты содержат большое количество ядер округлой или удлиненной формы с темным конденсированным хроматином. Ядра окружены тонким слоем цитоплазмы. Микроворсинки в почкообразных выростах короче и толще чем в других участках. За почкообразными выростами следует тонкий слой синцитиотрофобласта не содержащий ядер, с приближенными фетальными капиллярами, образуя синцитиокапиллярные мембраны. В эндотелий капилляров часто встречаются миофиламенты.

При нефропатии тяжелой степени особенно ярко выражены дистрофические изменения в терминальных ворсинах плаценты. В отдельных ворсинах синцитиотрофобласт сильно отечен и сужен. На его поверхности микроворсинки или значительно изменены, или разрушены. В других ворсинах сильно разрушены органоиды синцитиотрофобласта. Базальная мембрана на большом протяжении разрушена. Число стромальных клеток уменьшено, ядра, и цитоплазматические органеллы в них дистрофически изменены. Капилляры занимают значительную часть ворсины. Эндотелиальные клетки уплощены, их ядра бедны хроматином, цитоплазматических органелл мало. Отростки на поверхности эндотелия отсутствуют. В фибриноидноизмененных ворсинах синцитиотрофобласт часто вообще отсутствует. На его месте находятся отдельные участки фибриноидных отложений. Полнокровие терминальных ворсин сопровождается их склерозом. Большое количество коллагеновых и эластических волокон окружает фетальные сосуды. С повреждением микроворсинок синцитиотрофобласта связано образование своеобразной формы склеивания ворсин. На ультраструктурном уровне они выглядят участком сближенных ворсин, но с сохраненным эпителием без обширных прослоек коллагена и фибриноида.

Выводы

Результаты полученных исследований с помощью электронно-микроскопических методов исследования показали, что практически при любой стадии гестоза имеются гистологические маркеры компенсаторных механизмов плаценты и имеются признаки деструкции плаценты. К компенсаторно-приспособительным механизмам можно отнести истончение сим-пласта, увеличение площади фетальных капилляров, усиление полнокровия сосудов. К деструктивным изменениям на микроскопическом уровне можно отнести: увеличение количества патологически измененных терминальных ворсин, сужение синцитиотрофобласта, его десквамацию, коллагенизацию ворсин. На электронно-микроскопическом уровне отмечено: уменьшение числа ультраструктур в синцитиотрофобласте и эндотелиальных клетках, набухание и вакуолизацию митохондрий, расширение ци-

стерн эндоплазматической сети, появление большого числа вакуолей, разрыв и отслойку ядерной оболочки. При этом отмечается, что при тяжелой степени гестоза соотношение маркеров компенсации и декомпенсации плаценты прогрессирует в сторону последних. Данное обстоятельство указывает на лимитирование компенса-

торных возможностей гистоструктур плаценты при данном виде патологии.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lawrenson C., Bares M., Kamondi A et al. Seeking a unified framework for cerebellar function and dysfunction: from circuit operations to cognition *Cerebellum Ataxias*. 2018. — № 5. — URL: <https://cerebellumandataxias.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40673-018-0087-9>
2. D'Angelo E., Casali S. Seeking a unified framework for cerebellar function and dysfunction: from circuit operations to cognition *Front // Neural Circuits*, 10 January 2013. — URL: <https://doi.org/10.3389/fncir.2012.00116>
3. Пьявченко Г. А. Изменение количества нейронов в моторной коре крыс и их двигательная активность в возрастном аспекте // *Морфология*. — 2015. — Том 147. — № 3. — С. 7–11.
4. Dorman D. *Handbook of Clinical Neurology*. — 2018. — Vol. 159. — pp. 430–432.
5. Семченко В. В., Барашкова С. А., Ноздрин В. И., Артемьев В. Н. *Гистологическая техника: учебное пособие*. — Омск-Орел: Омская областная типография, 2006. — 290 с.
6. Paxinos G., Watson C. *The rat brain in stereotaxic coordinates: hard cover edition // Access Online via Elsevier*. — 2006. — P. 451.
7. Агапов П. А. Структурное и морфометрическое исследование верхней теменной области мозга человека: автореферат дис. ... кандидата биологических наук. — Москва, 2015. — 22 с.
8. Молчанова Л. Ф., Кудрина Е. А., Муравьева М. М. и др. *Статистическая оценка достоверности результатов научных исследований: учебное пособие*. — Ижевск: 2004. — 96 с.

© Шубина Ольга Сергеевна (o.shubina@mail.ru), Дуденкова Наталья Анатолиевна (dudenkova_nataly@mail.ru),
Грызлова Лариса Владимировна (larisagrizlova@rambler.ru), Егорова Марина Владимировна (egorowa.marina@mail.ru),
Бардин Владимир Сергеевич (v.s.bardin@yandex.ru), Киселева Анна Игоревна (ka-mi19@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

MATHEMATICAL MODEL OF THE FORMATION OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF THE LOGISTICS SYSTEM

**N. Bolgarov
A. Belov
S. Shangala
V. Lisitskiy**

Summary. The article presents a mathematical model for the formation of the transport infrastructure of the material and technical support system, for the theoretical and practical solution of transport support tasks (preparation, operation, technical cover, restoration of transport and transport communications).

Keywords: model, block linear programming, transport infrastructure, transport communications.

Болгаров Николай Игоревич

*Д.воен.н., доцент, Военная академия МТО
им. генерала армии А. В. Хрулева (Санкт-Петербург)
vamto@mail.ru*

Белов Алексей Викторович

*К.т.н., Военная академия МТО им. генерала армии
А. В. Хрулева (Санкт-Петербург)*

Шангала Сергей Витальевич

*К.т.н., преподаватель, Военная академия МТО
им. генерала армии А. В. Хрулева (Санкт-Петербург)*

Лисицкий Владимир Вадимович

*К.т.н., Военно-космическая академия
им. А. Ф. Можайского (Санкт-Петербург)
lisickii@yandex.ru*

Аннотация. В статье представлена математическая модель формирования транспортной инфраструктуры системы материально-технического обеспечения, применимая для теоретического и практического решения задач транспортного обеспечения (подготовка, эксплуатация, техническое прикрытие, восстановление транспорта и транспортных коммуникаций).

Ключевые слова: модель, блочное линейное программирование, транспортная инфраструктура, транспортные коммуникации.

Введение

Структура материально-технического обеспечения войск зависит от состава, структуры войск и способов организации материально-технического обеспечения, а именно:

- ♦ от наличия транспортных коммуникаций и их транспортно-эксплуатационного состояния;
- ♦ от требуемых объемов перевозок материально-технических средств войскам;
- ♦ от наличия соединений, частей и организаций транспортного обеспечения войск в операции;
- ♦ от характера и степени воздействия противника на транспортные коммуникации;
- ♦ от продолжительности ведения боевых действий на стратегическом направлении.

Перечисленные факторы становятся определяющими при формировании транспортной инфраструктуры материально-технического обеспечения войск. При этом необходимо комплексное использование транспорта железнодорожного, автомобильного, авиационного, водного, трубопроводного. В этом случае задача формирования системы транспортного обеспечения заключается в определении необходимого количества структурных подразделений

по каждому виду транспорта в соответствии с его возможностями

по перевозке требуемых объемов материально-технических средств в заданные сроки в боевых условиях.

Система транспортного обеспечения войск включает:

- ◆ транспортные коммуникации (военно-автомобильные и железные дороги, речные и морские пути, трубопроводы, аэродромы материального обеспечения и воздушные трассы);
- ◆ соединения, части и организации транспортного обеспечения;
- ◆ органы управления транспортного обеспечения войск.

Перечисленные элементы системы транспортного обеспечения функционируют по единому замыслу и плану, соответствующему замыслу на проведение и ее материально-техническому обеспечению.

В замысле материально-технического обеспечения войск определяются способы и сроки доставки материальных средств войскам, которые детализируются в решении на организацию транспортного обеспечения.

В решении определяются группировки сил и средств транспортного обеспечения войск и их задачи.

Исходя из этого, можно заключить, что в решении обосновывается состав транспортной инфраструктуры группировки войск. Причем определение состава сил и средств транспортного обеспечения сводится к расчету потребности в соединениях, частях и организациях транспортного обеспечения в соответствии с объемами перевозимых материальных средств, интенсивностью движения и пропускной способностью существующей сети транспортных коммуникаций.

Таким образом, проблему формирования транспортной инфраструктуры можно свести к отысканию необходимого количества структурных подразделений (соединений, частей, организаций), способных обеспечить выполнение заданных объемов перевозок при комплексном использовании транспорта в условиях воздействия противника с учетом максимального использования потенциальной пропускной способности транспортных коммуникаций и минимальных затрат на формирование транспортной инфраструктуры СМО (система материально-технического обеспечения).

В соответствии с этим проектирование системы транспортного обеспечения основано на описании процесса ее функционирования как решение некоторой глобальной задачи, реализация которой в едином блоке (одним структурным подразделением) невозможна. Требуется разбиение общей задачи транспортного обеспечения войск на подзадачи и создание специализированных структурных подразделений СТРО (система транспортного обеспечения) соединений, частей и орга-

низаций для решения выделенных подзадач. В последующем структурные подразделения объединяются в единую транспортную систему войск. При этом возможны два способа формирования транспортной инфраструктуры СМО.

Первый из них состоит в том, что предполагается использование известного числа структурных элементов СТРО и их специализация по видам транспорта.

В этом случае количество подзадач транспортного обеспечения войск (сил) и характер взаимоотношения между ними определены заранее так, что проводится распределение усилий между уже выделенными структурными элементами СТРО (соединениями, частями, организациями).

При втором способе предполагается, что никакие параметры СТРО (число структурных подразделений, количество уровней иерархии и др.) заранее неизвестны и декомпозиция общей задачи осуществляется исходя из возможности решения выделенных подзадач СТРО.

Как первый, так и второй способы укладываются в рамки решения общей распределительной задачи линейного или блочного линейного программирования.

Постановка задачи проектирования системы транспортного обеспечения группировки войск (сил) с применением принципов математического (линейного) программирования требует выполнить ряд последовательных шагов.

Шаг 1. Разбить общую задачу (цель) проектируемой системы транспортного обеспечения на элементарные подзадачи (цели), реализация которых осуществляется «низовыми элементами» (в качестве «низовых элементов» могут выступать отдельные должностные лица и привлекаемая техника, подразделения (отделение, взвод, рота), части (отдельные батальоны) и соединения) структуры.

Естественно, существует несколько способов достижения элементарных подзадач (целей) транспортного обеспечения. Это означает, что для выполнения каждой из них может быть сформировано несколько вариантов «низовых элементов», образующих множество X .

Каждый из вариантов $x_i \in X$ имеет свои специфические особенности и отличается от всех других возможностями по выполнению задач, экономичностью, надежностью, управляемостью и др. показателями.

Формирование множества «низовых элементов» осуществляется исходя из реально имеющихся (прогнозируемых) ресурсов видов транспорта и может быть выполнено:

1. на основе анализа существующих структурных подразделений транспортного обеспечения войск;
2. на основе расчетов с использованием существующих методик [1, 2] определения состава специализированных подразделений;
3. с помощью предлагаемой методики.

Использование первого способа целесообразно при выборе таких исходных вариантов «низовых элементов», как части и подразделения автомобильных, дорожных и железнодорожных войск, органы ВОСО и др.

Применение второго и третьего способов имеет смысл при расчете вариантов специализированных структурных подразделений СТРО для выполнения специальных работ и задач, отличающихся определенной спецификой (например, дорожное обеспечение работы временных пунктов разгрузки (ВПР)). Иными словами, расчет вариантов «низовых элементов» необходим в том случае, когда подобные аналоги отсутствуют или их эффективность неизвестна.

Итогом данного этапа методики должно стать множество X вариантов «низовых элементов» создаваемой системы транспортного обеспечения. Элементы множества X являются искомыми переменными модели.

Шаг 2. Сформировать систему ограничений, накладываемых на транспортную инфраструктуру СМТО.

Эти ограничения формируются для всех переменных модели и системы транспортного обеспечения в целом. Они обусловлены требованиями к ней. В свою очередь сами требования определяются целями и условиями организации транспортного обеспечения войск.

Ограничения, характерные для работы СТРО, можно разделить на несколько групп (подмножеств):

- ◆ затраты на создание, содержание и функционирование $\{C\}$;
- ◆ требуемые объемы задач транспортного обеспечения (объемы перевозок различными видами транспорта, подготовка, эксплуатация, техническое прикрытие, разграждение и заграждение железных дорог) материальных средств и их структура $\{Q\}$;
- ◆ допустимые сроки выполнения воинских перевозок $\{T\}$;
- ◆ объемы и структура работ по обеспечению работы системы транспортного обеспечения $\{O\}$.

В свою очередь, каждое из этих подмножеств в зависимости от специфики создаваемых структурных подразделений СТРО распадается на более мелкие

подмножества. Такая декомпозиция ограничений продолжается до тех пор, пока не будут определены требования к «низовым элементам» проектируемой системы транспортного обеспечения. Таким образом, система ограничений имеет иерархическую структуру, отражающую иерархию создаваемой структуры транспортного обеспечения.

Основной принцип построения этой иерархии состоит в том, что общие требования $B = \{Q, T, O, \dots\}$, предъявляемые к СТРО, в целом достигаются за счет выполнения частных требований b_{ir} , накладываемых на структурные элементы (здесь i и r — тип «низового элемента» и накладываемого на него ограничения соответственно).

Формированием системы ограничений вида $B = \cup b_{ir}^q$, (где q — индекс уровня иерархии) заканчивается второй этап формирования системы транспортного обеспечения.

Шаг 3. Определить коэффициенты ограничений модели –показатели a_{ij} , количественные значения которых соответствуют вкладу каждого j -го ($j=1, \dots, m$) варианта «низового элемента» СТРО x_{ij} в выполнение r -го требования к ней.

Шаг 4. Составить уравнения ограничений, каждое из которых утверждает, что алгебраическая сумма вкладов каждого «низового элемента» в достижение одного из требований (Q, T, \dots) больше либо равна (меньше либо равна) его численному значению.

При этом «вклад» представляет собой произведение коэффициента ограничений a_{ij} на количество x_{ij} структурных подразделений j -го вида.

Шаг 5. Определить уравнение целевой функции системы транспортного обеспечения, позволяющее выбрать из всех допустимых переменных x_{ij} те, которые будут соответствовать лучшему (наиболее эффективному) варианту СТРО.

Эффективность измеряется либо количеством затрат, необходимых для получения определенного результата, либо результатом, полученным при определенных затратах [3]. Для исследования адаптивности СТРО наиболее предпочтительным является критерий затрат. В соответствии с этим уравнение целевой функции представляет собой минимизацию алгебраической суммы расходов, выраженных в виде произведения коэффициента затрат c_{ij} на количество x_{ij} структурных элементов системы транспортного обеспечения i -го типа в j -м виде транспорта, т.е.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min.$$

Таким образом, в результате построения модели получается совокупность математических соотношений, описывающих все допустимые варианты создаваемой системы транспортного обеспечения. Совокупность этих уравнений является моделью линейного программирования.

После того, как модель построена, задача формирования транспортной инфраструктуры СМТО может быть сформулирована в математических терминах.

Пусть для достижения какой-либо цели системы транспортного обеспечения G_o требуется сформировать транспортную инфраструктуру СМТО, удовлетворяющую требованиям $B = \|b_i\|$, ($i = 1, \dots, n$). Количественные значения этих требований (структуры и объемов перевозок, затрат ресурсов и др.) считаются известными или могут быть вычислены.

Для достижения цели G_o имеются определенные ресурсы, что позволяет создать множество вариантов X «низовых элементов» и транспортной инфраструктуры в целом. Варианты «низовых элементов» (x_{ij}) отличаются друг от друга показателями экономичности c_{ij} , возможностями по выполнению объемов перевозок (работ) a_{ij} , сроками выполнения перевозок (работ) t_{ij} , и др. Совокупность этих показателей определяется числом требований, предъявляемых к структуре СТрО.

Требуется определить такой состав системы транспортного обеспечения (количество, специализацию и иерархию «низовых элементов»), при которой обеспечивается выполнение требований

к транспортному обеспечению $B = \|b_i\|$ с минимальными затратами.

Формальную постановку этой задачи можно записать в следующем виде. Минимизировать целевую функцию

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \tag{1}$$

при следующих ограничениях:

$$\sum_{j=1}^m a_{ij} x_{ij} \geq b_i, \tag{2}$$

$$\sum_{j=1}^m a_{ij}^{r \text{ факсм}} x_{ij} \geq b_{ir}, \tag{3}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} \geq 1, \tag{4}$$

$$x_{ij} \text{ — целочисленные для } \forall ij, \tag{5}$$

$$x_{ij} \geq 0, \tag{6}$$

$$x_{ij} \leq v_{ij}, \tag{7}$$

где i — индекс специализации (по видам транспорта, специализированных соединений, частей, организаций и др.) «низового элемента» СТрО и вида требований к структуре, выполнение которых необходимо для достижения цели G_o ;

j — индекс варианта (тип соединения, части, организации, характеризующий их предназначение и возможности) «низового элемента» i -го вида транспорта;

x_{ij} — количество «низовых элементов» СТрО i -го вида транспорта j -го типа;

c_{ij} — суммарные приведенные затраты по i -му виду и j -му типу (варианту) «низового элемента» СТрО;

b_{ir} — численное значение r -го требования к СТрО по i -му виду транспорта;

a_{ij} и $a_{ij}^{r \text{ факсм}}$ — соответственно нормативные и потенциальные возможности элемента x_{ij} по выполнению i -го требования;

v_{ij} — верхняя граница возможного изменения переменной x_{ij} , которая определяется нормой управляемости.

Перечисленные выше ограничения задачи интерпретируются следующим образом:

- ♦ целевая функция (1) минимизирует затраты на создание, содержание и функционирование транспортной инфраструктуры СМТО;
- ♦ условия (2–3) определяют выполнение всех требований, предъявляемых к транспортной инфраструктуре СМТО;
- ♦ условие (4) гарантирует включение в состав СТрО не менее одного «низового элемента»;
- ♦ условия (5–6) учитывают целочисленность и неотрицательность переменных x_{ij} ;
- ♦ условие (7) устанавливает максимальное количество структурных подразделений СТрО (элементов) нижестоящего уровня иерархии в структуре вышестоящего уровня.

Такая постановка задачи хорошо описывает процесс формирования элемента транспортной инфраструктуры СМТО для перевозок отдельными видами транспорта и предназначена для решения задач небольшой размерности (при небольшом количестве переменных и ограничений модели). Для формирования транспортной инфраструктуры СМТО с учетом реализации требования комплексного использования всех видов транспорта размерность задачи резко возрастает. В этом случае целесообразно сформулировать проблему формирования СТрО группировки войск в обобщенном виде следующим образом.

Пусть существует задача создания транспортной инфраструктуры СМТО в виде модели линейного программирования в векторной форме

$XC \rightarrow \min$ при условиях:

$$\begin{cases} AX = B \\ X \geq 0 \end{cases} \quad (8)$$

где $X = (x_1, \dots, x_n)^T$ — структурные подразделения СТРО по видам транспорта;

$C = (c_1, \dots, c_n)$ — затраты на создание, содержание и функционирование СТРО;

$A = \| a_{ij} \|$, $(i=1, \dots, n), (j=1, \dots, m)$ — коэффициенты ограничений, характеризующие возможности структурных подразделений по выполнению задач транспортно-обеспечения и потребности ресурсов для выполнения этих задач;

$B = (b_1, \dots, b_n)$ — показатели, определяющие условия функционирования СТРО и требования к ней (объемы перевозок по видам транспорта, объемы работ по техническому прикрытию, восстановлению транспортных коммуникаций, ограничения на выделяемые ресурсы и др.).

Разобьем множество X — совокупность «низовых элементов» СТРО на Z подмножеств совокупности структурных подразделений СМТО по видам транспорта, представив вектор X в виде $X = (x^1, x^2, \dots, x^t, \dots, x^Z)^T$, где $x^t = (x_1^t, \dots, x_{n_t}^t)^T$. Аналогично представим B и C в виде:

$$B = (b^0, b^1, b^2, \dots, b^t, \dots, b^Z)^T,$$

$$C = (c^1, c^2, \dots, c^t, \dots, c^Z),$$

где $b^t = (b_1^t, \dots, b_{m_t}^t)^T$, $c^t = (c_1^t, \dots, c_{n_t}^t)$, $b^0 = (b_1^0, \dots, b_l^0)^{\delta}$, $t=1, \dots, Z$.

Представим матрицу ограничений как совокупность

некоторых блоков A^t и D^t , $t=1, \dots, Z$ в виде

$$A = \begin{pmatrix} A^1 & A^2 & \dots & A^t & \dots & A^Z \\ D^1 & & & & & \\ & D^2 & & & & \\ & & \ddots & D^t & & \\ & & & & \ddots & D^Z \end{pmatrix},$$

где $A^t = \| a_{ij}^t \|$, $(i=1, \dots, l_t), (j=1, \dots, m_t)$;

$D^t = \| d_{ij}^t \|$, $(i=1, \dots, n_t), (j=1, \dots, m_t)$.

Тогда задачу (8) можно представить в следующем виде: минимизировать

$$F = C^1 X^1 + C^2 X^2 + \dots + C^t X^t + \dots + C^Z X^Z$$

при ограничениях:

$$A^1 X^1 + A^2 X^2 + \dots + A^t X^t + \dots + A^Z X^Z = b^0$$

$$D^1 X^1 = b^1$$

$$D^2 X^2 = b^2$$

$$\ddots D^t X^t = b^t$$

$$\ddots D^Z X^Z = b^Z,$$

$$X^t \geq 1, X^t \leq V^t.$$

Переменные, параметры и ограничения этой задачи имеют следующее значение:

X^t — вектор допустимых вариантов транспортной инфраструктуры СМТО, создаваемой для решения t -ой задачи транспортного обеспечения (по t -му виду транспорта);

C^t — вектор затрат, связанных с созданием, содержанием и функционированием вариантов транспортной инфраструктуры СМТО для решения t -ой задачи транспортного обеспечения (по t -му виду транспорта);

D^t — матрица коэффициентов ограничений, характеризующих «вклад» каждого варианта транспортной инфраструктуры СМТО в выполнение накладываемых на нее ограничений (требований) по решению t -ой задачи транспортного обеспечения (по t -му виду транспорта);

b^t — вектор объемов ограничений, накладываемых на элементы транспортной инфраструктуры СМТО, создаваемых для решения t -ой задачи транспортного обеспечения (по t -му виду транспорта);

A^t — матрица коэффициентов ограничений, характеризующих «вклад» каждого элемента по решению t -ой задачи в достижение общих требований, предъявляемых к транспортной инфраструктуре СМТО в целом;

Z — количество задач, требующих создания структурных элементов.

После приведенных объяснений для удобства следует записать эту модель в более краткой векторной форме

$$\left. \begin{aligned} \sum_{t=1}^Z X^t C^t \xrightarrow{x} \min \\ \text{при условиях} \\ \sum_{t=1}^Z A^t X^t = b^0, D^t X^t = b^t \\ X^t \geq 1, \quad X^t \leq V^t \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Заключение

Основные преимущества обобщенной постановки задачи формирования транспортной инфраструктуры

СМТО состоят в возможности отдельного решения задач по формированию отдельных элементов и всей создаваемой транспортной инфраструктуры.

В первом случае учитываются лишь частные ограничения, накладываемые на структурные подразделения, во втором — кроме частных, необходимо учесть общие ограничения для создаваемой транспортной инфраструктуры СМТО.

Это позволяет:

- ◆ во-первых, научно обосновать состав и структуру транспортной инфраструктуры СМТО группировки войск с учетом комплексного использования всех видов транспорта в операции по единой методике;
- ◆ во-вторых, реализовать принципы системного подхода к управлению транспортным обеспечением войск (сил) во всех формах применения группировок Вооруженных сил Российской Федерации;
- ◆ в-третьих, обеспечивает возможность оптимизации системы транспортного обеспечения войск по критерию оптимизации затрат (по содержанию, созданию и т.д.) при непереносимом условии выполнения задач транспортного обеспечения в требуемые сроки;
- ◆ в-четвертых, разбиение задачи линейного программирования на почти независимые подзадачи, и главную задачу, и возможность их отдельного решения очень выгодны с вычислительной точки зрения для подготовки исходных данных и сокращения времени расчетов.

Таким образом, приведенные обстоятельства, а также наличие доступных и эффективных методов решения задач блочного линейного программирования и стандартных алгоритмов и программ их машинной реализации делают обобщенную постановку задачи формирования транспортной инфраструктуры СМТО более предпочтительной. В качестве метода ее решения выбран метод декомпозиции Данцига-Вулфа [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Мальцев, Ю. А. Экономико-математические методы проектирования транспортных сооружений: учебник / Ю. А. Мальцев. — М.: Академия, 2010. — 346 с.
2. Ермошин, Н. А. Методы адаптивного управления транспортно-логистическими системами: монография / Н. А. Ермошин. — СПб.: СПбГУ сервиса и экономики, 2011. — 160 с.
3. Акофф, Р. О целеустремленных системах / Р. Акофф, Ф. Эмери; под ред. И. А. Ушакова. — М.: Советское Радио, 1974. — 272 с.
4. Данциг, Дж. Линейное программирование, его применения и обобщения / под ред. Н. Н. Воробьева. — М.: Прогресс, 1966. — 599 с.

© Болгаров Николай Игоревич (vamto@mail.ru), Белов Алексей Викторович, Шангала Сергей Витальевич,

Лисицкий Владимир Вадимович (lisickii@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА СУММИРОВАНИЯ ВО ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ФИЛЬТРАЦИИ АКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА КОРРЕЛЯЦИОННОГО ТЕЧЕИСКАТЕЛЯ

**ON THE APPLICATION
OF THE SUMMATION METHOD
IN THE TIME DOMAIN FOR SPATIAL
FILTERING OF THE ACOUSTIC SIGNAL
OF THE CORRELATION LEAK DETECTOR**

**P. Bunakov
V. Aksenov**

Summary. The solution of the problem of spatial signal allocation in pipeline systems based on the method of delay and summation of the signal in the time domain is considered. The proposed method allows you to eliminate a significant part of unwanted signals, which increases the accuracy of determining the location of a liquid leak.

Keywords: leak detection, correlation analysis, correlation, correlation leak detector, pipeline, coordinates.

Бунаков Павел Юрьевич

*Д.т.н., доцент, Государственный социально-гуманитарный университет, г. Коломна
pavel_jb@mail.ru*

Аксенов Василий Сергеевич

*Аспирант, Государственный социально-гуманитарный университет, г. Коломна
vasilyaksenov@gmail.com*

Аннотация. Рассматривается решение задачи пространственного выделения сигнала в трубопроводных системах на основе метода задержки и суммирования сигнала во временной области. Предлагаемый метод позволяет устранить значительную часть нежелательных сигналов, что повышает точность определения места утечки жидкости.

Ключевые слова: обнаружение утечек, корреляционный анализ, корреляция, корреляционный течеискатель, трубопровод, координаты.

Проблема поиска и обнаружения утечек в трубопроводах систем водоснабжения, а также транспортировки газа и нефти продолжает оставаться актуальной [1]. По официальной информации Минэнерго РФ доля тепловых сетей, нуждающихся в замене, стабильно нарастает и, как следствие, потери в них достигают 30% [2].

На настоящий момент разработано значительное количество методов поиска утечек, наиболее распространенными из которых являются акустический и корреляционно-акустический. В первом варианте производится последовательное прослушивание трубопровода с целью выявления более высокого уровня шума, сигнализирующего об утечке. Его основным недостатком является сложность отделения сигнала большого количества посторонних шумов. Корреляционно-акустический метод дает более точную картину за счет определения места утечки на основе корреляционной функции, построенной по данным от распределенных по трубопроводу датчиков. Для его применения используются два и более сигнала, получаемых с разнесенных друг от друга, расположенных на трубопроводе датчиков. Данный ме-

тод в совокупности с частотной фильтрацией позволяет получать достаточно точные результаты даже при наличии городского и промышленного шума [3]. Однако при его использовании могут возникнуть сложности с точным определением координат утечки, если на участке исследуемого трубопровода есть компенсаторы или запорная арматура. Кроме того, определенные затруднения может создать характер акустической эмиссии генерируемой жидкостью, если она вытекает в образованную рядом с трубопроводом полость [4]. Все эти помехи приводят к появлению дополнительных пиков на графике взаимной корреляционной функции, вследствие чего уменьшается точность определения координат утечки.

Для повышения точности метода предлагается применить метод пространственной фильтрации сигналов, основанный на суммировании двух дискретных сигналов во временной области. Данный метод фильтрации с некоторыми ограничениями позволяет выделить сигнал определённого участка трубопровода и может быть использован в корреляционных и схожих с ними системах неразрушающего контроля для более точного определения координат утечки.

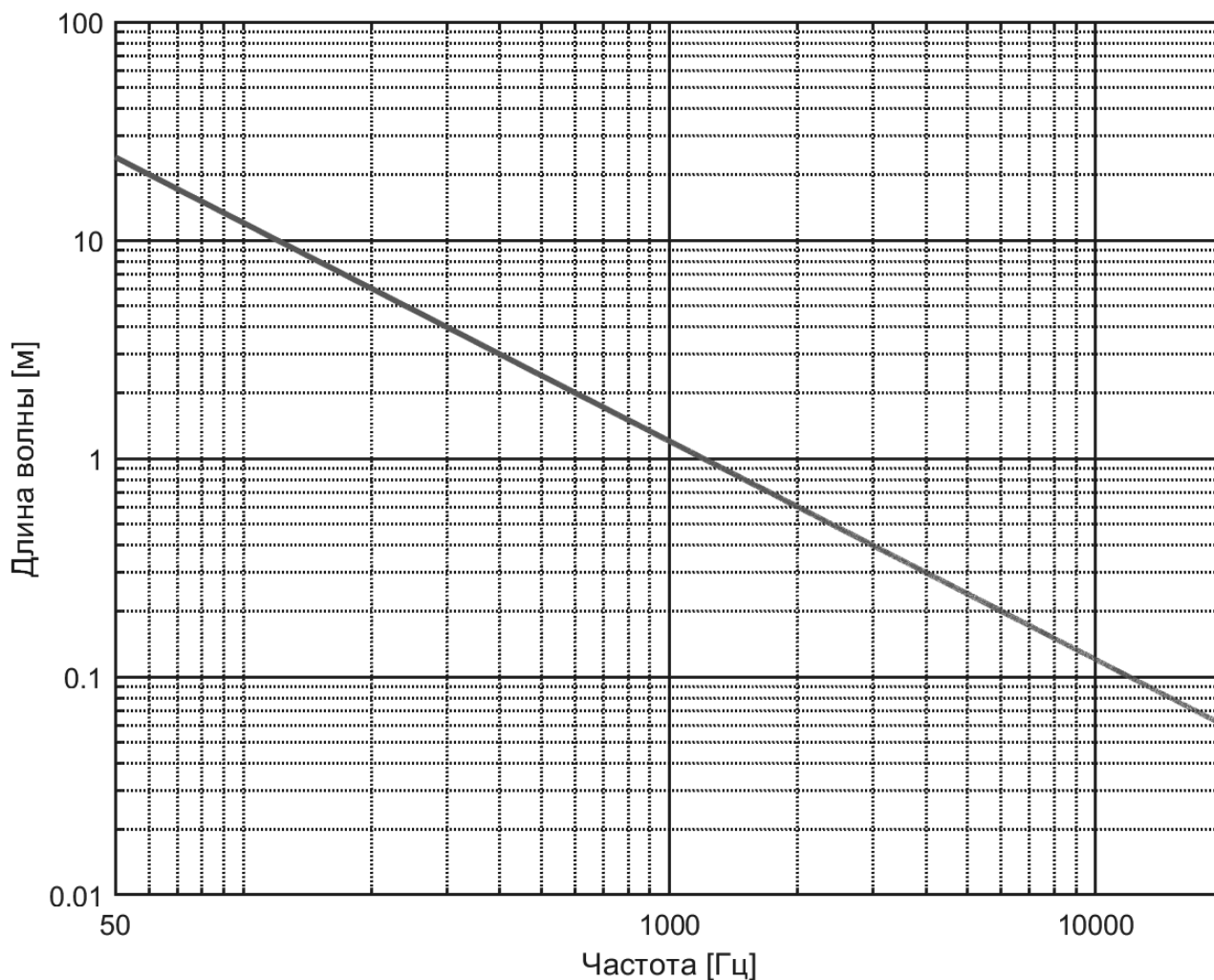


Рис. 1. График зависимости длины волны от скорости звука в трубопроводе

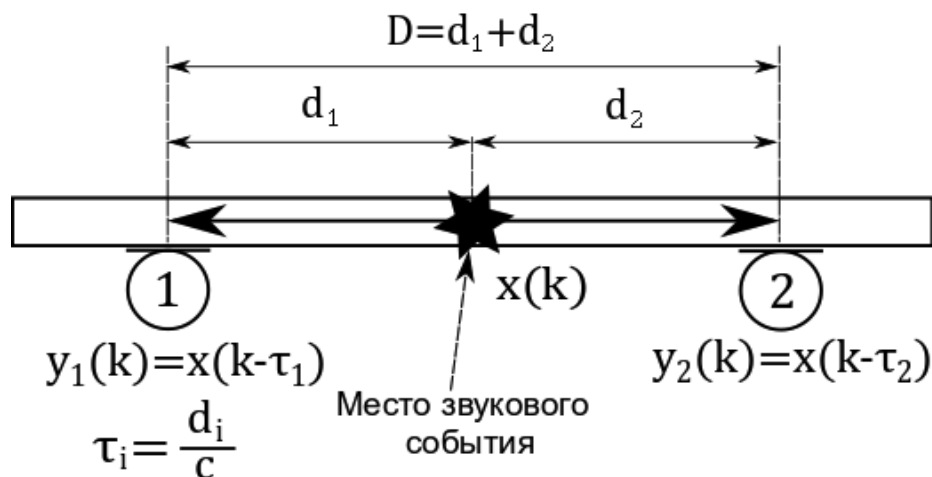


Рис. 2. Схема расположения акустических датчиков на трубопроводе и распространение акустической волны

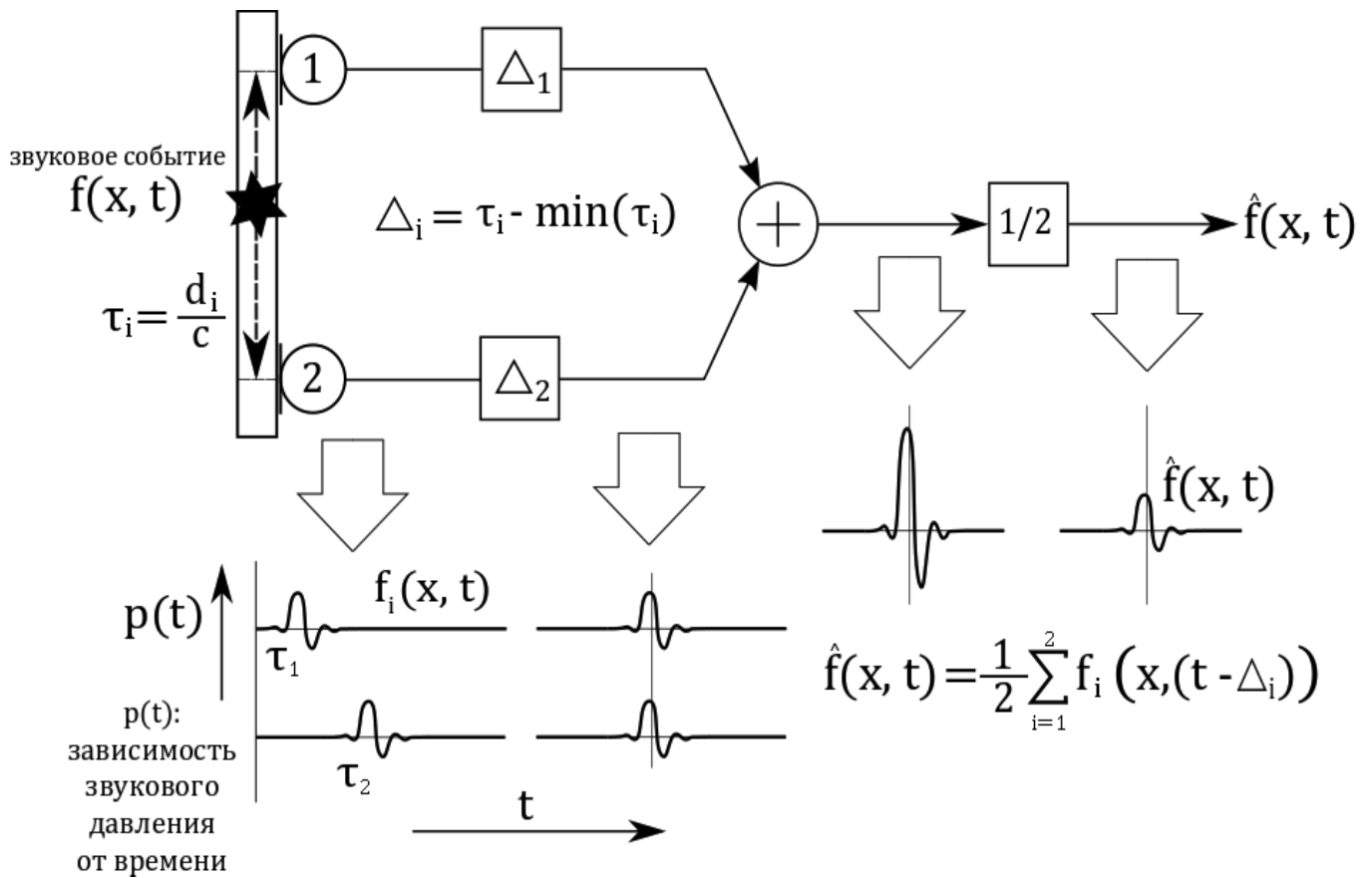


Рис. 3. Схема пространственной фильтрации методом суммирования во временной области

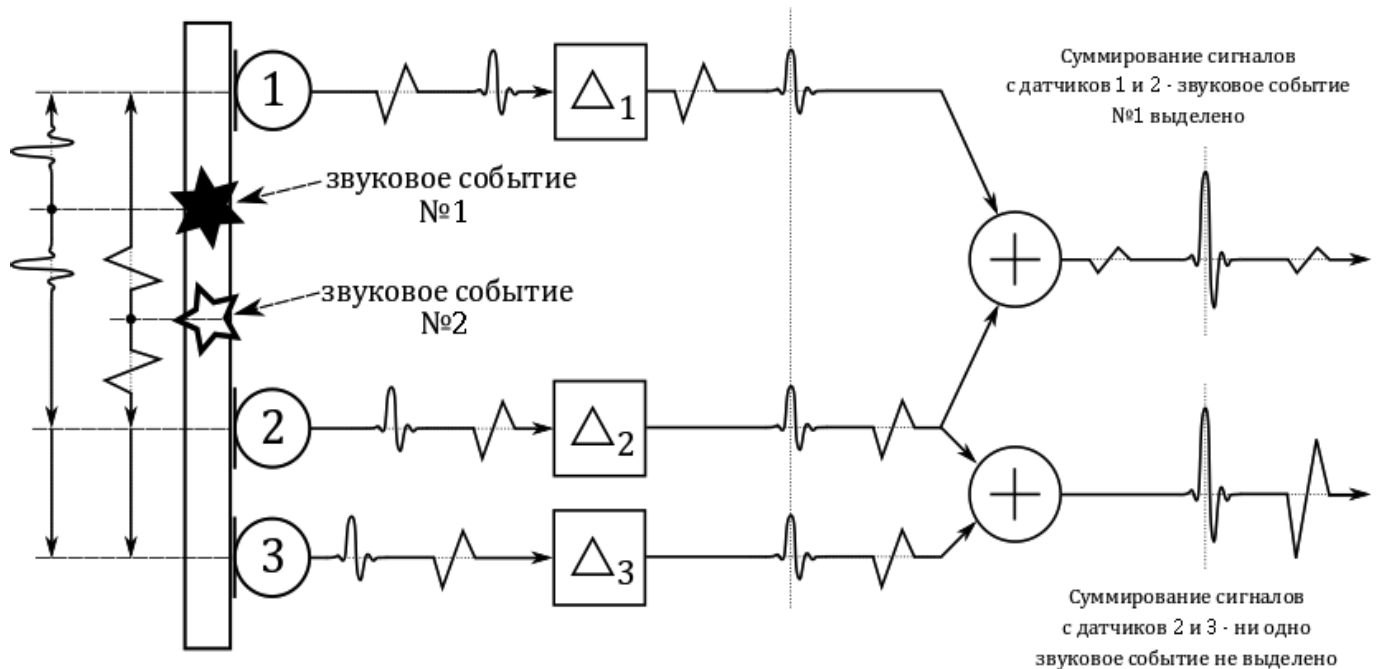


Рис. 4. Схема фильтрации при размещении двух акустических датчиков на одном из концов трубопровода

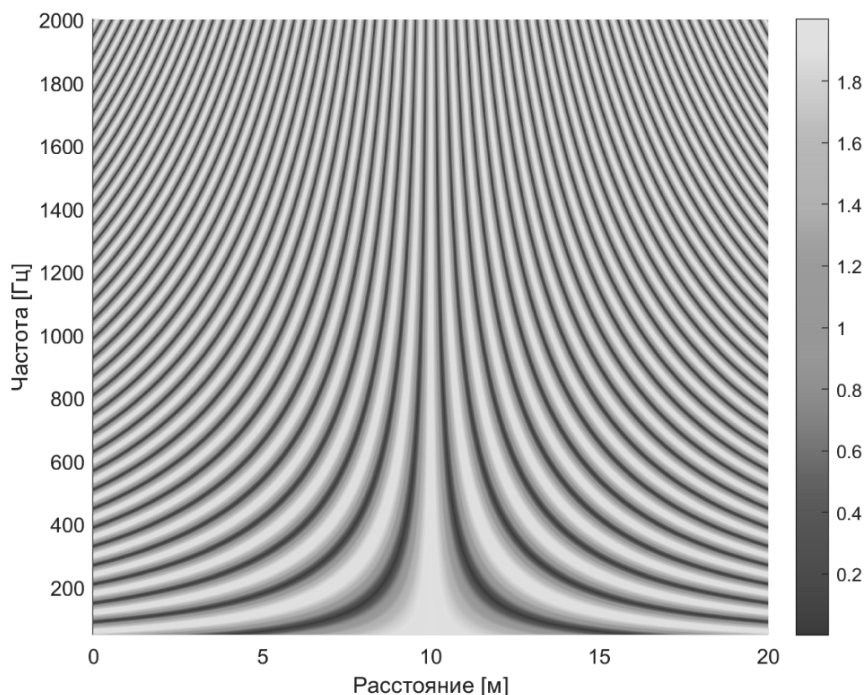


Рис. 5. Зависимость амплитуды сигнала от частоты и положения источника

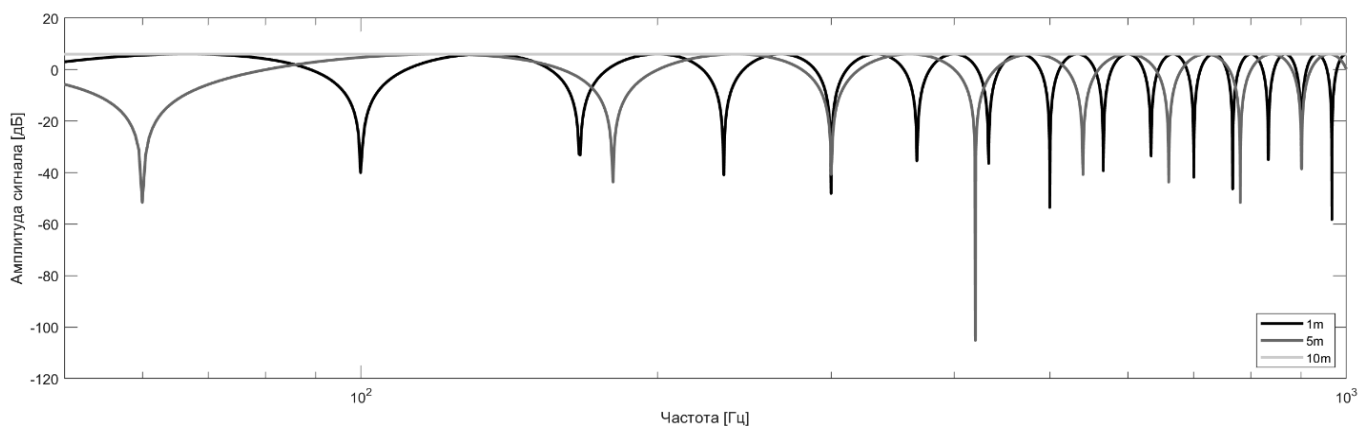


Рис. 6. АЧХ фильтра в зависимости от расстояния до первого датчика

Описание метода

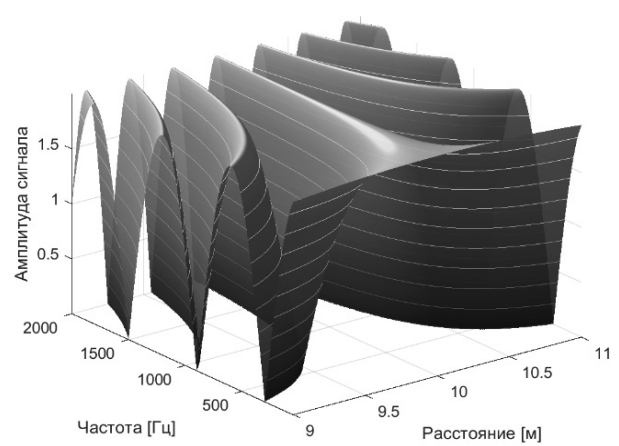
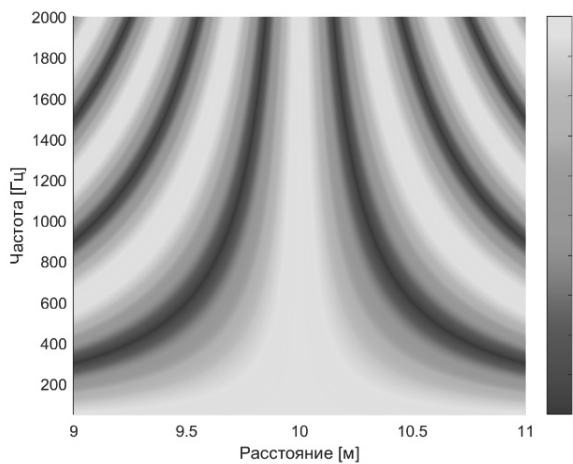
Во всех приведенных ниже расчетах используется соотношение, где скорость звука принята равной 1200 м/с. На рисунке 1 показано соотношение длины волны (λ) и частоты (f) при данной скорости звука.

Для упрощения представления затухание акустических волн при их распространении в трубопроводе и разница в частотной характеристике акустических датчиков в формулах не учитываются.

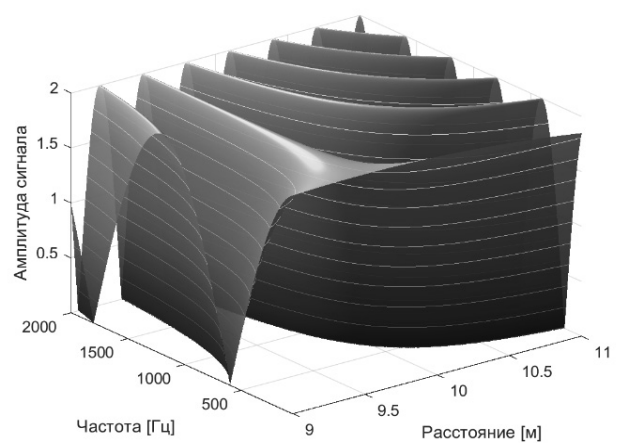
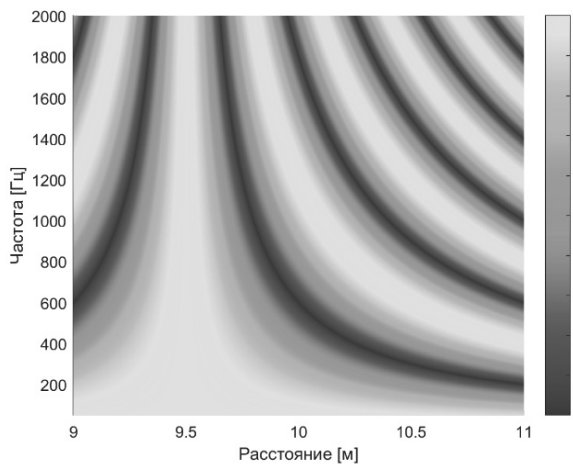
Акустический сигнал, генерируемый одним или несколькими звуковыми событиями, распространяется по трубопроводу, достигая датчиков 1 и 2, расположенных по обе стороны на границе исследуемого участка трубопровода (рис. 2).

Дискретный сигнал, получаемый с акустического датчика, выражается формулой [5]:

$$y_i(k) = x\left(k - \frac{d_i}{c}\right) \quad (1)$$



а)



б)

Рис. 7. Зависимость амплитуды сигнала от расстояния и частоты

где k — индекс дискретного времени; — расстояние от источника звука до акустического датчика; — скорость распространения звука в трубопроводе.

Предлагаемый способ пространственного выделения сигнала основан на суммировании двух дискретных сигналов, один из которых имеет задержку на определенное количество отсчетов, зависящее от расстояния между одним из датчиков и проблемным участком трубопровода. Получаемый результирующий сигнал содержит усиленную по амплитуде составляющую, характеризующую исследуемый участок трубопровода (рис. 3).

Для того чтобы получить сигнал из определённой точки на участке трубопровода используется формула

формирования луча методом задержки и суммирования во временной области [6]:

$$\hat{f}(x, t) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^2 f_i(x, (t - \Delta_i)), \quad (2)$$

$$\Delta_i = \tau_i - \min(\tau_i), \quad (3)$$

$$\tau_i = \frac{d_i}{c} \quad (4)$$

где f_i — временной ряд отсчётов с каждого акустического датчика, d — расстояние от датчика 1 до точки фокусировки, t — время, x — положение звукового события на трубопроводе.

Размещение на одном из двух концов исследуемого участка трубопровода двух и более датчиков представляется избыточным, т.к. при задержке на время сигналы с размещенных на одном конце исследуемого участка датчиков идентичны и не оказывают влияния на выделение сигнала (рис. 4):

$$f_2(x, (t - \Delta_2)) = f_3(x, (t - \Delta_3)),$$

Зависимость амплитуды сигнала, получаемого после применения фильтрации с точкой фокусировки 10 м, от расстояния и частоты для полосы частот от 50 Гц до 2000 Гц на трубопроводе длиной 20 метров приведена на рис. 5. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) фильтра с точкой фокусировки 10 метров для расстояний 1, 5 и 10 метров приведена на рис. 6.

В соответствии с соотношениями (2) — (4) можно варьировать положением точки фокусировки фильтра на трубопроводе, используя выражение:

$$\hat{f}(x, t) = \frac{x_1 \left(t - \frac{d_1}{c} \right) + x_2 \left(t - \frac{D - d_1}{c} \right)}{2}$$

где D — дистанция между датчиками; d_1 — дистанция между первым датчиком и точкой фокусировки.

На рис. 7 представлены графики зависимости амплитуд сигналов от частоты и положения источника сигналов на участке трубопровода длиной 20 м. Рис. 7-а соответствует расположению точки фокусировки на расстоянии 10 метров от первого датчика, а рисунок 7-б — его расположению на расстоянии 9,5 метров от первого датчика.

Анализ зависимостей, представленных на рис. 6 и 7, показывает, что качество фильтрации и характеристики получаемого после фильтрации сигнала имеют выраженную зависимость от длины исследуемого участка и положения точки фокусировки. Тем не менее, предлагаемый метод фильтрации позволяет устранить значительную часть нежелательных сигналов, что повышает точность определения места утечки жидкости. На его основе реализованы опытные образцы аппаратно-программных средств для промышленных течееискателей. Кроме того, полученные результаты дают возможность определить направления дальнейших исследований в области повышения точности локализации утечек в трубопроводах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов Е.В., Комаров А. С., Мельников Ф. А., Серов А. Е. Утечки в трубопроводах систем внутреннего водоснабжения // Вестник МГСУ. 2015. № 3. С. 40–47.
2. Кравченко В. М. Текущее состояние отрасли теплоснабжения // Материалы доклада Министерства Энергетики Российской Федерации. 2016. URL: <https://minenergo.gov.ru/system/download-pdf/4759/60329> (дата обращения: 10.05.2020).
3. В.С. Аврамчук, В. И. Гончаров, В. Т. Чан Частотно временной корреляционный анализ в задачах определения координат утечек в трубопроводах // Известия Томского политехнического университета. 2010. Т. 317. № 2 // Стр. 70–73.
4. Самойлов Е.В., Тужилкин Ю. И. Эффективность применения корреляционных течееискателей для определения мест утечек из трубопровода теплоносителя // Новости теплоснабжения, № 7 (11), 2001, Стр. 24–27.
5. Benesty J., Chen J. Study and Design of Differential Microphone Arrays // Springer, 2013, -P. 1–9.
6. Benesty J., Chen J., Huang Y. Microphone Array Signal Processing. // Springer, 2008, -P. 41–42.

© Бунаков Павел Юрьевич (pavel_jb@mail.ru), Аксенов Василий Сергеевич (vasilyaksenov@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛИНЕЙНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

MODELS AND METHODS FOR LINEAR MOTOR CONTROL IN INDUSTRIAL PROCESSES

**A. Gorozhankin
I. Bezukladnikov**

Summary. Mechatronic systems for various purposes are currently being actively developed. CNC machines, robotic manipulators, three-dimensional printing systems, medical robotics are just some of the typical applications of such devices. A special case of modern mechatronic systems are systems using the so-called Permanent magnet synchronous linear motors. The features of such engines do not allow for high-quality control using classic PID controllers, especially under conditions of random alternating loads and high requirements for the inadmissibility of overshoot, positioning accuracy, etc. This article is devoted to the consideration of algorithms and methods currently used for control systems based on linear motors. In addition, the article also provides a linear motor model performed in the LabView hardware-software (HIL) environment.

Keywords: control system; linear motor; PID-control; fuzzy controller; adaptation models.

Горожанкин Антон Игоревич

Аспирант, Пермский Национальный
Исследовательский Политехнический Университет
gorobrankin@yandex.ru

Безукладников Игорь Игоревич

К.т.н., доцент, Пермский Национальный
Исследовательский Политехнический Университет
corrector@at.pstu.ru

Аннотация. В настоящее время активно развиваются мехатронные системы различного назначения. Станки с ЧПУ, роботизированные манипуляторы, установки трехмерной печати, медицинская робототехника — лишь некоторые типовые сферы применения подобных устройств. Частным случаем современных мехатронных систем являются системы использующие в своей конструкции т.н. синхронные линейные двигатели на постоянных магнитах. Особенности таких двигателей не позволяют обеспечить качественное управление с использованием классических ПИД-регуляторов, особенно в условиях случайных знакопеременных нагрузок и высоких требований к недопустимости перерегулирования, точности позиционирования и т.д. Данная статья посвящена рассмотрению алгоритмов и методов, используемых в настоящее время для систем управления на основе линейных двигателей. Кроме того, в статье также приводится модель линейного двигателя, выполненная в среде аппаратно-программного (HIL) моделирования LabView.

Ключевые слова: система управления; линейный двигатель; ПИД-регулирование; нечеткое регулирование; адаптивные модели.

В настоящее время, с развитием промышленных систем автоматического управления технологическими процессами и производствами на основе устройств, обеспечивающих линейное перемещение, обуславливается сложностью корректной реализации как методов управления, так и конструктивной части данных механизмов. Одним из перспективных мехатронных устройств, требующих таких методов является линейный двигатель на постоянных магнитах (ЛДПМ). Подобные приводы способны обеспечивать решение широкого спектра промышленных задач. Они используются в производстве, промышленных роботах, манипуляторах, конвейерах, ЧПУ-станках и других технологических оборудованьях. Преимущество линейного

двигателя заключается в том, что он обеспечивает передачу усилия непосредственно к полезной нагрузке без преобразования вращательного движения в поступательное [3, с. 70]. Сложность корректной реализации мехатронных систем управления на основе линейного двигателя связана с особенностями их конструкции, стоимостью компонентов и требованиями к их управлению.

Сложность поставленной задачи характеризуется тем, что стандартные методы управления не способны адаптироваться к резко изменяющейся знакопеременной нагрузке, сохранять работоспособность при выходе из строя одного или нескольких датчиков обратной

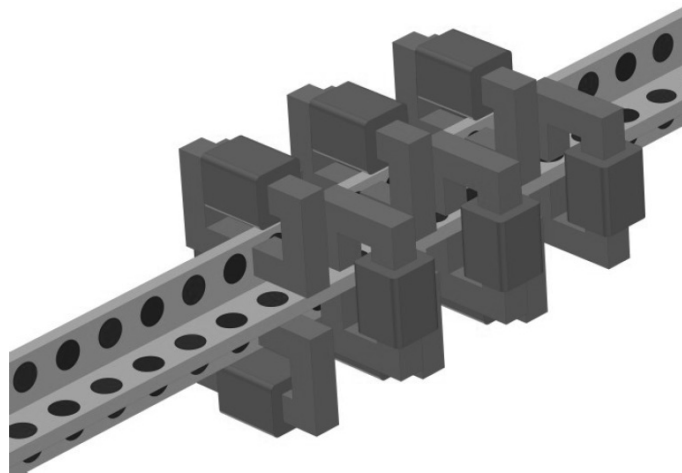


Рис. 1. Конструкция линейного двигателя, предлагаемая Saman Ahmadi

связи. К стандартным методам относится классические системы управления (ПИД-регулирование). Расцвет ПИД-регуляторов начался после 1980 года с развитием микропроцессоров. В 2006 году количество патентов составило около 364 шт [1, с. 74]. ПИД-регуляторы нашли своё широкое применение не только в технологических процессах, но и в теплотехнических, гидродинамических и массообменных. Их основное преимущества заключается в простоте построения и практического применения, настройки, а также невысокой стоимости в купе с пригодностью для решения большого спектра промышленных задач. Денисенко, в своей работе [1, с. 67] говорит, что среди ПИД-регуляторов 64% занимают одноконтурные регуляторы и 36% — многоконтурные [14, с. 50]. Контроллеры с обратной связью охватывают 85% всех приложений, контроллеры с прямой связью — 6% и контроллеры, соединенные каскадно — 9% [14, с. 42].

Сегодня, рынок автоматизированных систем управления технологическими процессами должен предоставить конкурентоспособный продукт, который отвечает самым современным требованиям. Необходимо обеспечить баланс между оптимальными алгоритмами регулирования как с коммерческой, так и с технической стороны. Увеличение производительности и экономичности должно позволить уменьшить усилия на поддержку функционирования новых технологий и возможности масштабирования, при этом

В связи с этим, данные требования рынка к качеству регулируемых процессов и сложности проектирования объектов управления, привели к появлению большого количества модификаций ПИД-регуляторов и новых конструкций линейных двигателей, адаптивных к данным методам.

На данный момент существуют следующие виды модификации ПИД-регуляторов [2, с. 80]:

1. Регулятор с весовыми коэффициентами при установке
2. Регулятор с формирующим фильтром для сигнала установки
3. Принцип разомкнутого управления
4. Регулятор отношений
5. Регулятор с внутренней моделью
6. ПИД-регуляторы для систем с транспортной задержкой. Предиктор Смита

Каждый из них подбирается для конкретной задачи отдельно. При своих достоинствах, все методы обладают одним общим недостатком — обязательное наличие правильно определенной математической модели объекта управления. Математическое описание объекта должно содержать в себе совокупность критериев, допущений, уравнений, которые описывают законы изменения выходных параметров от входных. Линейные двигатели являются сложными физическими объектами, у которых сложно определить точное математическое описание. Использование различных принципов ПИД-регулирования возможно при модернизированной конструкции линейных двигателей. В работах [4; 20, с. 290; 19, с. 1665; 16, с. 4] рассматриваются различные конструкции линейных двигателей. Saman Ahmadi и Mojtaba Mirsalim в своей работе [4] предлагают новую конструкцию линейного двигателя для задачи линейного перемещения в 3D-принтере. На рисунке 1 представлена конструкция их линейного двигателя с цилиндрическими постоянными магнитами и поперечным потоком в С-образных модулях. По данным исследования [4], данная конструкция обладает преимуществом с точки зрения управления (уменьшается общее гармоническое искажение), высо-

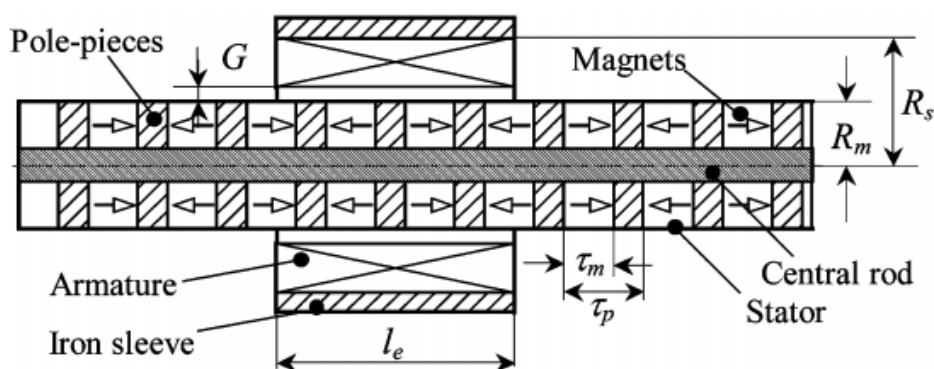


Рис. 2. Усовершенствованная конструкция линейного двигателя с постоянными магнитами, предложенная Wang, J.B.

кой скорости и низкой пульсацией момента, что делает данный линейный двигатель применимым для работы в 3D-принтерах, в которых требуется высокая точность позиционирования.

В работе [20, с. 291] авторы анализируют и разрабатывают улучшенную конструкцию для аксиального намагниченного трубчатого механизма с постоянными магнитами, представленным на рисунке 2. Данная конструкция имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционной топологией. Во-первых, такая конструкция устраняет необходимость в немагнитной трубке, которая содержит магниты и полюсной наконечник. Это приводит к уменьшению влияния воздушного зазора между статором и якорем на магнитные характеристики, которые позволяют более гибко управлять таким двигателем. Во-вторых, уменьшается количество постоянных магнитов, что приводит к уменьшению стоимости разработки данного двигателя.

Также, значимыми работами, связанными с исследованием конструкции линейных двигателей с постоянными магнитами, являются работа [18, с. 14] авторов Won-jong Kim, Bryan C. Murphy и [16, с. 2] Songhan Pan, Philip Anthony Commins, Haiping Du. Работа [18, с. 15] посвящена разработке нового линейного двигателя, способного к быстрому, плавному, точному позиционированию в диапазоне 10 см. Двигатель состоит из постоянных магнитов, намагниченных в осевом направлении. Также в работе определены уравнения коммутации, связывающие трехфазные токи как функцию положения и выходной силы. Во второй работе [16, с. 3] предлагается метод определения положения датчика Холла для трубчатого линейного двигателя с постоянными магнитами. Преимущество предлагаемой системы обнаружения позиции с использованием датчика Холла заключается в ее низкой стоимости, простоте и удобстве с приемлемой точностью.

В ходе анализа перечисленных статей можно выделить общие тенденции развития конструкций линейных двигателей с постоянными магнитами: 1) снижение стоимости производства, при этом с лучшими магнитными характеристиками; 2) Увеличение усилия при небольших размерах конструкции; 3) Возможность использования новых методов и алгоритмов для управления любой из представленных модификаций. 4) Возможность применения классических методов регулирования, в связи с устранением сложности и конструкции.

Таким образом желательно, чтобы создаваемая система управления линейным двигателем на постоянных магнитах была пригодна для любой из перечисленных топологий и конструкций. Альтернативным подходом является разработка и модификация конструкций линейных приводов с целью упрощения задачи управления ими и реализации недорогой системы управления с требуемыми показателями качества. За счет упрощения конструкции становится возможным применять классические модели и методы регулирования.

Важными работами с различными топологиями линейных двигателей являются [6, с. 9; 9; 12; 10; 11, с. 72; 17, с. 54] Предложенные конструкции характеризуются следующими общими подходами к разработке:

- ◆ Легкость обеспечения повторяемости конструкции двигателя и простоты изготовления
- ◆ Минимизация вычислительной мощности, требуемой для реализации алгоритмов управления (упрощение алгоритмов)
- ◆ Максимизация развиваемого усилия
- ◆ Увеличение скорости и точности перемещения
- ◆ Увеличение помехозащищенности, реализация успешного управления двигателем в условиях отказа одного или нескольких датчиков обратной связи

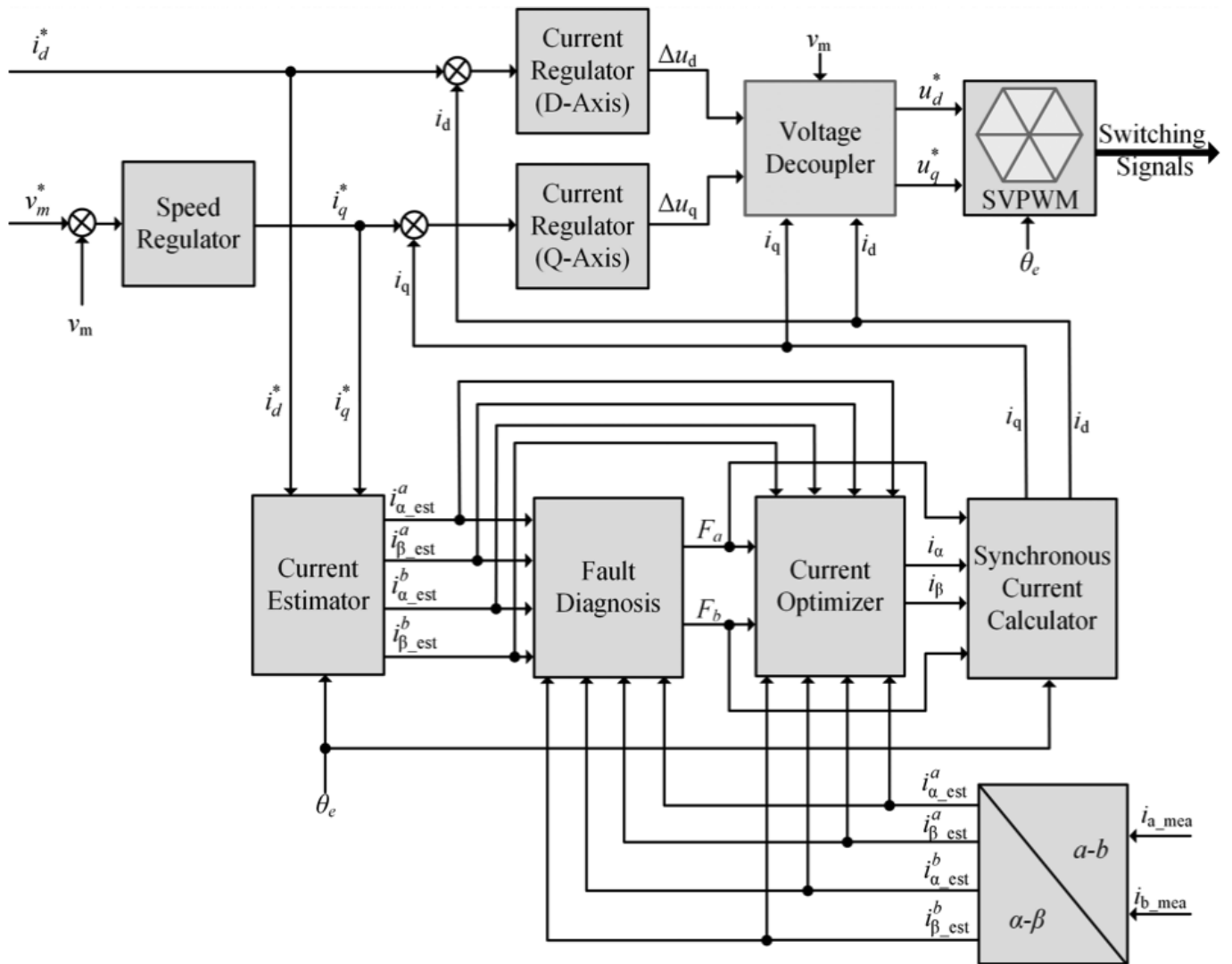


Рис. 3. Отказоустойчивая система работы линейного двигателя в метрополитене в работе Wei Wang

Как уже было отмечено, сложность корректной реализации автоматической системы управления для линейных двигателей, связана с нелинейностью объекта управления.

Для систем управления, где объект управления является нелинейным, можно использовать следующие методы:

- ◆ Нейронное регулирование
- ◆ Нейро-нечеткое управление
- ◆ Регулирование с использованием генетических алгоритмов

Нечеткое управление (управление на основе методов теории нечетких множеств) [2, с. 82] применяется, когда знаний об объекте управления недостаточно. Наличие опыта, физической модели исследования, проведения экспериментов для нелинейных систем, в которых иден-

тификация невозможна или слишком трудоемка, необходимо использовать знания эксперта, исходя из условия задачи [5, с. 554].

При сложном описании математической модели, также используются нейронные сети. Особенность нейронных сетей заключается в способности обучения системы. Это позволяет передать нейронной сети опыт эксперта. Такие сети используются для построения ПИД-регуляторов путем построения как отдельного регулятора, так и для построения блока настройки коэффициентов.

Регулятор с нейронной сетью похож на регулятор с табличным управлением, однако отличается специальными методами настройки («обучения»), разработанными для нейронных сетей, и методами интерполяции данных [2, с. 73].

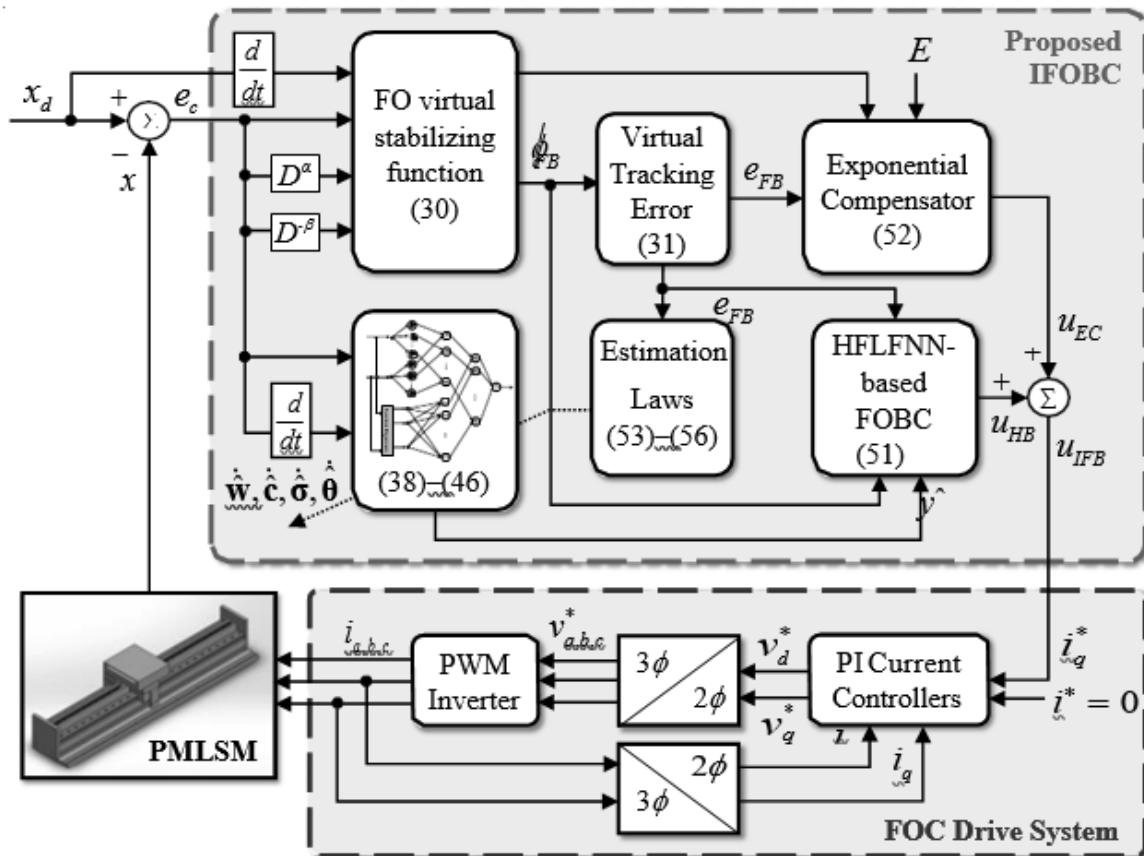


Рис. 4. Схема управления линейным двигателем, использующий предложенный метод Syuan-Yi Chen

Одной из разновидностей нейро-нечеткого регулирования, являются генетические алгоритмы [20, с. 290]. Они являются мощным методом оптимизации, позволяющим найти глобальный оптимум быстрее, чем другие методы случайного поиска. Существенным их достоинством является отсутствие проблем со сходимостью и устойчивостью. Эти методы используются для идентификации моделей объектов управления, для поиска оптимальных параметров регулятора, для поиска оптимальных положений функций принадлежности в фаззи-регуляторах и для обучения нейронных сетей. Чаще всего генетические алгоритмы используются совместно с нейронными сетями и регуляторами с нечеткой логикой [2, с. 79].

Сегодня, основными работами, описывающими функционирование таких систем являются [21, с. 10547; 19, с. 230]. В первом случае используется векторное управление линейным двигателем в случае выхода из строя одного из датчиков тока поездного состава в метрополитене. На рисунке 3 представлена схема отказоустойчивой системы [10, с. 10547]. Её особенностью является наличие блоков Current estimator — блок для оценки тока, Fault diagnosis — блок определения неисправности

и current optimizer — блок, который определяет конечное значение токов по осям α и β , с учетом как оцененных, измеренных токов, так и в случае неисправности датчика.

В работе [19, с. 220] используется гибридная система управления (см. рисунок 4), которая включает в себя нейро-нечеткое управление на основе полинома Эрмита, чтобы улучшить производительность моделирования и эффективность обучения традиционных векторных систем управления, сохраняя при этом философию FNN, предлагается новый алгоритм на основе полинома Эрмита, который сочетает в себе преимущества функций FNN, FLNN и Hermite.

Ранее, в работах [7, с. 552, 8, с. 130], была определена упрощенная математическая модель линейного двигателя:

$$\frac{d^2y}{dt^2} + 2,85 \frac{dy}{dt} + 1,85y(t) = 1,85x(t) \quad (1)$$

На рисунке 5 представлено моделирование полученной математической модели в программе Labview с использованием классического ПИД-регулятора. Пе-

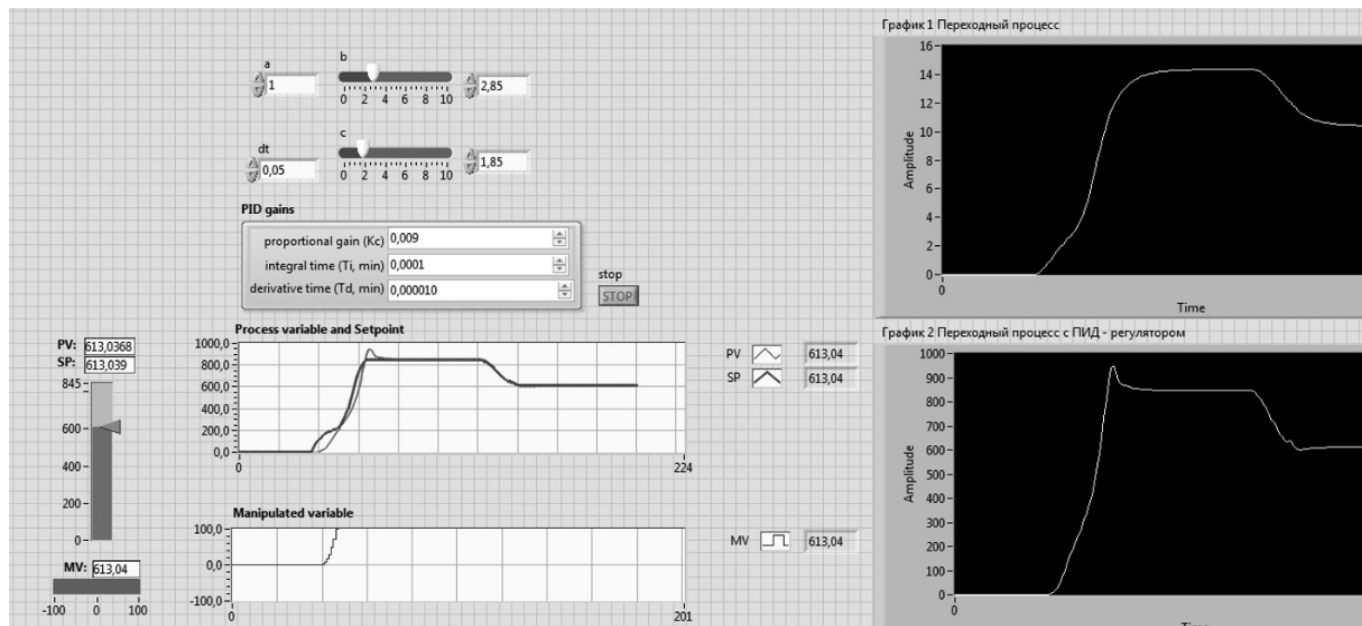


Рис. 5. Моделирование классического ПИД-регулятора

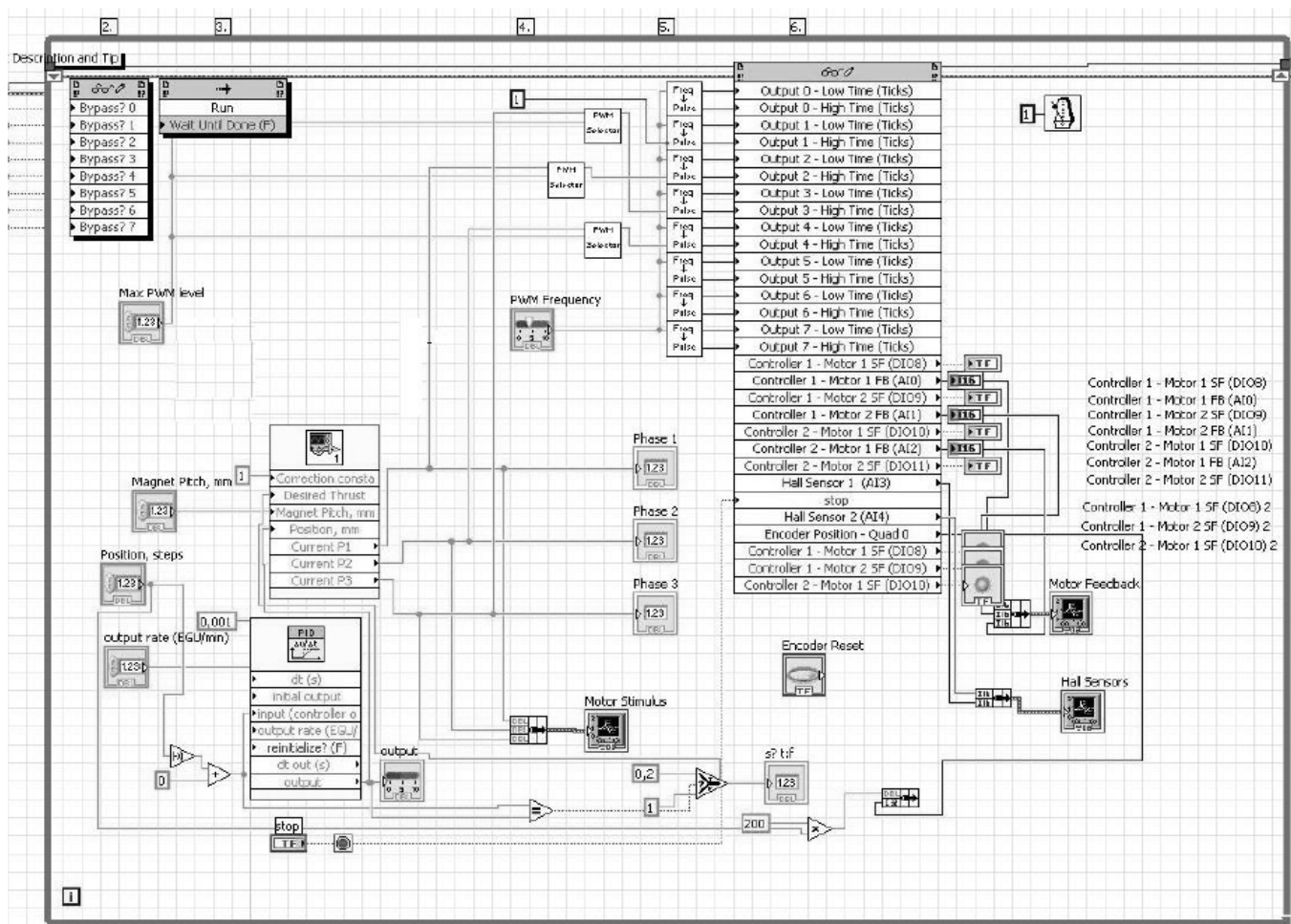


Рис. 6. Разработанный нейро-нечеткий регулятор с упрощенной математической моделью

реходный процесс имеет большое перерегулирования и большое время переходного процесса. Данная модель не учитывает изменяющиеся параметры работы линейного двигателя, поэтому было принято решение разработать нейро-нечеткий регулятор, представленный на рисунке 6.

Моделирование показывает, что предложенный регулятор, при одинаковом математическом описании, на 14% работает лучше, чем классический ПИД-регулятор. При этом, нейро-нечеткий регулятор имеет ряд преимуществ, таких как адаптивность, отсутствие необходимости математической модели и возможности проведения экспериментов на реальном объекте.

В заключении, необходимо отметить, что основными критериями для разработки системы управления мехатронными системами на основе линейного

двигателя являются простота конструкции и способность быстрой реакции системы на возмущения. В данной статье были кратко рассмотрены классические ПИД-регуляторы, определены их недостатки. Подтверждена актуальность исследования как самих линейных приводов, так и систем управления на их основе. Были рассмотрены и проанализированы работы, которые указывают на актуальность разработки новых методов и алгоритмов регулирования системы управления на основе линейного двигателя.

В дальнейшем, планируется разработать простую конструкцию линейного двигателя с датчиками Холла, в качестве обратной связи. Провести эксперименты с использованием разработанного нейро-нечеткого регулятора. Исследовать влияния различных активационных функций для достижения наилучших показателей качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Денисенко В. ПИД — регуляторы: принципы построения и модификации. Ч. 1. // Современные технологии автоматизации. 2006. № 4.
2. Денисенко В. ПИД — регуляторы: принципы построения и модификации. Ч. 2. // Современные технологии автоматизации. 2007. № 1.
3. Католицкий Н. А. Линейный электродвигатель // Nauka-rastudent.ru. 2015. No. 04 (16) / [Электронный ресурс]. Режим доступа. URL: <http://naukarastudent.ru/16/2541/>
4. A Novel Quad-Leg Transverse-Flux Permanent Magnet Linear Motor for 3-D Printer Applications.
5. Antineskul A.V. "Novel algorithm for mover position measurement in linear motion systems". Soft Computing and Measurements (SCM) 2017 XX IEEE International Conference on. 2017.
6. Andriollo M, et al. Design optimization of slotless linear PM motors. In: Proceedings of the fourth international symposium on linear drives for industry applications. 2003.
7. Built identifier for the control circuit subject / T. S. Legotkina, A. V. Antineskul, A. I. Gorozhankin // Proceedings of 2017 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2017: [Conf. Paper], St. Petersburg, 24–26 May 2017. / Russia (Northwest) Section, St. Petersburg Electrotechn. Univ. LETI.— [S. l.]: IEEE Inc. 2017.
8. Fuzzy control system for 3D FDM extruder / T. S. Legotkina, I. I. Bezukladnikov, A. N. Andrievskaya, E. A. Tolchanov // Proceedings of 2017 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2017: [Conf. Paper], St. Petersburg, 24–26 May 2017. / Russia (Northwest) Section, St. Petersburg Electrotechn. Univ. LETI. [S. l.]: IEEE Inc. 2017.
9. Gieras IG, Piech ZJ. Linear synchronous motors. FL: Boca Raton: CRC; 2000.
10. Goldberg E. Genetic algorithms in search, optimization and machine learning. Reading MA: Addison-Wesley. 1989.
11. Jung IS, Yoon SB, Shim JH, Hyun DS. Analysis of forces in a short primary type and a short secondary type permanent magnet linear synchronous motor. IEEE Trans Energy Conv 1999;14(6).
12. Kang GH, Hong JP, Kim GT. A novel design of an air-core type permanent magnet linear brushless motor by space harmonics field analysis. IEEE Trans Magn 2001.37(5).
13. Kruzhilin, S.N., & Mishenina, M. P. Substantiation of rejuvenating tree pruning of representatives of the genus Populus l. In the urban city agglomerations. World Ecology Journal, 9(2). 2019. <https://doi.org/10.25726/worldjournals.pro/WEJ.2019.2.1>
14. LI Y., ANG K.H, and CHONG G.C.Y. Patents, Software, and Hardware for PID control. An overview and analysis of the current art. IEEE Control Systems Magazine. Feb. 2006.
15. Lovanov, I. (2018). Solution of the problem of the theoretical profile of non-dimensional speed on the thickness of the boundary layer at the turbulent flow in the boundary layer based on the solution of the differential equation of Abel of the second generation with the app. World Ecology Journal. 8(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.25726/NM.2018.1.1.004>
16. Pan, P.A. Commins, H. Du, "Tubular linear motor position detection by hall-effect sensors", Power Engineering Conference (AUPEC) 2015 Australasian Universities. 2015.
17. Rodger D, Lai HC, Leonard PJ. Coupled element for problems involving movement. IEEE Trans Magn 1990.26(2).
18. S. Won-jong Kim, Bryan C. Murphy, "Development of a Novel Direct-Drive Tubular Linear Brushless Permanent-Magnet Motor", Industry Applications Conference 2003. 38th IAS Annual Meeting. Conference Record of the, vol. 3. 2003.

19. Syuan-Yi Chen, Tung-Hung Li, Chih-Hun Chang «Intelligent fractional-order backstepping control for an ironless linear synchronous motor with uncertain nonlinear dynamics», *ISA Transactions* Volume 89. June 2019.
20. Wang, J.B., Howe, D. and Jewell, G.W. (2004) Analysis and design optimization of an improved axially magnetized tubular permanent-magnet machine. *IEEE Transaction on Energy Conversion*. 19 (2). ISSN0885–8969
21. Wei Wang, Yanan Feng, Yan Shi, Ming Cheng, Wei Hua, Zheng Wang, “Fault-Tolerant Control of Primary Permanent-Magnet Linear Motors With Single Phase Current Sensor for Subway Applications”, *Power Electronics IEEE Transactions on*, vol. 34, no. 11. 2019.

© Горожанкин Антон Игоревич (gorobrankin@yandex.ru), Безукладников Игорь Игоревич (corrector@at.pstu.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ВИРТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОННЫХ ВЕСОВ

VIRTUAL CONTROL SYSTEM FOR COMBINED RAIL CAR WEIGHTS

A. Davidenko
P. Davidenko
D. Karlov
V. Zuyeva
E. Andrusenko

Summary. The development of the combined railway scales control system for weighing cars (tanks) in static and motion by using virtual devices in the control loop allows the solution of the problem to be put on a new level.

Using modern computers in the control loop of software-synthesized measuring systems, determining and calculating the exact characteristics of the weight will allow you to bring to a new level of quality when weighing petrochemical products in cars (tanks) during the movement of cars, which is a very urgent task.

Weighing tanks with different loads (oil, fuel oil, etc.) is the most difficult task, since there is a change in the center of gravity and redistribution of the mass of the product during movement, i.e. the carts (tanks) are loaded at different times of movement at different load values, which must be taken into account. In addition to this problem, there is the problem of implementing filtering of the useful signal for a time commensurate with the period of interference that occurs when the car (tank) is moving.

Keywords: combined railway carriage scales, cargo receiving device, analog filter, digital filter, strain gauge, virtual control system, active filters on switchable capacitors, weight function.

Давиденко Алексей Николаевич

*К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Армавирский
государственный педагогический университет»
andavidenko@mail.ru*

Давиденко Павел Николаевич

*К.т.н., ВесыСофт
pavlasd@mail.ru*

Карлов Дмитрий Николаевич

*К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный технологический университет»
karlov-dima@mail.ru*

Зуева Виктория Николаевна

*К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный технологический университет»
victoria_zueva@list.ru*

Андрусенко Евгений Юрьевич

*К.псх.н., доцент, ФГБОУ ВО «Армавирский
государственный педагогический университет»
4301151@gmail.com*

Аннотация. Развитие системы управления комбинированных железнодорожных весов для взвешивания вагонов (цистерн) в статике и движении за счет использования виртуальных приборов в контуре управления позволяет решение проблемы поставить на новый уровень.

Использование современных компьютеров в контуре управления измерительных систем синтезированных программным путем, определение и вычисление точностных характеристик веса позволит вывести на качественный новый уровень при взвешивании продуктов нефтехимии в вагонах (цистернах) во время движения вагонов, что является весьма актуальной задачей.

Взвешивание цистерн с различным грузом (нефть, мазут и т.д.) является наиболее сложной задачей, так как происходит изменение центра тяжести и перераспределение массы продукта во время движения, т.е. тележки вагона (цистерны) нагружается в различное время движения на различные значения нагрузки, что необходимо учитывать. Кроме данной проблемы остается проблема реализации фильтрации полезного сигнала за время соизмеримое с периодом помехи возникающие при движении вагона (цистерны).

Ключевые слова: комбинированные железнодорожные вагонные весы, грузоприемное устройство, аналоговый фильтр, цифровой фильтр, тензометрический датчик, виртуальная система управления, активные фильтры на переключаемых конденсаторах, весовая функция.

Традиционными способами взвешивания вагонов (цистерн) является статический и динамический. Приоритет ускоренного процесса взвешивания сцепленных вагонов принадлежит динамическому взвешиванию. Для динамического взвешивания используются весы с одной или несколькими короткими грузоприёмными устройствами (платформами). Применение динамического взвешивания с помощью принципа суммирования результатов взвешивания осей или тележек отдельно не позволяет получить точностные параметры соответствующие нормам точности, которые достигаются при статическом взвешивании [13, с. 50].

Тенденция увеличения скорости движения железнодорожных вагонов (цистерн) при сохранении норм точности выдвигает жесткие требования к комбинированному железнодорожному весам с применением принципа одновременного взвешивания всех осей (тележек), что позволяет при скорости проезда 5–8 км/час получать точность 0,1% для различных типов вагонов [10, с. 336].

Структурная схема виртуальной системы управления комбинированных железнодорожных (четырёхосных) вагонных весов [5] представлена на рисунке 1.

Комбинированные железнодорожные весы (четырёхосные) для взвешивания в статике и движении Рис. 1 содержат: узлы въезда-съезда 1, 2, 3, первое грузоприёмное устройство тележек вагона 4, представляет собой специальную платформу соответствующей жесткости установленное на основании 5, через тензометрические датчики (ТД) 6, 7, 8, 9, обеспечивает равномерное распределение нагрузки на ТД и предотвращает смещение ТД подключённые к первому, второму, третьему, четвёртому входам первого блока измерения 10, выход которого соединён с первым входом ЭВМ 11, выход же ЭВМ 11 соединён с первым входом автоматизированного рабочего места 12, при этом устройство считывания бортового номера вагона 13 подключено к второму входу автоматизированного рабочего места 12, а так же второе грузоприёмное устройство тележек вагона 14, второй блок измерения 15, третий блок измерения 16, первый 17, второй 18, третий 19, четвёртый 20 датчики определения оси тележки, сейсмический датчик 21 установленный на платформе грузоприёмного устройства 4 вагонных весов, при этом ТД 22, 23, 24, 25 второго грузоприёмного устройства тележек вагона 14 подключены к первому, второму, третьему, четвёртому входам второго блока измерения 15, а выход второго блока измерения 15 соединён с вторым входом ЭВМ 11, сейсмический датчик 21 подключён к входу третьего блока измерений 16, выход которого соединён с третьим входом ЭВМ 11, первый 17, второй 18, третий 19, четвёртый 20 определения оси тележки вагона подключены соответственно к первому, второ-

му, третьему, четвёртому входам блока формирования 26, выход которого подключен к четвёртому входу ЭВМ 11, при этом на первое 4, второе 14 грузоприёмные устройства тележек вагона устанавливается сам железнодорожный вагон 27.

Структурная схема виртуальной системы управления по обработке сигналов ТД включенных параллельно и датчиков оси вагона рисунок 2., включает внешние блоки измерения 10,15 которые содержат: блок питания опорного напряжения для питания датчиков, усилитель сигнала, демодулятор, ФНЧ, аналого-цифровой преобразователь, интерфейс RS-485, который подключен к входам ЭВМ. Основные требования к АЦП является быстродействие и разрядность, которые должны сочетаться с дискретностью ТД и позволять осуществлять цифровую фильтрацию сигнала помех в диапазоне 3–8 Гц. В качестве датчиков оси могут быть использованы различные типы датчиков: индукционные, оптические, и др. которые должны точно определять положение оси тележки на грузоприёмном устройстве, что позволяет произвести расчет скорости движения вагонов (цистерн) и формирование прямоугольного окна.

Одно из основных требований вагонов в движении является фильтрация сигнала, фильтрация сигнала за время сопоставимое с периодом помех и периодом обработки сигнала T_o [11, с. 32].

$$T_o[\text{сек}] = 3,6 * \frac{L_n[\text{м}]}{V[\text{км} / \text{ч}]} \quad (1)$$

Где
 L_n — полезный путь;
 V — скорость движения объекта.

Рассмотрим основные требования, которые необходимо предъявить к ФНЧ от воздействия динамических помех.

Основными методами обработки сигнала являются: применение аналоговых низкочастотных фильтров, интегрирование с весовой функцией, цифровая фильтрация.

Спектр выходных сигналов ТД от динамической помехи определяется колебаниями грузоприёмного устройства вагонных весов $\Delta f = f_n \div f_g = 3 \div 8 \text{Гц}$ с относительными амплитудами

$$A = \frac{A_n}{A_0} = 0,05 \div 0,1,$$

где A_n — амплитуда колебаний грузприёмного устройства, а A_0 — постоянная составляющая сигнала ТД, от статического веса [9, с. 152].

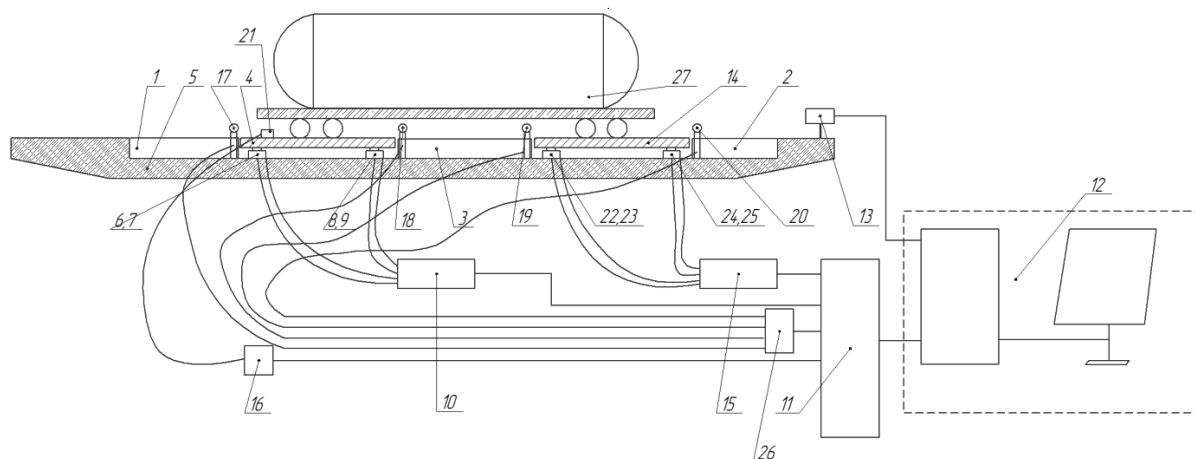


Рис. 1. Структурная схема виртуальной системы управления комбинированных железнодорожных вагонных весов

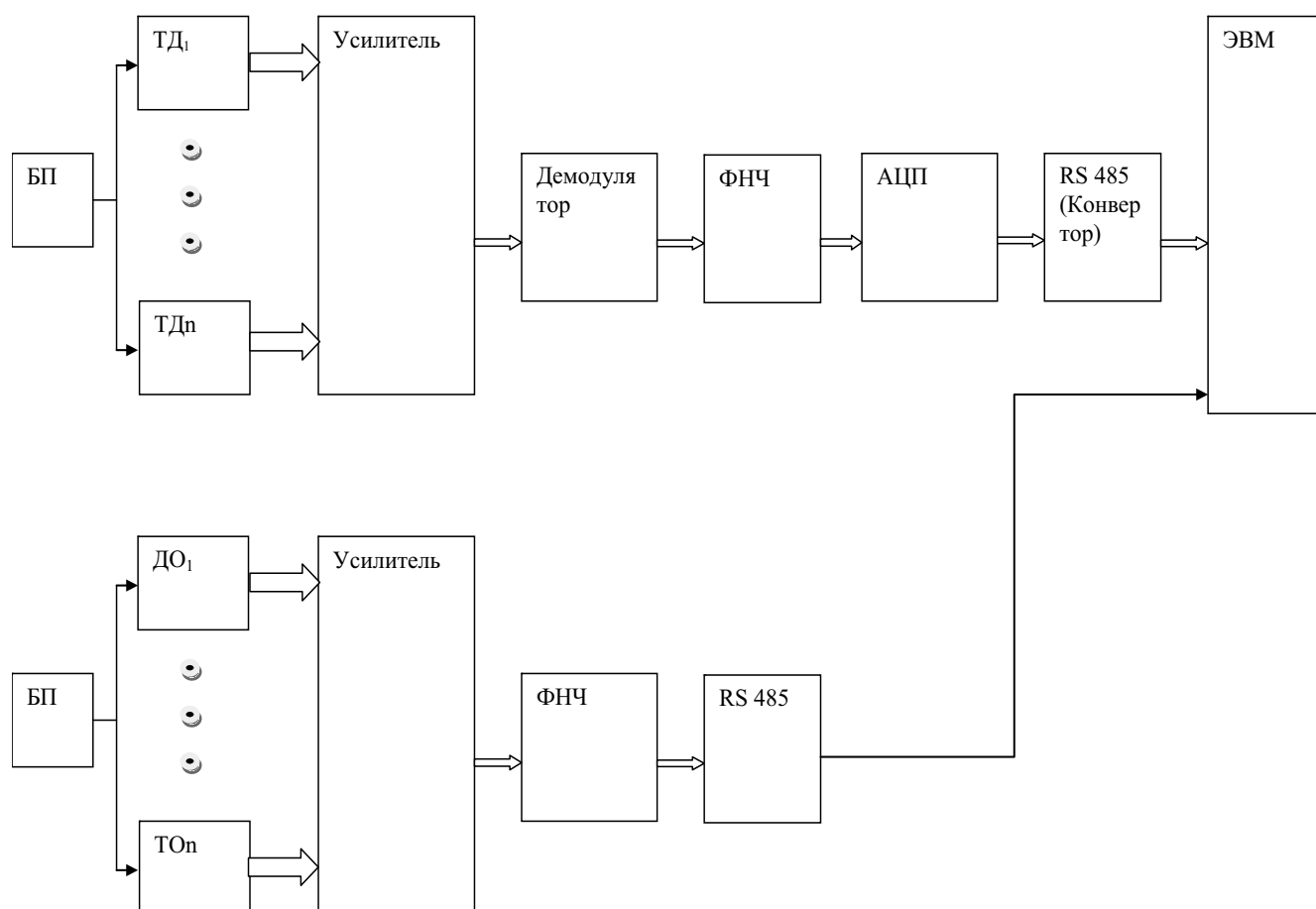


Рис. 2. Структурная схема виртуальной системы управления по обработке сигналов тензодатчиков и датчиков оси вагона

Применение ФНЧ на переключаемых конденсаторах [2] для фильтрации сигнала при взвешивании цистерн позволит обеспечить высокую точность взвешивания за счет подавления частоты помех превышающих верх-

ний диапазон низкочастотных колебаний с помощью, фильтра низкой частоты Бесселя 4-го порядка $f_c = 8 Гц$, который имеет возможность, перестраивается после обработки сигналов от датчиков ускорения [4, с. 29].

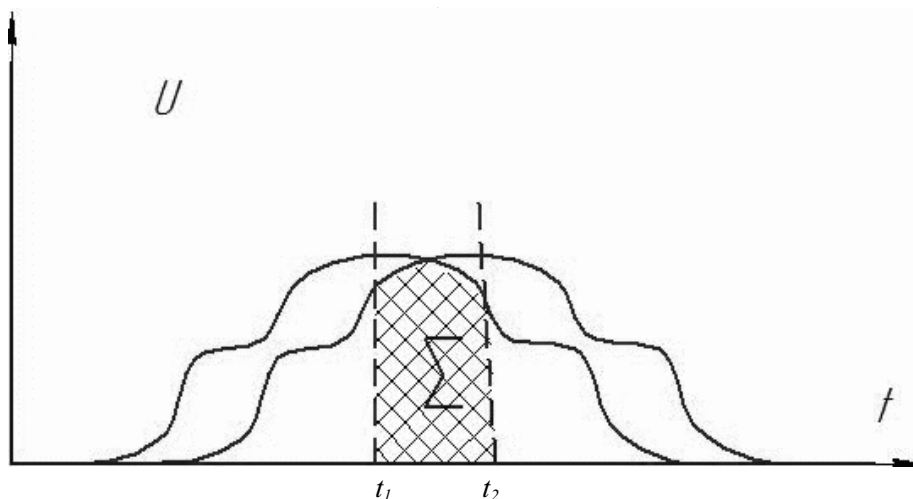


Рис. 3. Суммирование цифровых сигналов

Схема обработки цифровых сигналов во времени при расположении первой тележки вагона на первом грузоприёмном устройстве тележек вагона 4 (платформа 1) и второй тележки вагона на втором грузоприёмном устройстве тележек вагона 14 (платформа 2) заключается в одновременном считывании и фильтрации сигналов с последующим суммированием цифровых сигналов и усреднении отображена на Рис. 3.

Вагонные весы работают следующим образом. В исходном положении при отсутствии тележек вагона 27 на первом 4 и втором 14 грузоприёмных устройствах тележек вагона, первое и второе грузоприёмные устройства тележек вагона 4, 14 подгружают ТД 6, 7, 8, 9 и 22, 23, 24, 25 (исходный нуль). Сейсмический датчик 21 воспринимает колебания платформы ГУ 4, которые усиливаются, фильтруются и подаются на четвертый вход ЭВМ 11. Первый, второй и третий блоки измерений 10, 15, 16 обрабатывают поступившие аналоговые сигналы от ТД 6, 7, 8, 9, 22, 23, 24, 25 предварительно усиливая, фильтруя и оцифровывая полученные сигналы. Далее полученные «исходные нули» в цифровом виде через интерфейс типа RS485 поступают на первый, второй и третий входы ЭВМ 11. Датчики определения оси тележки 17, 18, 19, 20 подают сигнал (нуль) отсутствия оси тележки вагона в зоне срабатывания датчиков на 1, 2, 3, 4 входы блока формирования 26. В соответствии с программой и алгоритмом обработки весоизмерительной информации рисунок 4, ЭВМ 11 через интерфейс типа RS485 передаёт цифровое значение нуля на первый вход блока автоматизированного рабочего места 12 (персональный компьютер). Полученные значения обработанной весоизмерительной информации и информации от устройства считывания бортового номера вагона 13 (видеокамера) фиксируются в базе данных авто-

матизированного рабочего места 12 в утверждённой табличной форме.

При движении вагона 27 железнодорожного поезда через узел въезда-съезда 1 по первому грузоприёмному устройству тележек вагона 4 и в дальнейшем через узел въезда-съезда 3 по второму грузоприёмному устройству тележек вагона 14, происходит определение положения осей тележек вагона во времени с помощью датчиков определения оси тележки 17, 18, 19, 20, блоком формирования 26, тем самым определяется скорость движения вагона 27. Одновременно происходит фиксация нагрузки (вес) на оси тележки и определение частоты и амплитуды колебания платформы грузоприёмного устройства 4. В соответствии с Рис. 3, происходит обработка значений веса первого, второго грузоприёмных устройств тележек вагона 4, 14 за вычисленный интервал времени $t_2 - t_1$ (прямоугольное окно) по соответствующему алгоритму и программе с учётом значений колебания грузоприёмных устройств 4, 14 блоком измерения 16 и ЭВМ 11. При этом первый, второй, третий блоки измерения 10, 15, 16 производят усиление, предварительную фильтрацию полученных аналоговых сигналов и аналого-цифровое преобразование.

В последующем полученные весовые значения поступают по интерфейсу типа RS485 на первый вход автоматизированного рабочего места 12, где фиксируются в соответствующей базе данных. Номер вагона так же фиксируется устройством считывания бортового номера вагона 13 и регистрируется по второму входу автоматизированного рабочего места 12 в базе данных [12, с. 9].

Таким образом, происходит взвешивание веса вагонов в движении, с учётом адаптивной составляющей ко-



Рис. 4. Алгоритм обработки сигнала вибрационной помехи виртуальной системы управления комбинированных железнодорожных весов в движении.

лебания платформы грузоприемного устройства весов при различных скоростях движения [6, с. 85; 7, с. 95].

Данные весы позволяют производить взвешивание веса вагонов и в статике.

При сравнении аналоговых и цифровых фильтров при минимальном времени интегрировании (2 периода) $f_n = 3 Гц$, время установления сигнала у цифровых фильтров меньше. Применение метода обработки сигнала с помощью весовой функции позволит ограничиться второй гармоникой [9, с. 152].

Период обработки сигнала (прямоугольное окно)

$$T_o[сек] = 3,6 * \frac{L_n[M]}{V[км / ч]} = 3,6 * \frac{2,2}{8} = 1сек$$

Период дискретизации АЦП равен

$$T \leq \frac{\pi}{\omega_s} \leq \frac{1}{2f_s} = \frac{1}{2 * 8} = 0,06сек. [3, с. 160]$$

Число отсчетов АЦП для расчета нерекурсивного фильтра

$$N = \frac{T_o}{T} = \frac{1}{0,06} = 16$$

Реализация нерекурсивного цифрового фильтра методом весового усреднения с помощью “гладкой” весовой функции (окно Хэмминга) [9, с. 152] позволит произвести подавление помех в диапазоне 3–8Гц более 40дБ с алгоритмом фильтрации: получение значений АЦП, определение значений весовой функции, перемноже-

ние, определение среднего значения и масштабирование [8, с. 210;1, с. 168].

$$U_{вых} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N g_i} \sum_{i=1}^N g_i U_{axi}$$

Весовое окно Хэмминга

$$g(t) = 0,54 + 0,46 * \cos\left(\frac{\pi * t}{\tau}\right),$$

где t — номер отсчетов

$$t = \frac{n * \Delta t}{N}, n = 1...8$$

Данный алгоритм рисунок 4 позволяет определить значение веса груза цистерны с минимальной погрешностью за минимальное время взвешивания платформы в движении.

ВЫВОДЫ

Развитие весоизмерительных систем управления железнодорожных вагонных весов в движении без расцепки с целью повышения точности взвешивания 0,1–0,05% измеряемой массы при скорости движения 8–15км/ч, имеет направление на разработку измерительной аппаратуры на основе виртуальных приборов.

Применение виртуальных приборов в контуре управления весоизмерительных систем позволит значительно повысить точность измерения за счет анализа реальных колебаний грузоприёмного устройства путём введения соответствующих коэффициентов (поправок), обработки визуальной (видеокамеры) весоизмерительной информации в цифровом виде на ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев Т.М., Тер-Хачатуров А.А., Шекиханов А. М. Итерационные методы повышения точности измерений. // М.: Энергоатомиздат, 1986.
2. Гауси М., Лакер К. Активные фильтры с переключаемыми конденсаторами. // М.: Радио исвязь. 1986.
3. Гольденберг, Лев Моисеевич. Цифровые фильтры [Текст] / Л. М. Гольденберг, Ю. П. Левчук, М. Н. Поляк. Москва: Связь. 1974.
4. Давиденко А.Н., Давиденко П. Н. Виртуальный прибор по проверки цифровых тензодатчиков весоизмерительных систем. // Проектирование и технология электронных средств. Владимир. 2017.
5. Давиденко А.Н., Давиденко П. Н. Электронные весы. Патент РФ RU2517793 С2 МПК G01G 19/413. Оpubл. 27.5.2014.
6. Давиденко А.Н., Давиденко П. Н., Голодов Е. А., Лапшин Н. А., Метод безгирной поверки виртуальных электронных весов. // Экономика и менеджмент систем управления. Воронеж. 2018.
7. Давиденко П. Н. Исследование и разработка методов проектирования информационных систем на основе дозаторов дискретного действия // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Таганрог. 2005.
8. Зуева В. Н. Разработка объектно-ориентированной системы управления базами данных // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2016. № 8.

9. Полунов Ю.Л., Гальченко В. Д. Цифровые измерительно-управляющие устройства тензометрических весов и дозаторов / Ю. Л. Полунов, В. Д. Гальченко. // М.: Энергоатомиздат. 1986.
10. Раннев Г.Г., Тарасенко А. П. Методы и средства измерений. // Учебник для вузов. 2-е изд., стереотип. М.: Академия. 2004.
11. Скалевой В.В., Скалевая Г. М. О повышении эффективности интегрального метода при взвешивании быстро движущихся объектов. // Приборы и системы управления. 1970. № 9.
12. Bitskaya, M. (2018). Ecologically adaptive receptions control the number of pests in the ecosystems of transformed at the forest reclamation. World Ecology Journal, 8(2), 1–10. <https://doi.org/https://doi.org/10.25726/NM.2018.2.2.001>
13. Semenyutina, A., Svintsov, I., Huzhahmetova, A., & Semenyutina, V. (2018). Regulation of increase of biodiversity of woody plants in protective forest plantings of the Volga region. World Ecology Journal, 8(2), 46–59. <https://doi.org/https://doi.org/10.25726/NM.2018.2.2.005>

© Давиденко Алексей Николаевич (andavidenko@mail.ru), Давиденко Павел Николаевич (pavlasd@mail.ru),

Карлов Дмитрий Николаевич (karlov-dima@mail.ru), Зуева Виктория Николаевна (victoria_zueva@list.ru),

Андрусенко Евгений Юрьевич (4301151@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Армавирский государственный педагогический университет

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОКАЗАНИЙ СИСТЕМЫ СЕНСОРИКИ В СИСТЕМАХ БЕСПИЛОТНОГО ТРАНСПОРТА¹

SOLVING PROBLEMS OF VIRTUAL SIMULATION OF SENSOR SYSTEM READINGS IN UNMANNED TRANSPORT SYSTEMS

**A. Egorchev
D. Chikrin
D. Brisky**

Summary. Reliable virtual modelling techniques to provide reliable data are a popular and effective tool in developing complex technical systems such as unmanned vehicles. This article discusses the current systems of virtual modeling of vehicles, and the developed system of solving the direct and reverse problems of virtualization of sensor system readings in unmanned transport systems. The system includes a subsystem based on Ansys VRXPERIENCE Driving Simulator solutions, where the process of receiving readings of the sensor system is performed and described as one of the tools for solving a direct problem. The solution of the reverse problem — restoration of movement in the virtual moderation system according to the readings of the touch system of a real or virtual car is considered.

Keywords: virtual modeling, sensorics system, virtual sensorics, unmanned vehicles, reliable modeling, sensory systems.

Егорчев Антон Александрович

*Н.с., Казанский (Приволжский) Федеральный университет
eanton090@gmail.com*

Чикрин Дмитрий Евгеньевич

*К.т.н., доцент, Казанский (Приволжский) Федеральный университет
dmitry.kfu@gmail.com*

Бриский Дмитрий Владимирович

*Аспирант, Казанский (Приволжский) Федеральный университет
briskiydmitry@mail.ru*

Аннотация. Методики достоверного виртуального моделирования, позволяющие обеспечить достоверные данные, являются востребованным и эффективным средством при разработке сложных технических систем, в частности, таких как беспилотные транспортные средства. В данной статье рассматриваются актуальные системы виртуального моделирования транспортных средств, и разработанная система решения прямой и обратной задач виртуализации показаний системы сенсорики в системах беспилотного транспорта. Система включает в себя подсистему на базе решений Ansys VRXPERIENCE Driving Simulator, где производится и описывается организация процесса получения показаний сенсорной системы как один из инструментов решения прямой задачи. Рассматривается решение обратной задачи — восстановление движения в системе виртуального моделирования по показаниям сенсорной системы реального или виртуального автомобиля.

Ключевые слова: виртуальное моделирование, система сенсорики, виртуальная сенсорика, беспилотные транспортные средства, достоверное моделирование, сенсорные системы.

Введение

В современной высококонкурентной среде одним из главных требований, накладываемых на технические системы, является обеспечение рентабельности их разработки и производства, что особенно характерно для новоразрабатываемых элементов и подсистем сложных технических систем. Так, проведение ремонтно-диагностических и восстановительных работ, возникающих в результате поломок при натурных и эксплуатационных испытаниях, влечет значительные потери, связанные как со стоимостью оборудования и мате-

риалов, необходимых для ремонта, так и с упущенной выгодой вследствие простоя системы и срыва сроков. Одним из способов минимизации количества поломок и снижения длительности и количества натурных и эксплуатационных испытаний являются методики достоверного виртуального моделирования — позволяющие обеспечить достоверное физическое моделирование (с степенью повторяемости по отношению к реальному объекту в рамках конкретной страты анализа с точностями выше 80–90%) при помощи современных программных систем физического, графического и функционального моделирования [1].

¹ Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

Все вышеописанное крайне актуально для систем беспилотных транспортных средств, вспомогательных подсистем помощи водителю и различного рода роботизированных систем. Программные физические модели проще и удобнее исследовать в силу их возможности проводить вычислительные эксперименты, в тех случаях, когда реальные эксперименты затруднены из-за финансовых или физических препятствий, или могут дать непредсказуемый результат. Логичность и формализованность программных моделей позволяет выявить основные факторы, определяющие свойства изучаемого объекта-оригинала (или целого класса объектов), в частности, исследовать отклик моделируемой физической системы на изменения ее параметров и начальных условий. Восстановление показателей системы сенсорики в виртуальной среде позволяет осуществлять испытания системы принятия решений при одних и тех же сценариях неограниченное количество раз.

Данная статья посвящена решению двух задач:

1. получение и предоставление показаний моделирования системы сенсорики роботизированного грузового транспортного средства (РГТС) из среды виртуального моделирования в собственную информационную систему;
2. задача восстановления движения и показаний системы сенсорики в системе виртуального моделирования на основании показаний ранее записанных данных системы сенсорики реального или виртуального автомобиля из базы данных собственной информационной системы.

В статье рассматриваются некоторые системы, в которых можно осуществить виртуальное моделирование транспортных средств, этому посвящён следующий раздел. Далее в одной из таких систем производится и описывается процесс получения показаний сенсорной системы от начального этапа — создания физической модели транспортного средства и виртуальной местности, до выгрузки и представления данных. Следующий раздел посвящён решению обратной задачи — восстановление движения в виртуальной среде по показаниям сенсорной системы.

Существующие решения и выбор инструментария разработки системы

С бурным развитием области особенно в последнее время и по причине роста интереса к системам беспилотного транспорта уже существует не мало инструментов для виртуального моделирования и проведения виртуальных испытаний. С развитием транспортных средств в них всю большую роль играет система сенсорики [2], поэтому важно, чтобы системы моделирования не только позволяли качественно подойти к моделиро-

ванию непосредственно физического взаимодействия, но и моделированию сложных сенсорных систем. Также при выборе системы виртуального моделирования, необходимо отметить важность моделирования действий водителя. Движение, действия всех транспортных средств должно максимально соответствовать действительности, это является важным аспектом для всей системы [3].

Кратко рассмотрим несколько наиболее подходящих, к ним относятся Ansys VRXPERIENCE Driving Simulator powered by SCANeR, Gazebo и ESI Pro-SiVIC. Важно подчеркнуть, что все три решения пригодны для вышеописанных задач.

Платформа виртуального прототипирования Pro-SiVIC позволяет производить реалистичное трехмерное моделирование окружающих объектов и сенсоров. Данная платформа позволяет моделировать инфраструктурные объекты, участников дорожного движения, движение транспортных средств и мультитехнологичные датчики [4]. Этот инструмент позволяет проводить тестирование и оценку датчиков в различных конфигурациях, тем самым повышая качество регистрируемых данных в процессе симуляции. Широкий выбор готовых настраиваемых моделей для транспортных средств, пешеходов может точно воспроизводить позволяет проектировать крупные решения [5]. Эту платформу отличает повышенный уровень удобства в использовании, эргономичности и эффективности, что позволяет ускорить создание реалистичной 3D среды и в дальнейшем ускорить проведение виртуальных испытаний.

Универсальная платформа Gazebo распространяется в рамках OpenSource, что является ее неоспоримым преимуществом. Симулятор Gazebo предназначен для моделирования сложных технических систем и активно используется в робототехнике. В статье [6] предлагается его использование в различных областях науки, в которых используются механические элементы технических систем и их взаимодействие между собой в качестве инструмента, позволяющего оперативно отлаживать алгоритмы работы спроектированных механических элементов и выполнять регрессионное тестирование с использованием реалистичных сценариев. Gazebo дает возможность точно и эффективно моделировать одновременно несколько технических систем, взаимодействие между ними в различных окружающих условиях среды. Платформа Gazebo имеет качественную достоверную графику и удобный программный и графический интерфейс [7]. Для обеспечения достоверной физики Gazebo предоставляет возможность подключения различных физических движков. Gazebo позволяет подключать к графической среде плагины, написанные на C++. В данных плагинах имеется возможность обращаться

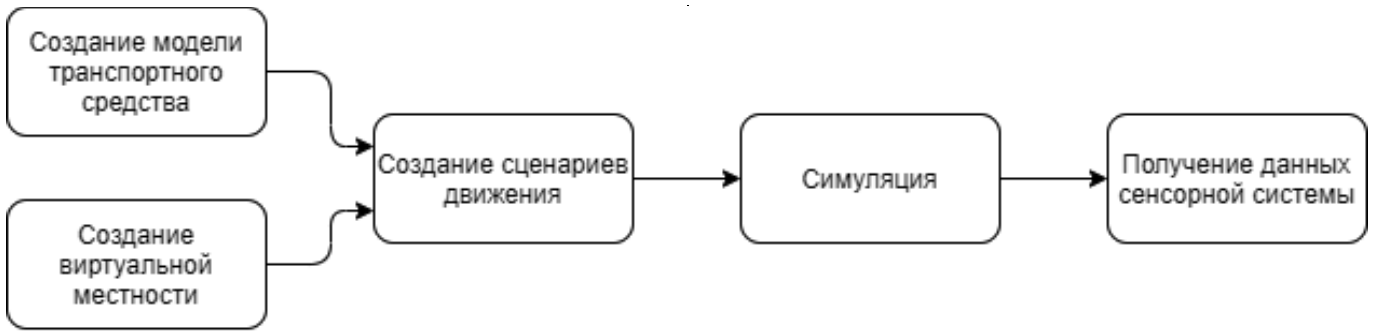


Рис. 1. Схема полного процесса получения данных виртуального моделирования транспортного средства

к объекту, либо к его отдельным элементам и производить с ними необходимые операции [8]. Таким образом возможно описать алгоритм работы системы, который в дальнейшем будет воспроизведен в графической среде. В этом качестве Gazebo предстает гибким, но трудозатратным инструментом.

Ansys VRXPERIENCE Driving Simulator представляет собой открытое и масштабируемое модульное решение для моделирования, при создании это решение ориентировалось под задачи передовых, беспилотных систем. Эта система предлагает: моделирование движения транспортного средства в реальном времени в условиях близких, к реальному миру [9]. Отличается высоким качеством создания местности, погодных условий, учитывает влияние света и многих других факторов. Позволяет интегрировать пользовательские модели транспортных средств, поддерживает модели на C / C++, Ansys Twin Builder или Simulink. Датчики Ansys VRXPERIENCE имитируют все виды автомобильных датчиков (камера, радиолокатор, лидар, ультразвуковой радар) [9]. Высокое качество продукта подтверждает тот факт, что виртуальное моделирование сценариев возможно вместо натуральных испытаний для прохождения сертификационных требований.

Ansys VRXPERIENCE Driving Simulator является наиболее подходящим решением также ввиду того, что именно в нем сенсорная система наиболее точно реагирует на изменение дорожных рельефов, позволяет легко записать и быстро оценить данные.

Решение прямой задачи — получение показаний системы сенсорики РГТС в процессе моделирования в виртуальной среде

Ansys VRXPERIENCE Driving Simulator имеет широкие возможности, в данном разделе рассматривается моделирование показаний сенсорной системы на основании

проезда автомобиля в виртуальной среде. Данный процесс для Ansys VRXPERIENCE Driving Simulator совпадает с непосредственным назначением и поэтому считается прямой задачей.

В процессе моделирования показаний сенсорной системы в виртуальной среде можно выделить следующие этапы: в первую очередь создается модель транспортного средства и виртуальная местность; затем исследуемая модель помещается в созданную местность и создается сценарий движения, в котором различные параметры движения и регистрируемые данные при симуляции; после этого происходит симуляция, она сохраняется в собственном формате программного комплекса; после чего производится предварительная оценка проведенной симуляции и сохранение данных сенсорной системы в формате пригодном для дальнейшей работы с этими данными. На рисунке 1 представлена схема вышеописанного процесса.

Создание модели транспортного средства является одним из первых и наиболее важных шагов. Стоит уточнить, что далее речь пойдет, о параметризованной расчетной математической многомассовой модели транспортного средства категории «грузовой автомобиль». Основные компоненты модели транспортного средства представлены на рисунке 2.

На динамику автомобиля преимущественно влияет поведение передней и задней подвесок, что делает их основными объектами исследования и анализа при разработке. Рассмотрим состав математической модели шасси. В разработанную модель шасси входят следующие узлы: передняя и задняя подвеска, передняя и задняя рессора, передний и задний стабилизатор поперечной устойчивости, рулевая система, рама, кабина, двигатель.

Передняя подвеска автомобиля — зависимая, состоит из двух рессор, поперечной рулевой тяги, двух

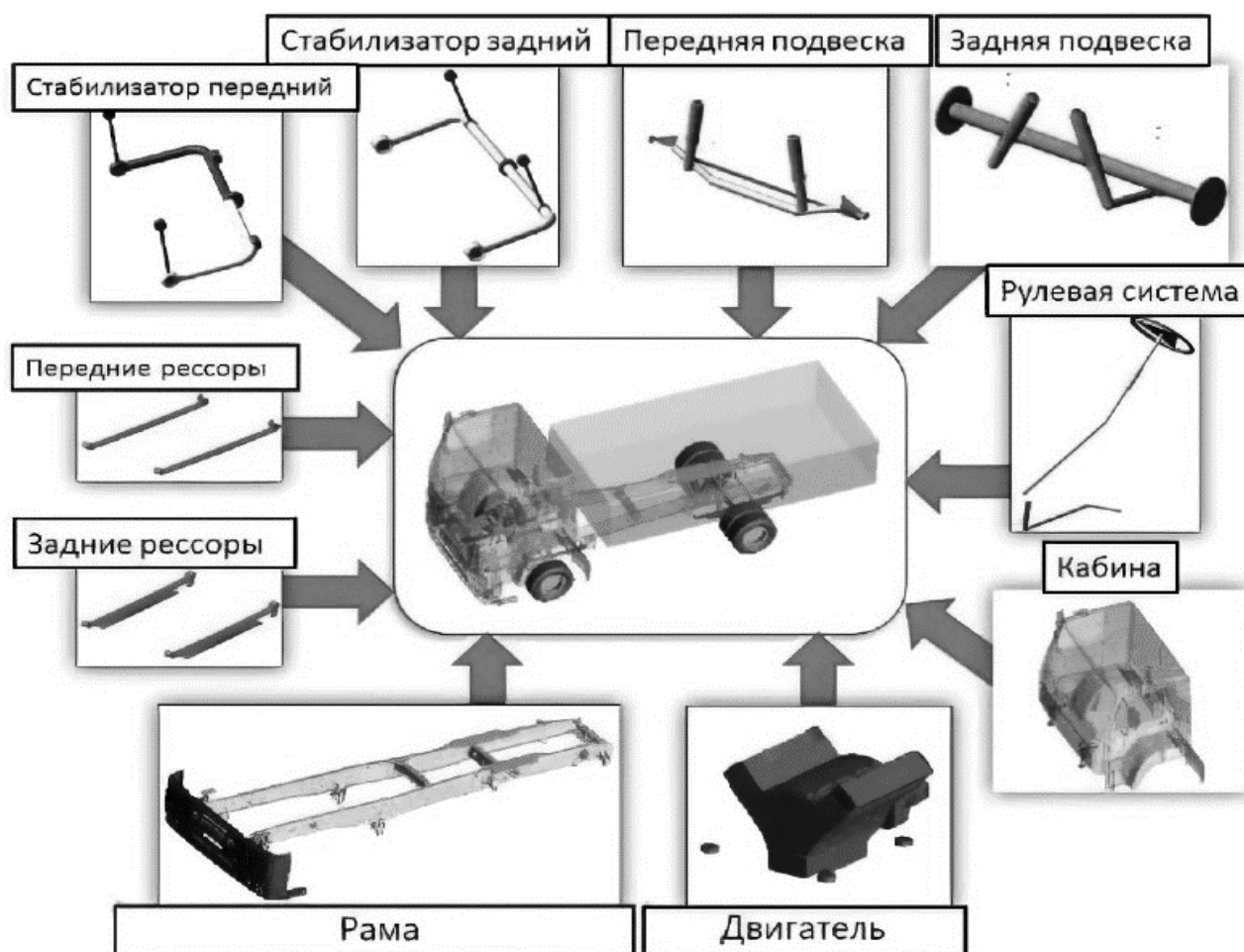


Рис. 2. Основные компоненты модели транспортного средства

гидравлических амортизаторов и стабилизатора поперечной устойчивости. Задняя подвеска автомобиля — зависимая, состоит из двух рессор, двух гидравлических амортизаторов и стабилизатора поперечной устойчивости.

Для всех узлов и элементов модели заданы соответствующие значения масс. При моделировании учитывались также особенности моделей листовых рессор, двигателя и коробки переключения передач. При моделировании транспортного средства особое внимание уделялось характеристикам шин (например, угол увода), особенностям их поведения при возникающих воздействиях от пятна контакта колеса с дорожным покрытием.

Исходя из необходимости в максимальной достоверности моделирования, определен список параметров, зарегистрировав которые можно полно представить движение транспортного средства. Они представлены в таблице 1.

Создав модель транспортного средства и определившись со списком регистрируемых параметров, перейдем к созданию виртуальной местности. Оно предполагает создание дорожной сети, которая включает в себя логическую информацию. В выбранной среде моделирования имеется удобный графический интерфейс, который позволяет быстро развертывать дорожные сети с необходимой информацией для построения динамики движения транспортных средств и их моделей поведения на дороге. К примеру, к ним относятся участки дорог и их взаимосвязи, параметры, описания профилей полос движения, дорожные знаки, светофоры, разметка.

Имея модель транспортного средства и виртуальную местность, создается сценарий движения транспортных средств и их взаимодействия с местностью. Устанавливаются параметры поведения водителя, реакция на дорожную инфраструктуру, команды различного рода. В сценарии моделируются ситуации различного рода, производится управление автономными транспортными

Таблица 1. Регистрируемые параметры

№ п/п	Необходимый параметр	Параметр, регистрируемый в среде моделирования	Единица измерения
1	Текущий угол поворота руля	Command /Steering wheel angle	° (градус)
2	Вертикальная реакция на колесах: переднее левое: переднее правое: заднее левое (сдвоенное): заднее правое (сдвоенное):	Tires/Force/Axle 0/Left/Z Tires/Force/Axle 0/Right/Z Tires/Force/Axle 1/Left(Twin)/Z Tires/Force/Axle 1/Right(Twin)/Z	daN (деканьютон)
3	Соотношение реакций между колесами/осями	Данный параметр рассчитывается исходя из данных, полученных в п. 2	daN (деканьютон)
4	Угол бокового ухода передней оси	Tires/Sideslipangle — limited /Axle 0 / Left Tires/Sideslipangle — limited /Axle 0 / Right	° (градус)
5	Тормозной путь при нормальном/экстренном торможении	Расчет по пройденному пути: Dynamic / Travelled distance	m (метр)
6	Сопrotивление рулевой рейки	Steering / Rack Force / Axle 0	daN (деканьютон)
7	Углы курса/крена/тангажа центра масс машины	Dynamic/CoG position / Yaw Dynamic/CoG position / Roll Dynamic/CoG position / Pitch	° (градус)
8	Боковая/продольная длина маневра	Расчет по перемещению по осям X и Y Dynamic/CoG position / X Dynamic/CoG position / Y	m (метр)
9	Трехмерный вектор скорости	Dynamic/Speed / X Dynamic/Speed / Y Dynamic/Speed / Z	km/h (километр в час)
10	Коэффициент сцепления с дорогой	Ground / Longitudinal grip / Axle 0 /Left	-
11	Предполагаемый радиус дороги	Вычисляется, используя угол поворота колес Wheels / Total steering angle / Axle 0 / Left Wheels / Total steering angle / Axle 0 / Right	m (метр)
12	Продольный уклон дороги	Ground / Heigth / Axle 0 / Left Расчет по высоте дороги в текущей точке	° (градус)
13	Распределение весов по осям ТС	Данный параметр рассчитывается исходя из данных, полученных в п. 2	daN (деканьютон)
14	Боковое/продольное ускорение	Dynamic/CoG Acceleration / X Dynamic/CoG Acceleration / Y	m/s ² (метр в секунду за секунду)

ми средствами вокруг водителя и пешеходами, а также настройки для получения измерений. Измеряются как раз параметры транспортного средства, определяется частота опроса и набор параметров из доступного для созданной модели. Эти данные и представляют собой значения с сенсорной системы модели транспортного средства.

После определения сценария, производится симуляция (моделирование). Управление всеми участниками системы происходит согласно сценарию. Выбранная среда визуализирует процесс движения, он наблюдается в реальном времени, при этом с датчиков сенсорной системы происходит запись значений. По окончании симуляции Ansys VRXPERIENCE Driving Simulator позволяет предварительно оценить совершенный эксперимент и извлечь необходимые зарегистрированные данные. Они выгружаются в файлы формата *.csv. На рисунке 3 представлен завершённый эксперимент

в режиме предварительного анализа. Для систематического хранения больших объемов данных для проведения масштабных испытаний и экспериментов создана информационная система-шлюз доступа и обновления базы данных. Она предназначена для сбора данных с датчиков транспортных средств или из системы их симуляции, сохранения их в базе данных, просмотра и управления данными, а также экспорта данных в файлы. Информационная система выполнена в виде программного обеспечения, в соответствии с концепцией «тонкий клиент», поддерживается всеми современными веб-браузерами.

В процессе разработке также применялся принцип адаптивного дизайна, что позволяет использовать приложение как на настольных ПК и ноутбуках, так и на мобильных устройствах и планшетных ПК. Основным окном в интерфейсе данной информационной системы является окно испытаний, оно представлено на рисунке 4.



Рис. 3. Анализ виртуального испытания в Ansys VRXPERIENCE Driving Simulator

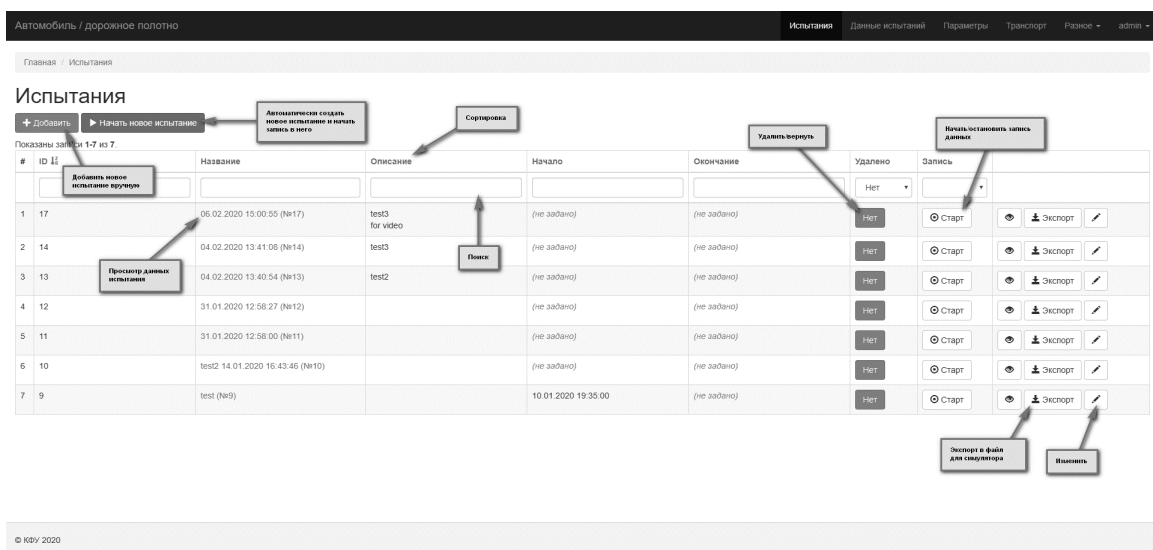


Рис. 4. Окно испытаний информационной системы

Решение обратной задачи — моделирование движения РГТС в виртуальной среде по данным системы сенсорики

Воспроизведение движения автомобиля в виртуальной среде по данным датчиков сенсорной системы транспортного средства, реального или тоже виртуального, является

обратной задачей по отношению к прямому назначению среды виртуального моделирования Ansys VRXPERIENCE Driving Simulator. Как описывалось в предыдущем разделе, разработанная информационная система систематического хранения больших объемов данных позволяет выгружать эти самые данные в файлы. Так представив данные проведенного эксперимента (проезд реального или виртуального транспортного средства) в файл, существует воз-

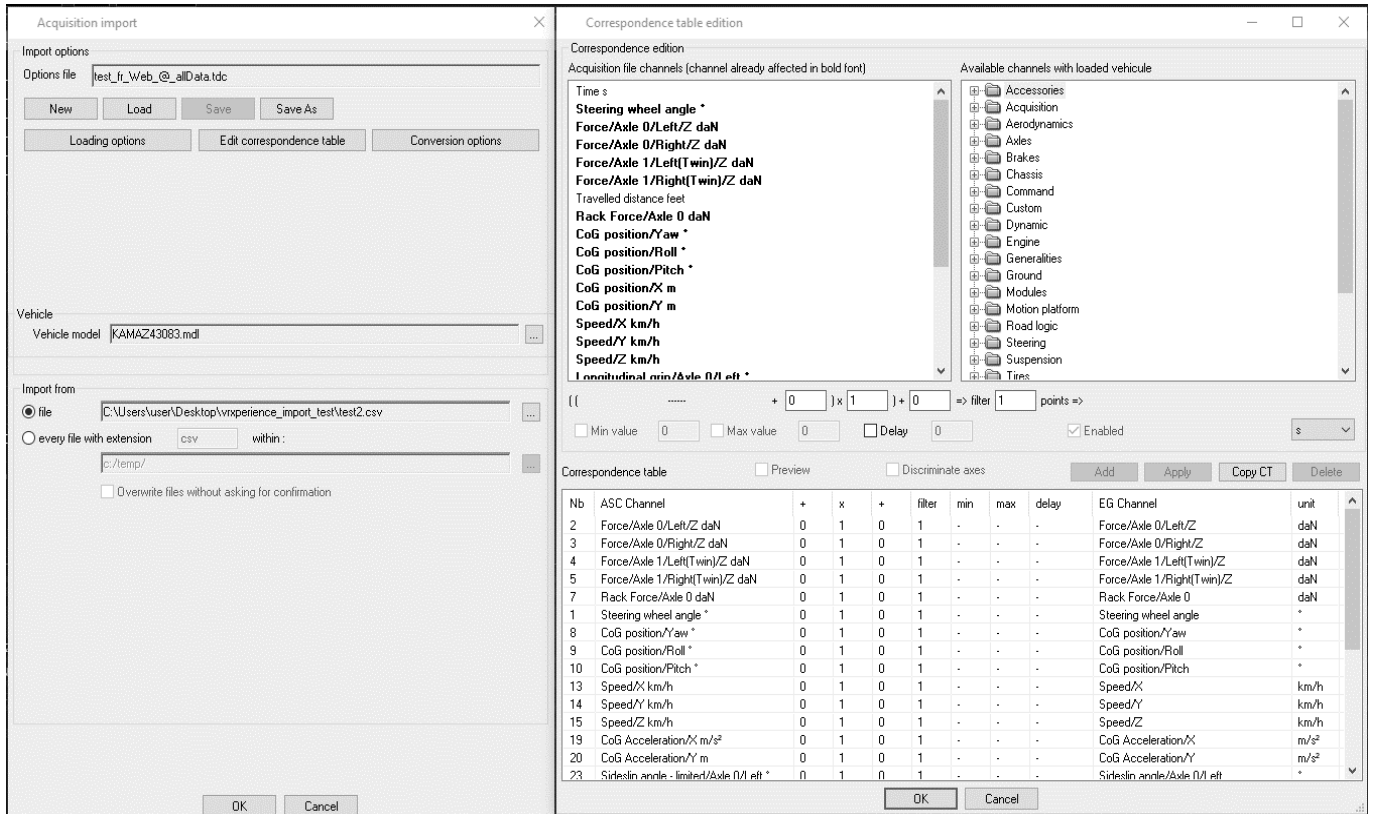


Рис. 5. Сопоставление параметров при загрузке данных сенсорики.

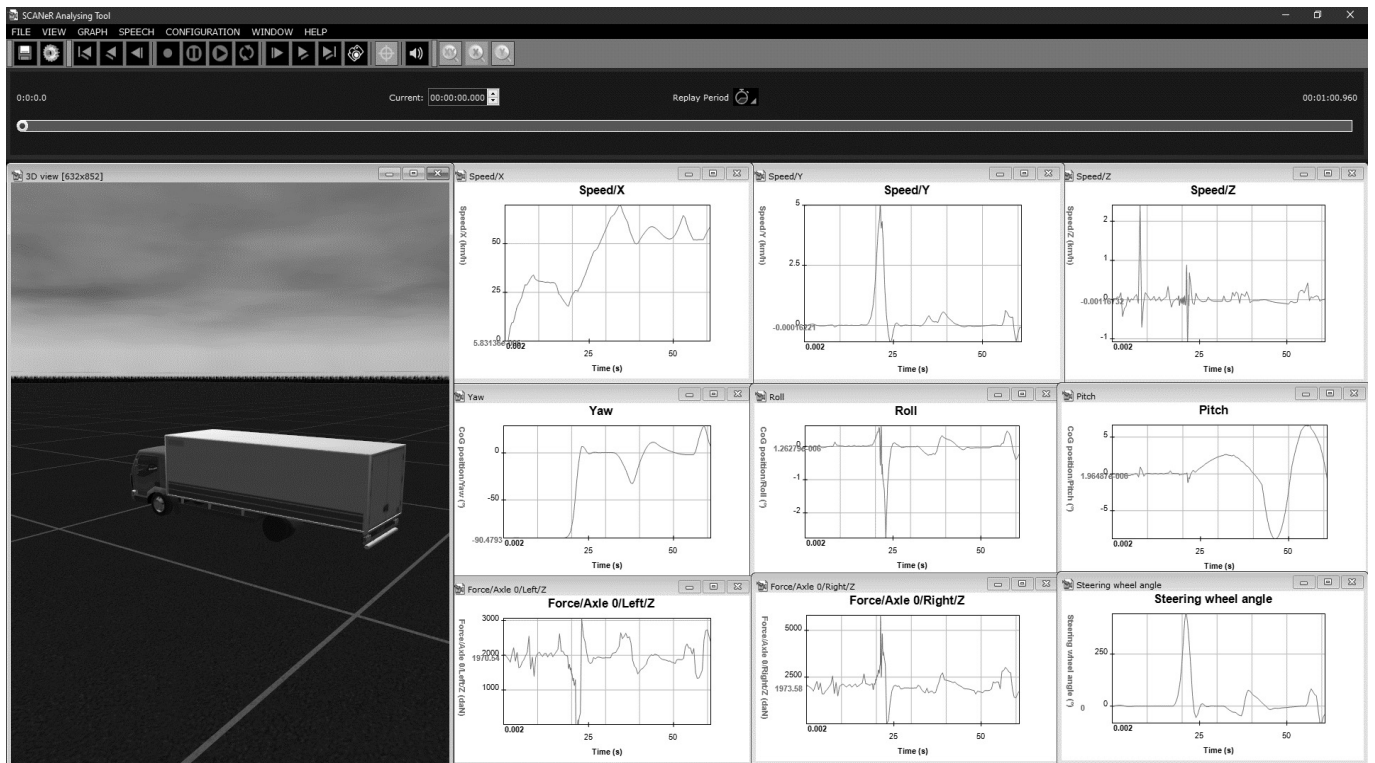


Рис. 6. Моделирование движения в виртуальной среде по данным сенсорной системы

возможность загрузить его в среду виртуального моделирования и воспроизвести движение. Это особенно полезно как для задач оценки сенсорной системы транспортного средства, так и прохождения сертификации, ведь как отмечалось, проведение испытаний в среде Ansys VRXPERIENCE Driving Simulator позволяет ускорить этот процесс.

При загрузке данных сенсорной системы необходимо указать модель транспортного средства. Модель, разработка которой описывалась в предыдущем разделе, соответствует в случаях проведенных испытаний на реальном транспортном средстве, по которому эта модель создавалась, либо в случаях виртуальных испытаний на идентичной модели.

На следующем этапе происходит сопоставление таблицы соответствия параметров. Сопоставляются параметры, имеющиеся в файле, выгруженном из информационной системы, параметрам виртуальной модели транспортного средства, а также указывается параметр временных отметок, в которые были произведены измерения. В данном процессе важно понимание значения параметра виртуальной модели и параметра, который был замерен, а также указание одних единиц измерения. Окно Ansys VRXPERIENCE Driving Simulator, в котором производится сопоставление представлено на рисунке 5.

Приведя все данные в соответствие, выполняется процесс создания движения по данным в выбранном файле. Таким образом, происходит процесс воспроизведения движения автомобиля в виртуальной среде по данным сенсорной системы транспортного средства. Результатом является полноценный эксперимент в среде Ansys VRXPERIENCE Driving Simulator.

С точки зрения воспроизведения движения, возможностей анализа и оценке всей системы в совокупности получившийся эксперимент является идентичным эксперименту при решении прямой задачи — получения показаний сенсорной системы виртуального транспортного средства. Кадр из воссозданного движения автомобиля представлен на рисунке 6. Использовались данные, полученные при экспериментах сенсорной системы автомобиля «Камаз 43083».

Заключение

Разработка новых автономных систем сопровождается сложным итерационным процессом, который протекает от проектирования к виртуальному тестированию, а затем обратно к проектированию для усовершенствования и внесения изменений. Основываясь на разработанной системе, включающей в себя платформу Ansys VRXPERIENCE Driving Simulator, были решены задачи получения показаний сенсорной системы смоделированного виртуального транспортного средства и представления этих данных в собственной разработанной информационной системе, а также, моделирование движения в виртуальной среде по данным сенсорной системы из собственной информационной системы, при чем не имеет значения, были ли данные записаны с виртуального транспортного средства или получены с реального автомобиля. Планируется продолжить исследование в направлении анализа данных сенсорной системы для характеристики и предсказания различных маневров при движении транспортного средства, основываясь в первую очередь на возможностях систем виртуального моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Nabhan M., Schoenauer M., Yves T., Hage H. Optimizing coverage of simulated driving scenarios for the autonomous vehicle // 2019 IEEE International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE), Graz, Austria, 2019, pp. 1–5, doi: 10.1109/ICCVE45908.2019.8965211.
2. Özgüner U. Autonomous ground vehicles. — Artech House, 2011. — 100 p.
3. Michalik D., Mihalik O., Jirgl M., Fiedler P. Driver Behaviour Modeling with Vehicle Driving Simulator // IFAC-Papers OnLine. 2019. No 52. pp. 180–185.
4. Pro-SiVICM 2017.5 User's guide. — ESI Group, 2017. — URL: <https://myesi.esi-group.com/downloads/software-downloads/pro-sivic-2017.5> (дата обращения 01.05.2020)
5. Nihon ESI K.K. ADAS camera simulator Pro-SiVIC / Nihon ESI K.K. — Токио: ESI Group, 2015. — 53 с.
6. Чикрин Д.Е., Егорчев А. А., Свалова И. Е., Державин Д. В.: Виртуальное физическое и визуальное моделирование работы механических элементов технических систем // Перспективы науки. 2018. № 3(102). С. 25–32.
7. Peters S., Hsu J. Comparison of Rigid Body Dynamic Simulators for Robotic Simulation in Gazebo. ROS Developer Conference 2014. — 23 p.
8. Peters S., Hsu J. Comparison of Rigid Body Dynamic Simulators for Robotic Simulation in Gazebo. — Open Source Robotics Foundation, 2013.
9. Ansys VRXPERIENCE Driving Simulator powered by SCANer VEHICLE User Guide. / ANSYS, Inc. and ANSYS Europe, Ltd. are UL. — May 2019 revision. — 848 p.

© Егорчев Антон Александрович (eanton090@gmail.com),

Чикрин Дмитрий Евгеньевич (dmitry.kfu@gmail.com), Бриский Дмитрий Владимирович (briskiydmitry@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

УГРОЗЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

THREATS OF INFORMATION IMPACT ON INFORMATION SYSTEMS OF EDUCATIONAL INSTITUTIONS

**S. Ivliev
S. Krylova
A. Kvaskov**

Summary. Introduction: In educational organizations, the threat of information impact is of particular importance. Information systems used in the educational process, created without taking into account the requirements of information security, can have a significant number of vulnerabilities.

Materials and methods: On the basis of the analysis the most characteristic vulnerabilities of information systems of educational organizations are revealed, the model of threats of information educational environment is developed.

Results: studies have shown that the greatest effect of the information impact is achieved by the integrated use of methods of information technology and information psychological impact, to assess the danger of which a classification is proposed.

Discussion and Conclusions: On the basis of their studies proposed a minimum set of organizational and program-technical measures to counter the effects of the information on the information system of educational institutions, which is subject to further revision, refinement, detail and implementation.

Keywords: information educational environment, threat, vulnerability, information impact, hybrid war, security.

Ивлиев Сергей Николаевич

*К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева», Саранск
ivliev_ibis@mrsu.ru*

Крылова Светлана Львовна

*Старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева», Саранск
krilova_ibis@mrsu.ru*

Квасков Алексей Александрович

*Аспирант, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева», Саранск
alexeikvaskov@yandex.ru*

Аннотация. Введение: В образовательных организациях особое значение приобретает угроза информационного воздействия. Используемые в образовательном процессе информационные системы, созданные без учета требований обеспечения информационной безопасности, могут иметь значительное количество уязвимостей.

Материалы и методы: на основе анализа выявлены наиболее характерные уязвимости информационных систем образовательных организаций, разработана модель угроз информационной образовательной среды.

Результаты исследования: Исследования показали, что наибольший эффект от информационного воздействия достигается комплексным использованием методов информационно-технического и информационно-психологического воздействия, для оценки опасности которого предложена классификация.

Обсуждение и заключения: на основании проведенных исследований предложен минимальный набор организационных и программно-технических мероприятий по противодействию информационному воздействию на информационные системы образовательных организаций, который подлежит дальнейшей доработке, уточнению, детализации и последующему внедрению.

Ключевые слова: информационная образовательная среда, угроза, уязвимость, информационное воздействие, гибридная война, защищенность.

Введение

Доктриной информационной безопасности Российской Федерации от 5 декабря 2016 г. отмечается: «Расширяются масштабы использования специальными службами отдельных государств средств оказания информационно-психологического воздействия, направленного на дестабилизацию внутриполитической и социальной ситуации в различных регионах мира и приводящего к подрыву суверенитета и нарушению территориальной целостности других государств. В эту деятельность вовлекаются религиозные, этнические, правозащитные и иные организации, а также отдельные группы граждан, при этом широко используются возможности информационных технологий» [1]. В настоящее время в западной прессе обсуждаются вопросы противодействия современной России на информационном поле [12–20].

Особое значение указанная угроза информационного воздействия приобретает в образовательных организациях. Применение в образовательном процессе информационных систем, организованных в виде справочников и баз данных, например, электронная образовательная среда (ЭОС), созданных без учета требований обеспечения информационной безопасности могут иметь значительное количество уязвимостей.

Обзор литературы

Теоретическому исследованию угроз информационного воздействия на население в последнее время уделяется все большее внимание [2–6]. Предлагаются методики построения моделей угроз информационно-технического и информационно-психологического воздействий [7]. Учитывая огромное значение защиты от негативного информационного воздействия молодежи, следует отметить ряд работ, посвященных оценке защищенности информационных систем образовательных организаций [8–10]. Настоящая работа посвящена вопросам разработки модели угроз для информационно-справочных систем образовательных организаций высшего образования.

Как отмечалось выше, для достижения информационного превосходства могут быть использованы информационно-техническое (ИТВ) и информационно-психологическое (ИПВ) воздействия. Особую опасность представляет их комплексное использование. Наибольшую известность приобрели теории Джона Уордена и Джона Бойда, являющиеся идеологами и разработчиками стратегии современных войн и военных конфликтов [7,11].

Следует подчеркнуть, что гибридная война предполагает использование нападающей стороной скрытых

форм нападения (диверсии на объектах инфраструктуры и жизнеобеспечения, поддержка повстанческих движений и т.д.). При этом наиболее эффективным средством ведения гибридной войны является информационная война, позволяющая добиться стратегических целей без прямого военного столкновения.

В обобщенном виде информационное воздействие в гибридной войне представлено на рисунке 1.

Как отмечают идеологи информационных войн: «Главной технологией войны в информационно-идеологическом пространстве является замещение базовых ментальных ценностей данного социума ценностной системой агрессора» [21,22]. Однако, отмечено, что прямой удар по центру управления достаточно трудная задача, да и вычислить его географическое местоположение часто не представляется возможным. Поэтому в настоящее время принята модель, представленная на рисунке 2. Диаграмма показывает, что часть защищаемых ресурсов, в частности, инфраструктура и производство размещается перед «линией фронта», или вне зон контроля вооруженных сил, т.е. вне контролируемой территории. Примером может служить размещение объектов производства на территории других государств. Причем, данная модель больше характеризует период военных действий. В случае мирного времени любой элемент атакуемого государства может располагаться вне контролируемой зоны, т.к. любое государство связано огромным количеством экономических и культурных связей с другими государствами и территориями.

С развитием информационно-коммуникационных технологий границы контролируемой зоны часто носят неявный характер. Например, информационные ресурсы, или их клоны, могут располагаться на серверах, расположенных за границей, что позволяет агрессору использовать их в своих интересах.

В последнее время все большее внимание уделяется защите населения от негативного воздействия глобальной информатизации. Правоохранительные органы выпускают огромное количество материалов, предупреждающих граждан от угроз, таящихся в глобальных информационных системах. Проводятся беседы и опросы, касающиеся информационной культуры граждан. Но на наш взгляд, явно недостаточное внимание уделяется защите собственных информационных ресурсов. Проблеме защиты информационных систем образовательных организаций посвящено данное исследование.

Материалы и методы

Особенностью информационных систем образовательных организаций является большой объем персо-

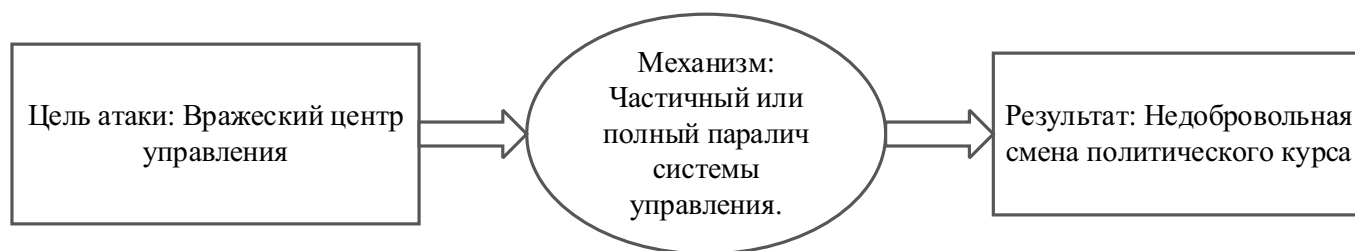


Рис. 1. Результат информационного воздействия в гибридной войне

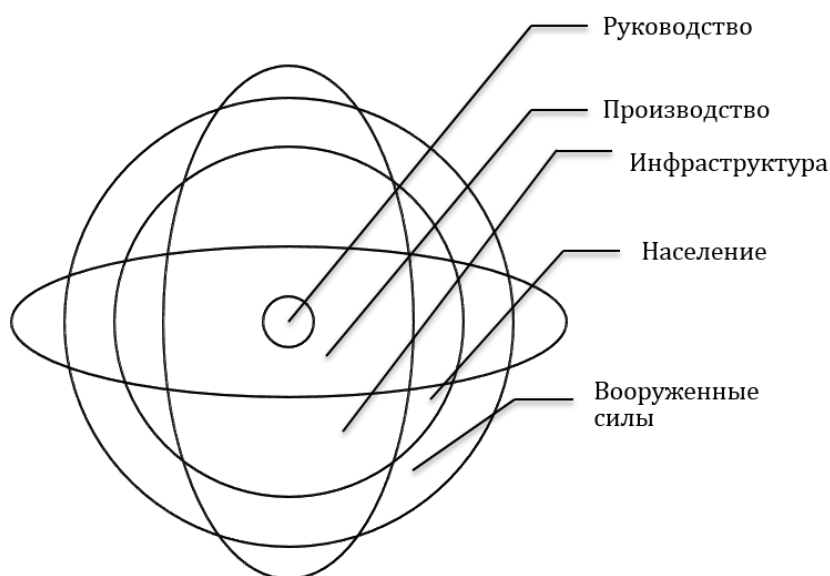


Рис. 2. Модифицированные кольца Бойда

нальных данных обучающихся, которые являются кадровым ресурсом государства. Ненадлежащее хранение и обработка этих данных позволяет агрессору посредством ИТВ на информационные ресурсы операторов персональных данных обучающихся, создавать базы данных и в дальнейшем проводить анализ с целью проведения ИПВ на субъекты, наиболее подверженные такому воздействию.

На основании исследования наиболее характерных уязвимостей информационных систем образовательных организаций была разработана модель угроз, представленная на рисунке 3.

В модели указаны наиболее характерные уязвимости информационных систем образовательных организаций. К ним относятся:

- ◆ Уязвимости в системном и прикладном программном обеспечении. Основным источником данной группы уязвимостей является использование программного обеспечения, не прошедшего

процедуру подтверждения отсутствия недеklarированных возможностей.

- ◆ Нарушение правил управления паролями и связанное с ним нарушение правил доступа к информации. Т.е. в большинстве образовательных организаций отсутствуют удостоверяющие центры. Регламентирующие документы, касающиеся порядка генерации распространения и утилизации паролей и прав доступа, в ряде случаев не соответствуют требованиям и рекомендациям регуляторов в области информационной безопасности.
- ◆ Использование сторонних почтовых сервисов создает предпосылки для несанкционированного обмена информацией. При этом резко повышается вероятность загрузки вредоносного кода.
- ◆ Использование для пересылки сообщений сервисов, предоставляемых социальными сетями и мессенджерами, так же открывает возможности для несанкционированного обмена информацией и внедрение вредоносного кода.

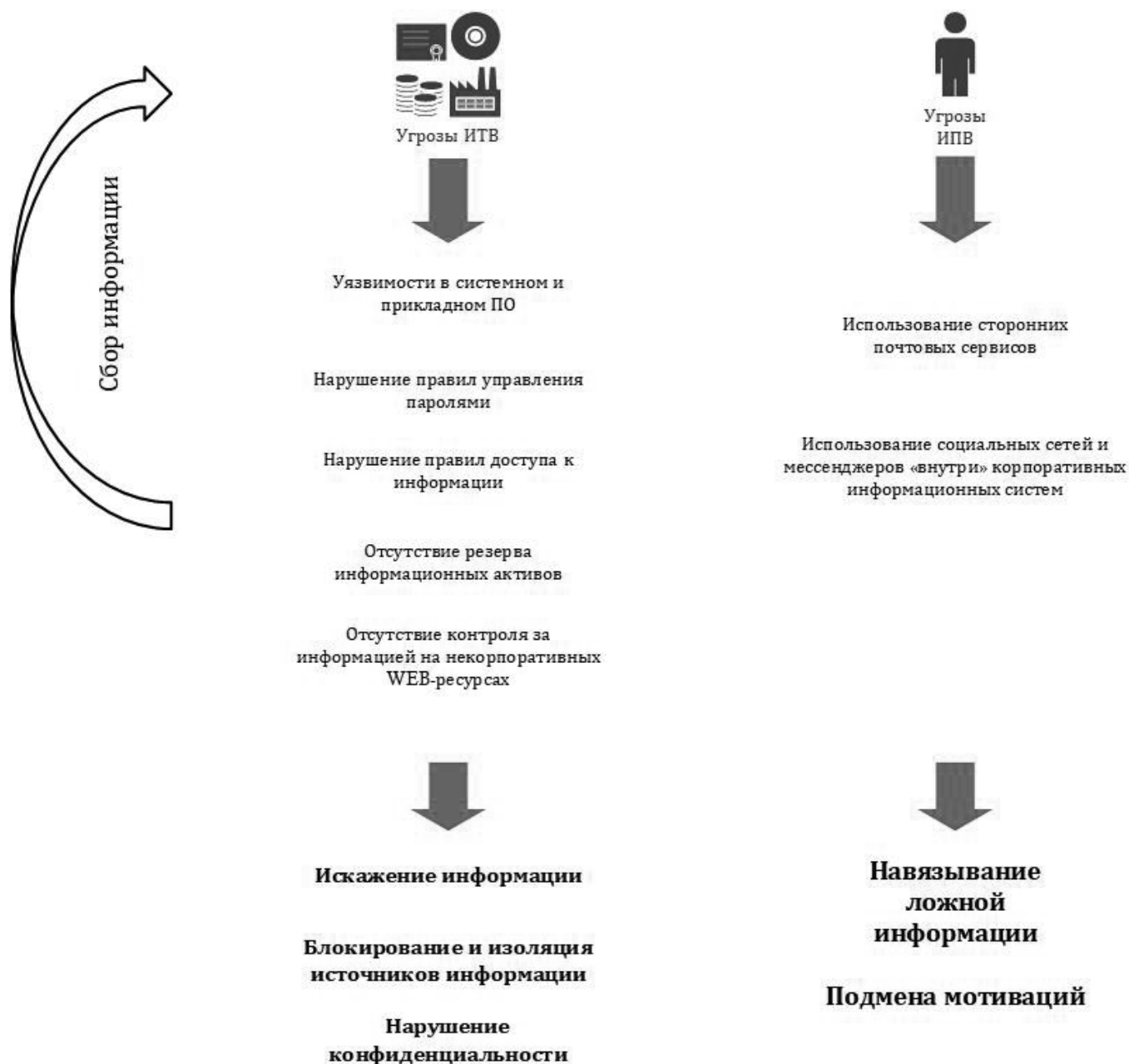


Рис. 3. Обобщенная модель угроз

- ♦ Использование собственных web-сайтов отдельных подразделений образовательного учреждения (чаще всего разработанных кустарно), не отвечающих требованиям безопасности, для несанкционированного, не контролируемого размещения внутренней (в том числе и конфиденциальной) информации на этих ресурсах.
- ♦ Отсутствие или малая эффективность системы периодического создания, обновления и хранения резервных копий информационных ресурсов.

Результаты исследования

Исследования показали, что наибольший эффект от информационного воздействия достигается комплексным использованием ИТВ и ИПВ. Для оценки опасности была принята следующая классификация:

- ♦ ИТВ, самостоятельно реализующие деструктивные функции на ИТКС и ИС и предназначенные для завоевания информационного противоборства. Они могут использоваться для доставки вредоносного кода или вредоносного контента.

- ◆ ИТВ, используемые для блокирования официальных источников информации.
- ◆ ИПВ, самостоятельно реализующие функции воздействия на личность, группы лиц, общество (фальсификация, дезинформация, дискредитация).
- ◆ ИПВ для «тандемного» усиления ущерба от ИТВ (например, требование оплаты за восстановление компьютера или данных после хакерской атаки).

При этом необходимо учитывать тот факт, что в информационном противоборстве преимущество получает нападающая сторона. Поэтому при оценке уязвимости информационных систем образовательных организаций в качестве исходных данных было принято наличие у атакующей стороны средств скрытого воздействия и проникновения в целевые информационные системы. Поэтому, мероприятия по информационной безопасности необходимо не только планировать при разработке технических заданий на информационные системы, но и в процессе сопровождения и модернизации указанных систем оценивать соответствие их требованиям нормативной документации в области информационной безопасности. А при изменении масштаба и структуры проводить их повторное категорирование и классификацию.

Обсуждение и заключения

На основании вышеизложенного, можно предложить следующий набор базовых организационных и про-

граммно-технических мероприятий по противодействию информационному воздействию на информационные системы образовательных организаций:

- ◆ Разработать пакет документов для внутреннего использования, отражающих основные положения, требования и правила обеспечения безопасности информационной системы (информационной образовательной среды) в соответствии законодательством РФ и рекомендациями регуляторов по ИБ. Осуществлять контроль сотрудников и обучающихся за выполнением установленных требований и правил.
- ◆ Использовать средства (сенсоры) предупреждения, обнаружения и ликвидации последствий информационно-технического воздействия;
- ◆ Внедрить в практику эксплуатации информационных систем средства мониторинга несанкционированного воздействия на элементы информационных систем;
- ◆ Включить в структуры обслуживания корпоративных информационных систем образовательных организаций центры мониторинга и обработки данных по детектированию и предотвращению таргетированных атак на ресурсы информационных систем.

Разумеется, предложенный перечень мероприятий должен быть адаптирован (уточнен, конкретизирован и детализирован) для каждой конкретной образовательной организации с учетом целей, задач и специфики информационной образовательной среды на основе результатов анализа угроз и уязвимостей системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации (утв. Указом Президента Российской Федерации от 5 декабря 2016 г. № 646).
2. Макеев О. Ю. Информационное общество и угрозы информационных войн начала XXI века // Каспийский регион: политика, экономика, культура. 2013. — № 1 (34). — С. 132–139. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18981962>.
3. Зеленков М. Ю. Теоретико-методологические проблемы теории национальной безопасности Российской Федерации: Монография. — М. Юридический институт МИИТа, 2013. — 196 с.
4. Брянцева О. В. Развитие науки, технологий, образования как фактор национальной безопасности // Информационные технологии в юридической науке и образовании: сборник научных статей по материалам II Всероссийской научной конференции. — Саратов: Изд-во ФГБОУ ВО «Саратовская государственная юридическая академия», 2018. — С. 16–22. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36492905>.
5. Брянцева О. В., Брянцев И. И. Особенности реализации практик взаимодействия науки, образования и бизнеса в системе национальной безопасности // Вестник Поволжского института управления. — 2018. — Том 18. — № 4. — С. 4–13. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36292668>.
6. Брянцев И. И., Брянцева О. В. Влияние субъектов информационной сферы на устойчивость системы национальной безопасности к информационным войнам // Среднерусский вестник общественных наук, 2019. — Т. 14. № 1. — С. 203–217. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37132098>.
7. Антонов С. Г., Гордеев С. В., Климов С. М., Рыжов Б. С. Модели угроз совместных информационно-технических и информационно-психологических воздействий в гибридных войнах // Информационные войны, 2018. — № 2 (46). — С. 83–87. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35078099>.
8. Привалов А. Н., Гореликова Т. В. Информационная безопасность образовательных организаций в контексте информационных войн // Актуальные проблемы методики обучения информатике в современной школе Международная научно-практическая интернет-конференция. 2016 Из-во: Московский педагогический государственный университет (Москва). — С. 352–355. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25694969>.
9. Ивлиев С. Н. Предварительный анализ технической защищенности системы дистанционного образования (на материале Мордовского государственного университета) // Интеграция образования. 2012. № 4 (69). С. 27–31. URL: <http://edumag.mrsu.ru/content/pdf/12-4.pdf>.

10. Чиркова Т.Н., Крылова С.Л. Разработка электронного учебного ресурса в виртуальной обучающей среде MOODLE // Материалы XX научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарёва в 3 ч. — 2016. — С. 288–292. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27222009>.
11. Савин Н. В. Пересмотр концепций «пяти стратегических колец» Дж. Урдена и «петли норд» Дж. Бойда // Информационные войны, 2015. — № 3 (35). — С. 44–51. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35078099>.
12. Garamone J. NATO commander Breedlove discusses implications of hybrid war // www.defense.gov/News-Article-View/Article/604334
13. Davis J. R. Continued evolution of hybrid threats URL: http://www.jwc.nato.int/images/stories/threeswords/CONTINUED_EVOLUTION_OF_HYBRID_THREATS.pdf
14. Gibbons-Neff T. The 'new' type of war that finally has the Pentagon attention URL: www.washingtonpost.com/world/national-security/the-new-type-of-war-that-finally-has-the-pentagons-attention/2015/07/03/b5e3fcda-20be-11e5-84d5-eb37ee8eaa61_story.html?noredirect=on&utm_term=.b1ab57e102bb
15. Frank G. Hoffman. Conflict in the 21-th Century: the Rise of Hybrid Wars. Arlington, VA: Potomac Institute for Policy Studies, December 2007 URL: www.potomacinstitute.org/images/stories/publications/potomac_hybridwar_0108.pdf.
16. Hybrid war — does it even exist? URL: NATO Review magazine URL: www.nato.int/docu/Review/2015/Also-in-2015/hybrid-modern-future-warfare-russia-ukraine/EN/.
17. McGregor Knox and Williamson Murray, Eds. The dynamics of Military Revolution 1300–2050. Cambridge, Cambridge University Press, 2001. 36. Prashanth Parameswaran. Are We Prepared for 'Hybrid Warfare'? // The Diplomat. February 13, 2015 URL: thediplomat.com/2015/02/are-we-prepared-for-hybridwarfare/.
18. The US Army Operating Concept (AOC): Win in a Complex World 2020–2040. 7 October 2014 URL: www.tradoc.army.mil/tpubs/pams/TP525-3-1.pdf.
19. Ferdinando L. Breedlove: Russia, instability threaten U.S., European security interests URL: www.defense.gov/News-Article-View/Article/673338/breedlove-russia-instability-threaten-us-european-security-interests
20. Davis J.R., Jr. The hybrid mindset and operationalizing innovation: toward a theory of hybrid URL: www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a611901.pdf
21. Hoffman F. G. Conflict in the 21th Century: the Rise of Hybrid Wars. URL: www.potomacinstitute.org/images/stories/publications/potomac_hybridwar_0108.pdf
22. Hoffman F. G. Hybrid war — does it even exist? // NATO Review magazine. URL: www.nato.int/docu/Review/2015/Also-in-2015/hybrid-modern-future-warfare-russia-ukraine/EN

© Ивлиев Сергей Николаевич (ivliev_ibis@mrsu.ru),

Крылова Светлана Львовна (krilova_ibis@mrsu.ru), Квасков Алексей Александрович (alexeikvaskov@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Саранск

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ОСНОВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ¹

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE MAIN SOURCES OF POLLUTION AND FACTORS AFFECTING THE STATE OF THE AIR IN POPULATED AREAS

**A. Ignatyev
A. Chumakov
Udoh Idongesit Etim**

Summary. The article describes the development of a methodology for a comprehensive assessment of the main sources of pollution and factors affecting the state of atmospheric air in populated areas. The difference of this technique is that when assessing the impact of vehicles, the type of development of the selected site is taken into account. Another difference is the assessment of the impact of undeveloped territories, the impact of new construction projects and the demolition of buildings and structures as sources of air pollution. Using the proposed methodology allows a comprehensive assessment of the main sources of pollution and factors affecting the atmospheric air of populated areas, as well as the categorization of the city.

Keywords: integrated assessment methodology, environmental monitoring system, harmful emissions, stationary pollution sources, mobile pollution sources.

Игнатъев Александр Владимирович

*Д.т.н., доцент, Волгоградский государственный
технический университет
alignat70@yandex.ru*

Чумаков Артем Владимирович

*Аспирант, Волгоградский государственный
технический университет
spleenfull@yandex.ru*

Удо Идонэсит Этим

*Волгоградский государственный технический
университет*

Аннотация. В статье изложена разработка методики комплексной оценки основных источников загрязнения и факторов, влияющих на состояние атмосферного воздуха населенных мест. Отличие данной методики состоит в том, что при оценке влияния автотранспорта учитывается тип застройки выбранного участка. Другим отличием является учет оценки влияния неблагоустроенных территорий, влияния объектов нового строительства и сноса зданий и сооружений как источников загрязнения атмосферного воздуха. Использование предлагаемой методики, позволяет произвести комплексную оценку основных источников загрязнения и факторов, влияющих на состояние атмосферного воздуха населенных мест, а также осуществить категорирование территорий города.

Ключевые слова: методика комплексной оценки, система экологического мониторинга, выбросы вредных веществ, стационарные источники загрязнения, подвижные источники загрязнения.

Современный город представляет собой сложную систему, все элементы которой взаимосвязаны между собой, и изменения, произошедшие в одном из них, влекут изменения во всех компонентах системы в целом.

Городская среда, как система жизнеобеспечения должна наилучшим образом удовлетворять социальные, экономические, эстетические и экологические потребности человека, обеспечивая экологически обоснованное качество жизни [1, 2, 3].

В крупных городах чрезмерная концентрация на сравнительно небольших территориях населения, транспорта и промышленных предприятий, с образованием антропогенных ландшафтов, очень далеких от состояния экологического равновесия, приводит к возникновению экологических проблем.

Выбросы вредных веществ, осуществляемые стационарными и подвижными источниками загрязнения, при продолжительном воздействии могут вызывать серьезные болезни лёгких и верхних дыхательных пу-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области. Проект № 19-47-340001.



Рис. 1. Отображение на карте изучаемого района интенсивности движения автомобильного транспорта на магистралях

тей, и даже приводить к смерти. Особенно остро эти проблемы присущи крупным городам, где концентрации некоторых вредных веществ зачастую превышает их предельно допустимые концентрации (ПДК), в виду бурного развития в этих городах промышленности, и, как следствие, стационарные источники загрязнения (заводы, фабрики и т.д.) располагаются настолько плотно, что загрязняемые территории зачастую пересекаются, образуя неблагоприятные, и даже опасные для жизни районы. Свой вклад в уровень загрязнения вносят и мобильные источники, такие как автомобильный транспорт, плотность потоков которого также с каждым годом постоянно возрастает.

Еще одним фактором, влияющим на здоровье человека в условиях крупного города, являются неблагоустроенные пылящие территории [4, 5, 6, 7].

Всё выше сказанное даёт основание для следующего утверждения, что исследования в данной области крайне важны не только для защиты окружающей среды, но и для защиты здоровья населения.

Для принятия экологически обоснованных решений на всех этапах жизненного цикла объектов строительства, начиная с их проектирования, дальнейшей эксплуатации, и заканчивая сносом, необходимо формирование системы экологического мониторинга атмосферного воздуха с учетом градостроительного развития населенных мест (СЭМАВ УГРМ).

Первым шагом на пути создания СЭМАВ УГРМ является разработка методики комплексной оценки основных источников загрязнения и факторов, влияющих на состояние атмосферного воздуха населенных мест.

Существует ряд методик, позволяющих учитывать отдельные аспекты, как влияния стационарных источников [8, 9], так и подвижных [10–13], но при этом отсутствует комплексная методика и поддерживающая её реализацию программная система, позволяющая одновременно учитывать:

- ◆ оценку влияния автотранспорта с учетом типа застройки;
- ◆ оценку влияния стационарных источников, выбираемых на карте;
- ◆ оценку влияния неблагоустроенных территорий;
- ◆ оценку влияния объектов нового строительства и сноса зданий и сооружений как источников загрязнения атмосферного воздуха;
- ◆ оценку ветрового режима при формировании системы мониторинга атмосферного воздуха.

Для формирования комплексной методики, необходимо выбрать или разработать частные методики, которые позволят оценить каждый из пяти вышеприведенных факторов.

Существующие методы оценки влияния автотранспорта, при всей их гибкости, не учитывают в полной мере *фактор рассеивания загрязняющих веществ*



Рис 2. Карта расположения неблагоустроенных территорий исследуемого района города

внутри застройки, что является важным, для комплексной методики.

В качестве отправной точки оценки влияния автотранспорта с учетом типа застройки были взяты ГОСТ Р 52398–2005 [14], в котором приведены три категории автомобильных дорог (скоростные трассы, магистральные и дороги местного значения). Это может быть реализовано путем переобучения свёрточной нейронной сети, разработанной нами для распознавания типа застройки [15].

Зная тип дороги, мы можем определить основные параметры, влияющие на уровень загрязнения воздуха

выхлопными газами автомобилей сильнее всего: скорость движения, интенсивность трафика и его состав, т.е. какие конкретно автомобили участвуют в дорожном движении.

В частности, распределение интенсивности транспортных потоков на магистралях исследуемого района могут быть наглядно представлены на карте изучаемого района города в геоинформационной системе (рис. 1). Для определения концентрации угарного газа на середине проезжей части, а также на различном удалении от проезжей части, используются расчётные методы из ГОСТ Р 56162–2019 [16].

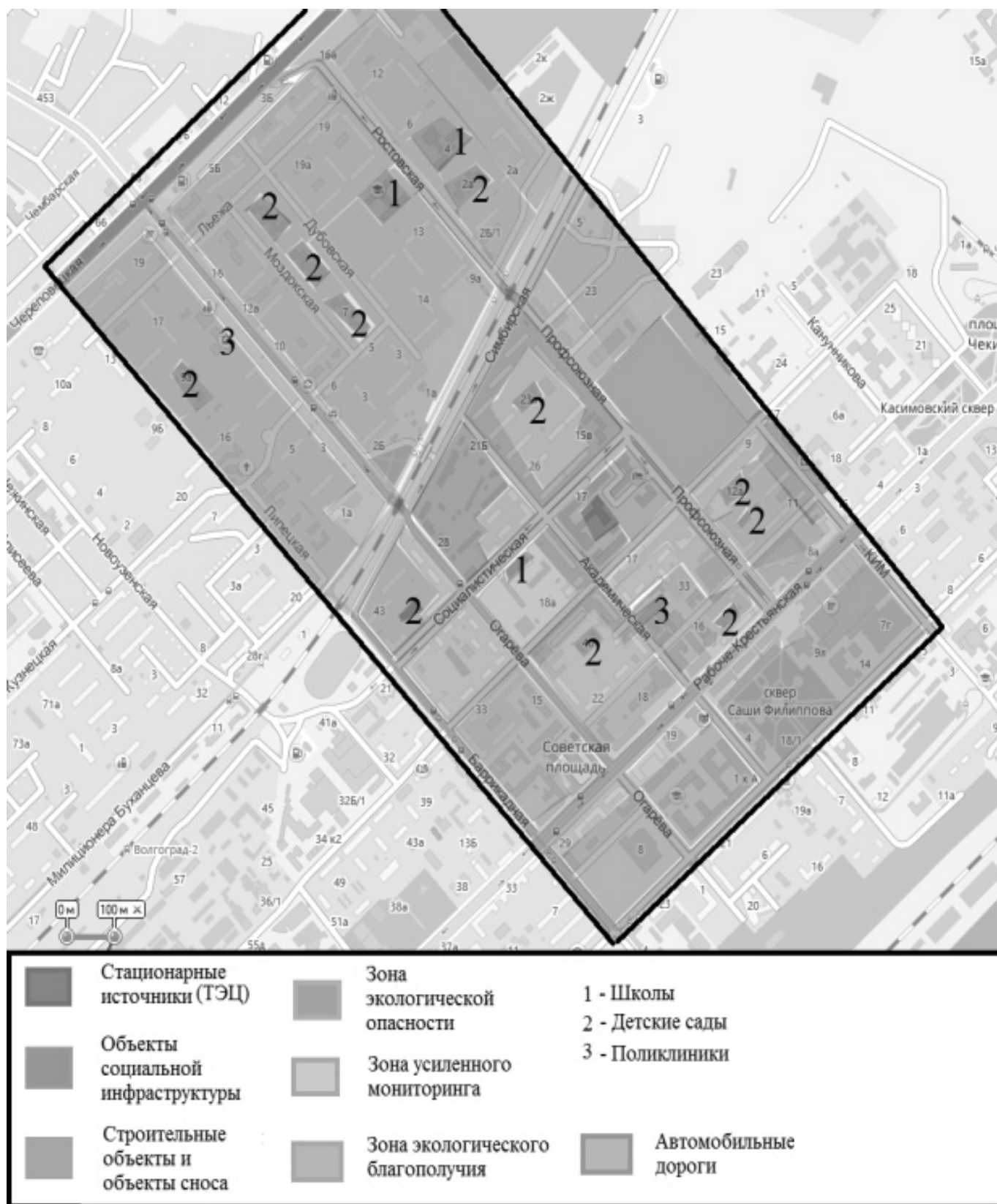


Рис. 3. Категорирование исследуемой территории по степени экологического благополучия

Результаты такого моделирования оказались близки к данным, полученным при проведении натурных замеров.

При моделировании рассеивания выбросов автотранспорта в условиях различной застройки использовалась методика, приведенная в работе [17]. Для учета типа застройки нами реализован модуль распознавания типа застройки [15].

Сочетание этих подходов позволяет производить оценку влияния автотранспорта для изучаемого района города с учетом типа застройки.

Для оценки влияния второго фактора (стационарных источников) расчеты рассеивания загрязнения могут быть выполнены в соответствии с методикой, утвержденной приказом Минприроды России от 06.06.2017 № 273 [18].

Для оценки влияния третьего фактора (неблагоустроенных территорий) используются показатели из работы [19].

По каждому из этих показателей ставится оценка — от 1 до 4 баллов, где единице соответствуют лучшие показатели, а четвёрке — самые неблагоприятные. Таким образом, территория по степени благоустройства может быть поделена на 4 категории: благоприятный тип территории, ограниченно благоприятный, неблагоприятный и особо неблагоприятный.

Расположение неблагоустроенных территорий исследуемого района города также может быть наглядно представлено в геоинформационной системе (рис. 2).

Аналогично производится оценка влияния объектов нового строительства и сноса зданий и сооружений как источников загрязнения атмосферного воздуха.

Оценка ветрового режима, а также средних температур для каждого месяца учитываются при определении рассеивания загрязняющих веществ от стационарных и подвижных источников. При этом выявляются неблагоприятные скорости ветра для разных источников, создающие условия максимального загрязнения атмосферного воздуха или распространения загрязняющих веществ.

Как правило, эти данные могут быть получены на основе многолетних наблюдений из системы Гидрометцентров анализируемых территорий.

Использование предлагаемой методики, позволяет произвести комплексную оценку основных источников загрязнения и факторов, влияющих на состояние атмосферного воздуха населенных мест, а также осуществить категорирование территорий города, по критериям, предлагаемыми нами в работе [20].

Пример категорирования территорий представлен на рисунке 3.

ЛИТЕРАТУРА

1. Губернский Ю.Д., Лещиков В. А., Рахманин Ю. А. Экологические основы строительства жилых и общественных зданий. — М.: 2004. — 253 с.
2. Основы теории градостроительства / Яргина З.Н. [и др.]. — М.: Стройиздат, 1986. — 326 с.
3. Тетиор А. Н. Городская экология: учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений. — 3-е изд., стер. — М.: Академия, 2008. — 336 с.
4. Аброськина, Н. В. Эколого-гигиеническое обоснование критериев благоустройства при комплексной оценке антропогенной нагрузки селитебных территорий: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.07. — Волгоград, 1999. — 125 с.
5. Махонько К. П. Вторичное поступление в атмосферу пыли, осевшей на землю // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. — 1979. — Т. 15, № 5. — С. 568–570.
6. Стеценко С. Е. Учет фактора запыленности в формировании городской застройки (на примере г. Волгограда): дис. ... канд. техн. наук: 18.00.04. — Волгоград, 2006. — 223 с.
7. Янин Е. П. Промышленная пыль в городской среде (геохимические особенности и экологическая оценка). — М.: ИМГРЭ, 2003. — 82 с.
8. Штриплинг Л. О., Баженов В. В., Калинин Ю. В., Мальцева Е. А. Расчетно-аналитический метод определения загрязнения приземного слоя атмосферы выбросами промышленных предприятий // ОНВ. 2015. № 1. С. 202–205.
9. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186–91. — М.: Гидрометеоздат, 1991. — 693 с.
10. Benson P. CALINE4 — a dispersion model for predicting air pollutant concentrations near roadways. Sacramento, California: California Department of Transportation, Office of Transportation Laboratory, 1984. 296 p.
11. Berkowicz R. OSPM — A Parameterised Street Pollution Model // Environmental Monitoring and Assessment. 2000. Volume 65, Issue 1–2. pp 323–331.
12. Ottosen T. B., Ketzler M., Skov H., Hertel O., Brandt J., Kakosimos K. E. A parameter estimation and identifiability analysis methodology applied to a street canyon air pollution model // Environmental Modelling & Software. 2016. Volume 86. pp 165–176.
13. Пашкевич М. А., Петрова Т. А. Оценка площадного загрязнения атмосферного воздуха в мегаполисе с использованием геоинформационных систем // Записки Горного института. 2017. Т. 228. С. 738–742.
14. ГОСТ Р 52398–2005 Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования; введ. 01.05.2006. — М.: Стандартинформ, 2007. — 10 с.

15. Игнатъев А.В, Гилка В. В., Матыцына Д.А Автоматическое распознавание типа застройки для системы экологического мониторинга // Инженерный вестник Дона, 2020, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N1y2020/6266/.
16. ГОСТ Р 56162–2019 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу потоками автотранспортных средств на автомобильных дорогах разной категории; введ. 01.01.2020. — М.: Стандартинформ, 2019. — 16 с.
17. Сидоренко В. Ф. Теоретические и методологические основы экологического строительства. Волгоград: ВолгАСА, 2000. 200 с.
18. Приказ Минприроды России от 06.06.2017 N273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе». (Зарегистрировано в Минюсте России 10.08.2017 N47734).
19. Аброськин А. А. Динамическая система экологического мониторинга атмосферного воздуха для обеспечения экологической безопасности строительных объектов: дис. ... канд. техн. наук наук: 05.23.19. Волгоград, 2017. 142 с.
20. Сидоренко В. Ф., Игнатъев А. В., Аброськин А. А. Использование результатов мониторинга атмосферного воздуха в целях безопасного размещения строительных объектов // Инновации и инвестиции. 2020. № 3. С. 273–276.

© Игнатъев Александр Владимирович (alignat70@yandex.ru),
Чумаков Артем Владимирович (spleenfull@yandex.ru), Удо Идонэсит Этим.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Мамеев курган, г. Волгоград

ОБРАЗЦОВЫЙ АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Казаков Михаил Константинович

*Д.т.н., профессор, Гжельский государственный университет, г. Москва
vokazak.m@gmail.com*

EXEMPLARY ANALOG-TO-DIGITAL MEASURING DEVICE DC CONVERTER

M. Kazakov

Summary. The article describes an exemplary high-DC measuring Converter intended for use as a metrological device for checking stationary high-DC measuring converters without dismantling them on-site. The Converter is made on the basis of the Rogovsky belt (air transformer). During the measurement process, the Rogovsky belt from the initial closed state (when located outside the current line) is brought to the busbar package with the measured current until it is completely closed when the package is inside. The signal from the output of the belt is integrated, and it is shown that a voltage is formed at the output of the Converter, which is proportional to the measured current of the bus package.

Keywords: large direct current, measurement, measuring Converter, Rogovsky belt, integrator, comparator.

Аннотация. Описан образцовый измерительный преобразователь большого постоянного тока, предназначенный для использования в качестве метрологического устройства для проверок стационарных измерительных преобразователей больших постоянных токов без их демонтажа на месте эксплуатации. Преобразователь изготовлен на основе пояса Роговского (воздушного трансформатора). В процессе измерения пояс Роговского из начального замкнутого состояния (при расположении вне токопровода) подносится к пакету шин с измеряемым током до полного замыкания, когда пакет находится внутри. Сигнал с вывода пояса интегрируется, при этом показано, что на выходе преобразователя формируется напряжение, которое пропорционально измеряемому току пакета шин.

Ключевые слова: большой постоянный ток, измерение, измерительный преобразователь, пояс Роговского, интегратор, компаратор.

Большие постоянные токи (БПТ) свыше 100 кА используются в химической и металлургической промышленности, в частности, в системах электроснабжения электролизеров на алюминиевых заводах, и их измерение является актуальной задачей. При этом погрешности измерения не должны превышать 0,2...0,5%, что связано с требованиями ведения технологических процессов.

Для преобразования БПТ в измерительный сигнал используются измерительные преобразователи (ИП) тока, которые выпускаются рядом зарубежных фирм, в частности, Siemens (Германия), Halmar Electronics Corp. (США), а также несколькими малыми предприятиями в нашей стране. Такие ИП имеют ряд особенностей, что

связано с уникальностью исполнения цепей большого постоянного тока свыше 100 кА.

Во-первых, как правило, ИП реализуют бесконтактный способ измерения, который предполагает оценку значения тока по параметрам создаваемого им магнитного поля [1,2,4].

Во-вторых, большинство используемых ИП тока являются громоздкими и тяжелыми устройствами (они весят несколько сотен килограмм и более) и для них очень трудно использовать традиционные формы поверочных работ, которые основаны на временном изъятии приборов из эксплуатации и доставке их в соответствующие лаборатории. Тем более что сеть таких лабораторий от-

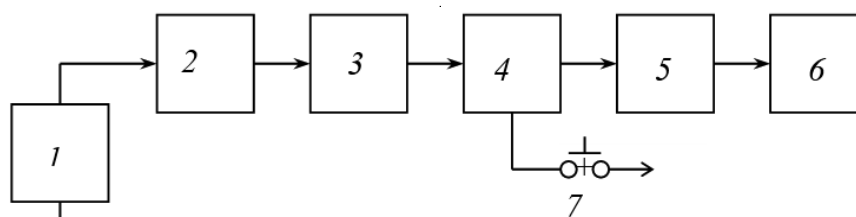


Рис.1. Структурная схема ИП тока

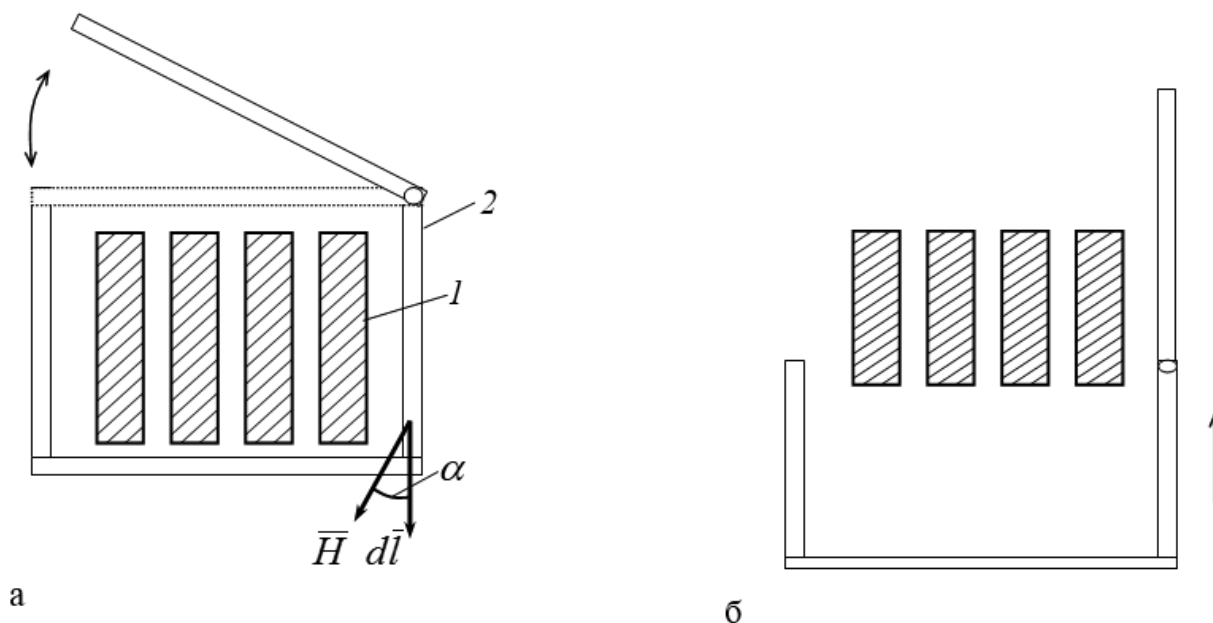


Рис.2. Пакет шин и пояс Роговского: при полном охвате пакета поясом (а); в процессе измерения тока (б)

существует. В России поверку таких ИП можно провести в Уральском научно-исследовательском институте метрологии и метрологической лаборатории при Братском алюминиевом заводе.

В-третьих, демонтаж стационарных ИП на длительное время часто недопустим вследствие непрерывности технологического процесса.

Поэтому очень актуальной является разработка и исследование переносных образцовых ИП тока, с помощью которых возможно было бы проведение поверок стационарных измерительных систем в рабочих условиях на месте эксплуатации последних.

Автором разработан переносной ИП для измерения БПТ на основе пояса Роговского [3] в виде обмотки, расположенной на разъемном неферромагнитном сердечнике, и интегратора напряжения, выполненного на операционном усилителе. На основе этой разработки был

создан образцовый ИП, погрешность которого, как показали испытания, не превысила 0,07%.

Недостатком такого ИП тока является трудность обеспечения стабильности характеристик аналоговых узлов, входящих в структуру устройства. С целью улучшения метрологических характеристик авторы разработали переносной аналого-цифровой ИП тока. Принцип действия ИП описан ниже.

Как показано на упрощенной структурной схеме (рис. 1), ИП содержит в качестве основных блоков: пояс Роговского 1, повторитель напряжения 2, масштабный усилитель 3, интегратор с время импульсным преобразованием (ВИП) 4, дешифратор 5, цифровой индикатор 6.

При полном охвате пакета шин с током I (рис. 2, а) поясом Роговского 2 (он представляет собой обмотку, намотанную на неферромагнитном сердечнике), на эле-

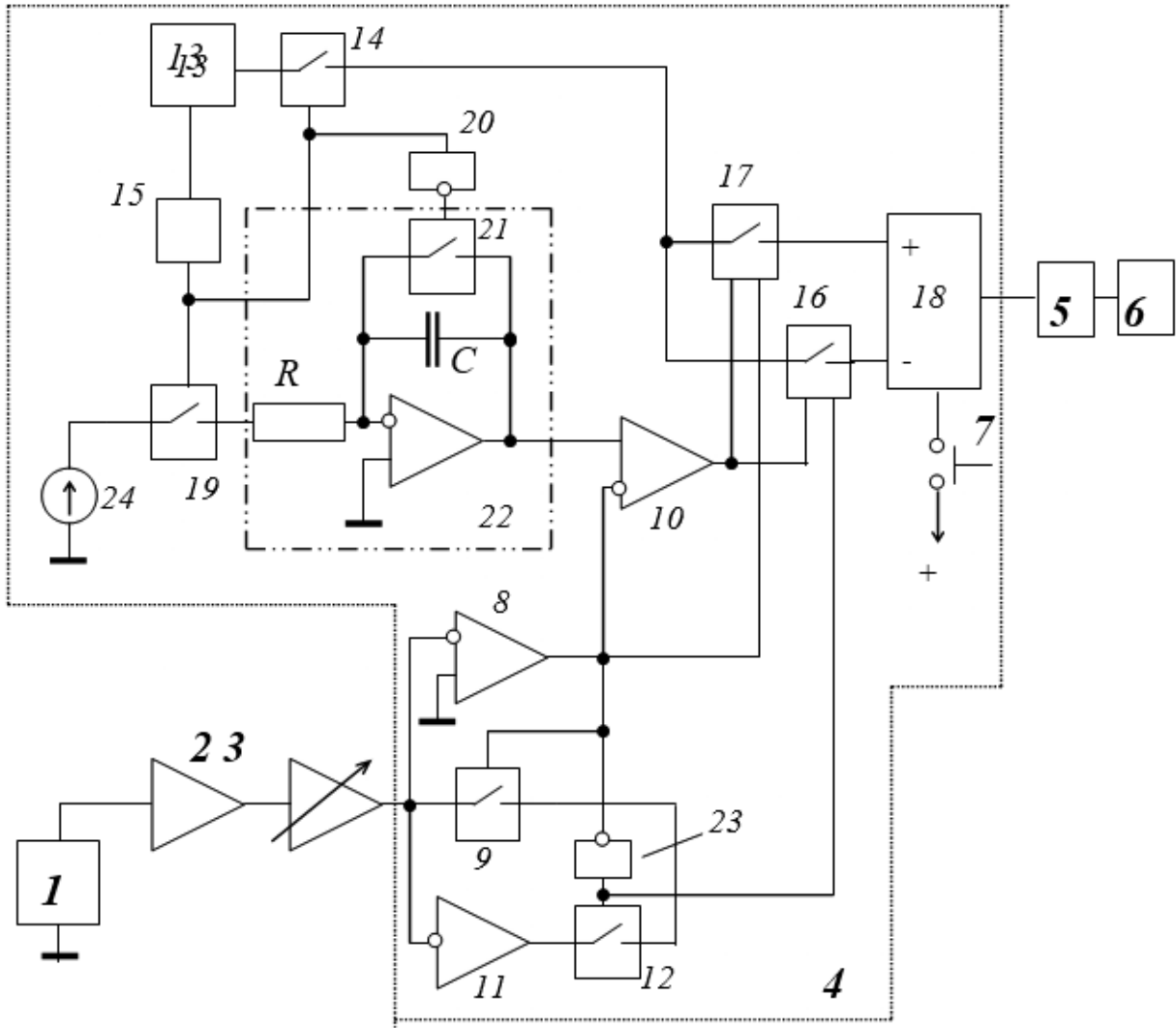


Рис.3. Схема образцового ИП тока с использованием время-импульсной модуляции

ментарном участке пояса dl потокосцепление $d\Psi$ определится уравнением

$$d\Psi = \mu_0 H S W \cos \alpha dl, \quad (1)$$

где W' — линейная плотность намотки витков пояса (число витков на единицу длины); l — осевая линия пояса Роговского, принимаемая за длину контура интегрирования; S — площадь сечения обмотки (площадь витка) пояса; α — угол между направлением векторов напряженности магнитного поля \vec{H} и $d\vec{l}$ (рис. 2, а); μ_0 — магнитная постоянная.

Полное потокосцепление на основании (1) и с учетом большого количества витков пояса определится выражением

$$\Psi = \mu_0 S W \int_l H \cos \alpha dl = \mu_0 S W I, \quad (2)$$

где на основании закона полного тока измеряемый ток

$$I = \oint H \cos \alpha dl.$$

При полном охвате поясом токопровода взаимная индуктивность между токопроводом и поясом на основании (2) определится выражением

$$M_{\max} = \frac{\Psi}{I} = \mu_0 S W. \quad (3)$$

Выражение (3) получено при условии, что размеры витка пояса малы по сравнению с размерами пакета шин и контура интегрирования (т.е. магнитный поток распределен равномерно по сечению витка).

В процессе измерения пояс Роговского из начального замкнутого состояния (при расположении вне токо-

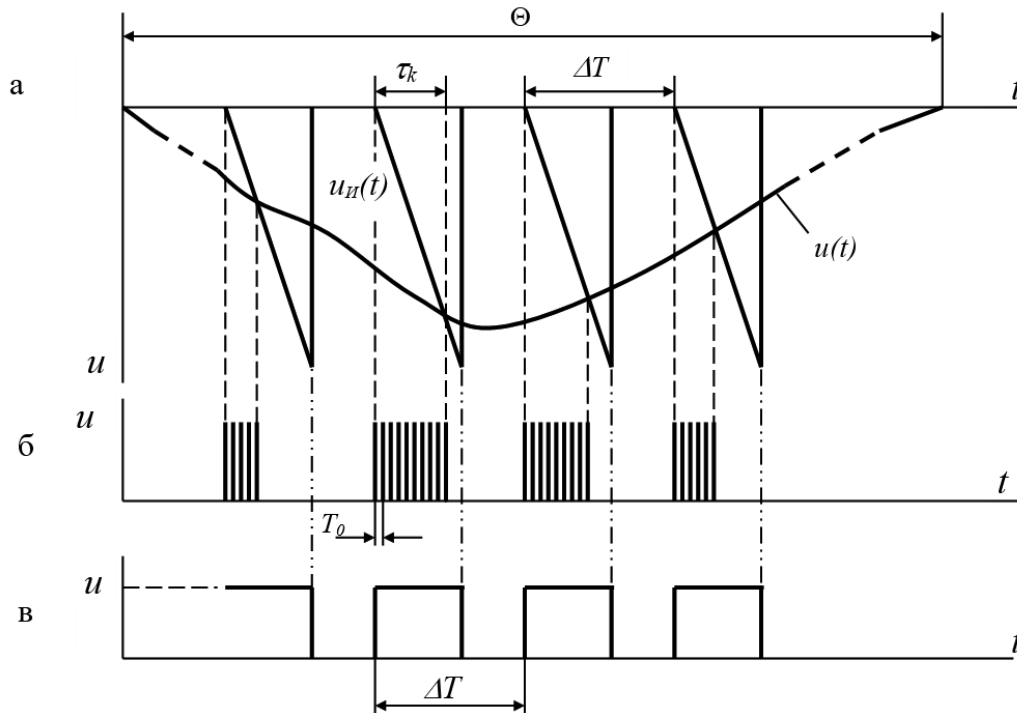


Рис.4. Диаграммы, поясняющие работу образцового ИП: преобразуемое аналоговое и развертывающее напряжения (а); импульсы на входе счетчика (б); импульсы на выходе делителя частоты (в)

провода) подносится к пакету шин (рис. 2, б) до полного замыкания, когда пакет находится внутри (рис. 2, а), при этом взаимная индуктивность M между пакетом и поясом меняется от нулевого до максимального значения. В итоге в обмотке пояса наводится ЭДС

$$e = -I \frac{dM}{dt}.$$

Эта ЭДС через повторитель напряжения 2 (рис. 1), который служит для исключения отбора мощности от пояса, что увеличивает полезный сигнал и снижает погрешности, поступает на вход масштабного усилителя 3. Его выходное напряжение $u(t)$ подается на вход интегратора с ВИП 4, в котором процесс интегрирования за время Θ измерения

$$I = \frac{1}{M_{\max}} \int_0^{\Theta} u(t) dt$$

заменяется суммированием дискрет u_k напряжения $u(t)$:

$$I = \frac{\Delta T}{M_{\max}} \sum_{k=1}^{n=\frac{\Theta}{\Delta T}} u_k, \quad (4)$$

где I — измеряемый ток; M_{\max} — взаимная индуктивность определяется выражением (3); ΔT — период

дискретизации (такт) напряжения $u(t)$; n — количество дискрет.

В интеграторе 4 (рис. 1) в каждом такте мгновенное значение напряжения преобразуется в количество импульсов с последующим суммированием с помощью счетчика, входящего в состав интегратора. Далее сигнал подается на дешифратор 5 и на цифровой индикатор 6. С помощью кнопки 7 производится сброс информации перед началом измерений.

На рис. 3 приведена более подробная схема ИП тока. На ней жирным шрифтом отмечены (теми же цифрами) блоки, представленные на рис. 1.

В интеграторе с ВИП 4, как следует из названия, используется время-импульсная модуляция, т.е. преобразование мгновенного значения напряжения в число импульсов, которые генерируются тактовым генератором 13. Процесс интегрирования с помощью такого интегратора осуществляется следующим образом.

При $t=0$ (начало измерения) напряжение $u(t)$ с выхода усилителя 3 поступает на неинвертирующий вход компаратора 10 через ключ 9, если напряжение $u(t)$ отрицательное, или через аналоговый инвертор 11 и ключ 12, если напряжение $u(t)$ положительное (бла-

годаря логическому инвертору 23 ключи 9 и 12 работают в противофазе). С этого момента, при замыкании ключа 19 и размыкании ключа 21 с помощью управляющего сигнала с делителя частоты 15 на вход аналогового интегратора 22 подается постоянное напряжение от стабильного источника 24. С выхода интегратора 22 напряжение подводится к неинвертирующему входу компаратора 10, с выхода которого подаются сигналы на включение ключей 16 и 17. Ключ 17 замыкается, если напряжение на выходе усилителя 3 отрицательное, а ключ 16, когда — положительное. При этом импульсы с тактового генератора 13 поступают на счетчик 18 (соответственно на суммирующий или на вычитающий входы). Дело в том, что напряжение $u(t)$ может изменяться по произвольному закону и иметь разные знаки, поэтому для правильной работы устройства необходимо обеспечить как суммирование импульсов, так и их вычитание.

На рис. 4, а показаны напряжение $u(t)$ напряжение на выходе масштабного усилителя 3 и развертывающее напряжение $u_H(t)$ на выходе аналогового интегратора 22, входящего в состав интегратора с ВИП 4. Поступление импульсов на вход счетчика 18 заканчивается, когда $u(t) = u_H(t)$, поскольку в этот момент с выхода компаратора 10 подается сигнал на отключение ключей 16 и 17. В итоге интервал времени τ_k (рис. 4, а), а следовательно, число импульсов, поступивших на вход счетчика 18 от генератора 13 (рис. 4, б), прямо пропорциональны мгновенному значению напряжения $u(t)$. Число вышеописанных тактов определяется периодом дискретизации $\Delta T = 1/f_\delta$, где f_δ — частота импульсов на выходе делителя частоты 15 (рис. 4, в). Во второй полупериод напряжения с выхода делителя частоты 15 ключ 21 замыкается, поэтому конденсатор интегратора 22 в этот интервал времени разряжается до нулевого значения. Отметим, что вход управления ключа 21 питается через логический инвертор 20, поэтому этот ключ работает в противофазе с ключом 19.

Суммированием сигналов за все время измерения в устройстве реализуется уравнение (4).

Для оценки влияния погрешностей, которые вносят основные элементы интегратора с ВИП 4, можно получить упрощенное уравнение преобразования аналогового напряжения $u(t)$ в число импульсов.

Выходное напряжение интегратора 22 равно

$$u_H(t) = -\frac{U_0}{RC} t,$$

где U_0 — напряжение источника 24, R и C — параметры аналогового интегратора 22.

В k -м такте работы напряжение на выходе интегратора 22 $u_H(t) = u_k$ (напряжение, снимаемое с выхода масштабного усилителя 3, а время $t = \tau_k$), поэтому интервал времени

$$\tau_k = \frac{u_k}{U_0} RC,$$

а число импульсов в k -м такте

$$m_k = \frac{\tau_k}{T_0} = \frac{u_k}{U_0} \cdot \frac{RC}{T_0}, \tag{5}$$

где T_0 — период тактовых импульсов генератора 13. Выражая из (5) u_k и подставляя полученную формулу в (4), можно записать, что

$$I = \frac{KT_0^2 U_0}{M_{\max} RC} \sum_{k=1}^{n=\frac{\Theta}{KT_0}} m_k, \tag{6}$$

где K — коэффициент деления частоты делителя 15. Формула (6) записана с учетом того, что $\Delta T = KT_0$.

Таким образом, как следует из (6), в рассматриваемом ИП тока на основе развертывающего преобразования одной функции необходимо обеспечить стабильность частоты тактового генератора 13 (параметр T_0), напряжения источника питания 24 (параметр U_0) и использовать прецизионные элементы R и C аналогового интегратора 22. Эти условия выполнить нетрудно.

Преимуществом используемого метода является то, что он позволяет в значительной степени снизить влияние смещения нулевого уровня операционного усилителя, входящего в состав аналогового интегратора 22. Кроме этого, достоинством такого ИП является также возможность использования прецизионных конденсаторов малой емкости в аналоговом интеграторе 22, что обеспечивает требуемую стабильность параметров элементов этого интегратора.

Проведены детальные исследования инструментальных погрешностей образцового ИП тока, которые вносит аналоговый интегратор, ключи, компараторы напряжения, а также погрешности, зависящей от соотношения частоты тактового генератора и частоты дискретизации (это соотношение определяется коэффициентом K деления частоты делителя 15 (см. рис. 3)). Например, погрешности аналогового интегратора обусловлены, в частности, реальными параметрами операционного усилителя: конечными значениями коэффициента усиления и входного сопротивления, не равного нулю выходного сопротивления, конечной скоростью нарастания выходного напряжения. Установлено, что наибольшую погрешность вносит компаратор, фиксирующий момент равенства аналогового

и развертывающего напряжений (компаратор I_0). Что касается коэффициента K , то он должен иметь значение не менее 3000. Отметим, что при увеличении частоты тактового генератора погрешность измерения тока снижается вследствие снижения погрешности квантования.

В целом проведенный анализ и испытания макета показали возможность снижения погрешностей измерения постоянного тока до 0,05%, что говорит о перспективности использования переносных аналого-цифровых ИП тока на основе пояса Роговского для проверок стационарных измерительных преобразователей класса 0,2 и ниже.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Ю.А., Абрамзон Г.В. Преобразователи тока для измерения без разрыва цепи. — Л.: Энергия, 1979.
2. Казаков М. К. Измерение больших постоянных токов без разрыва электрической цепи. — Ульяновск: УлГТУ, 1997.
3. Казаков М. К. Использование воздушного трансформатора в составе измерительных преобразователей тока в электроэнергетике // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — № 6–2, 2019. — С. 74–80.
4. Портной Г.Я. Датчики измерения тока и напряжения для систем автоматизации // Информатизация и Системы Управления в Промышленности. — 2011. — № 5(35). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://isup.ru/articles/16/1195/> свободный. (Дата обращения: 11.05.2020).

© Казаков Михаил Константинович (vokazak.m@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Гжельский государственный университет

ПРОБЛЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА КЛАСТЕРОВ В ЗАДАЧЕ КЛАСТЕРИЗАЦИИ КОНТЕКСТОВ

THE PROBLEM OF AUTOMATIC DETERMINATION THE NUMBER OF CLUSTERS IN THE CLUSTERING CONTEXTS TASK

**A. Kapitanov
V. Troyanovsky**

Summary. When solving the task of clustering contexts, we face to the problem of automatically determining the number of clusters. Clustering of contexts allows us to effectively solve the problem of homonymy, which in turn leads to an increase in the quality of several problems in computational linguistics. Using the example of the text document classification problem, we will try to calculate the required number of clusters to increase the percentage of recognized documents. In the course of work, based on the DBSCAN density algorithm, we were able to calculate the number of clusters, then, based on agglomerative hierarchical clustering, break down homonymous contexts into clusters and remove homonymy. After that, we checked the quality of classification based on the naive Bayesian classifier algorithm and made sure that the percentage of correctly recognized documents increased.

Keywords: hierarchical clustering, cluster analysis, classification, polysemy, DBSCAN.

Капитанов Андрей Иванович

Ассистент, Национальный исследовательский университет «МИЭТ»
andrey@kapitanov.me

Трояновский Владимир Михайлович

Д.т.н., профессор, Национальный исследовательский университет «МИЭТ»
troy40@mail.ru

Аннотация. При решении задачи кластеризации контекстов возникает проблема автоматического определения количества кластеров. Кластеризация контекстов позволяет эффективно разрешать проблему омонимии, что в свою очередь приводит к повышению качества ряда задач компьютерной лингвистики. На примере задачи классификации текстовых документов мы попытаемся вычислить необходимое количество кластеров для повышения доли распознанных документов. В ходе работы на основе плотностного алгоритма DBSCAN нам удалось вычислить количество кластеров, далее на основе агломеративной иерархической кластеризации разбить омонимичные контексты на кластеры и снять омонимию. После этого мы проверили качество классификации на основе алгоритма наивного байесовского классификатора и убедились в увеличении доли верно распознанных документов.

Ключевые слова: иерархическая кластеризация, кластерный анализ, классификация, полисемия, DBSCAN.

Введение

В настоящее время в связи с непрекращающимся ростом количества информации становится всё более актуальной задачи, связанные с обработкой естественного языка. В рамках данной работы мы не будем затрагивать задачи, связанные с обработкой речи, а остановимся только на обработке текстовой информации на естественном языке.

Важнейшим этапом решения таких задач является предварительная обработка текстовых данных. Идея данного этапа заключается в приведении текстового документа к единому формату, поиске термов (например, поиск морфем, именованных сущностей или устойчивых словосочетаний) и разрешении кореференций (определения, к каким частям текста относятся те или иные слова и обороты).

На данный момент не существует единого формата текстового документа, который мог бы эффективно использоваться для целого класса задач обработки текстовых документов. Существует ряд эмпирически выявленных рекомендаций, которые позволяют повысить качество обработки текстовых документов, например, снятие лексической многозначности [11, с. 74; 3, с. 382; 5, с. 27]. Такое решение позволяет отделить омонимичные слова друг от друга, что особенно важно для построения моделей языка и задач классификации на основе семантической близости.

В предыдущей работе [8, с. 1862] мы рассматривали кластеризацию контекстов как метод разрешения полисемии в задаче классификации текстовых документов. Однако ограничение размерности класса лежало полностью на разработчике, либо регулировалось вручную. В рамках данной работы мы рассмотрим метод автома-

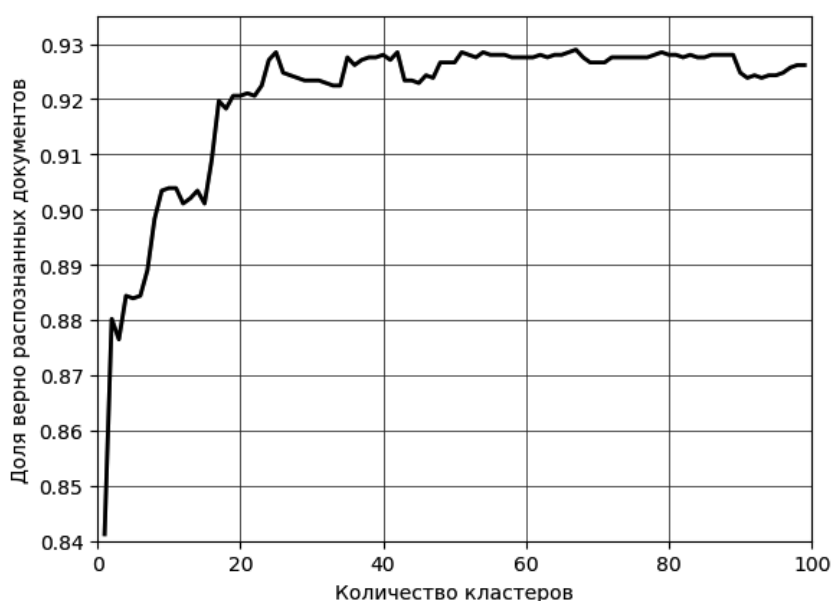


Рис. 1. Доля верно распознанных документов в зависимости от количества кластеров

тического определения размерности класса и сделаем оценку качества классификатора в зависимости от полученных кластеров.

Идентификация и обработка многозначных слов

Можно заметить, что большинство омонимичных слов имеют иерархическую структуру, например, более широкий контекст может быть уточнен различными узкими контекстами. Так, например, в предыдущей работе [8, с. 1864] мы рассматривали слово «звезда», которое имеет несколько широких контекстов, один из них — это «популярная личность», который в свою очередь разделяется на несколько подмножеств: «популярная личность в спорте», «популярная личность в кино», и т.д.

Исходя из данной структуры мы использовали агломеративную иерархическую кластеризацию [14, с. 58; 6, с. 24; 4, с. 41; 1, с. 115] с фиксированным количеством кластеров. Параметрами такой модели являлись: ширина окна, весовая функция, минимальная частота термов и размерность вектора. В качестве метода объединения точек для поиска ближайших кластеров был выбран Complete linkage — максимум попарных расстояний между точками из двух кластеров:

$$\max\{d(a,b) : a \in A, b \in B\} \quad (1)$$

Расстояние между точками определяется по формуле косинусной близости:

$$\text{sim} = \cos(\theta) = \frac{A \cdot B}{\|A\| \|B\|} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n B_i^2}} \quad (2)$$

Для того чтобы проанализировать влияние полисемии на качество классификации, необходимо выбрать некоторое множество документов, с которым мы будем работать. В качестве исходных данных возьмем информационные сообщения одного из крупнейших в мире международных агентств новостей и финансовой информации Reuters.

В качестве классификатора мы выбрали наивный байесовский классификатор, который можно использовать в режиме реального времени, благодаря простоте его реализации и скорости работы [13, с. 5; 2, с. 30; 15, с. 7]. В одной из предыдущих работ мы рассматривали проблему нулевой вероятности данного алгоритма и способы её решения [2, с. 30], в рамках данной работы мы будем брать классическую реализацию данного классификатора (модуль MultinomialNB библиотеки scikit-learn языка Python).

Для упрощения будем применять операцию снятия омонимии с помощью кластеризации контекстов только для одного омонимичного слова, например, для слова «пост». Отберем для классификатора только те документы, в которых присутствует данное омонимичное слово. Результаты классификации в зависимости от количества кластеров представлены на рис. 1.

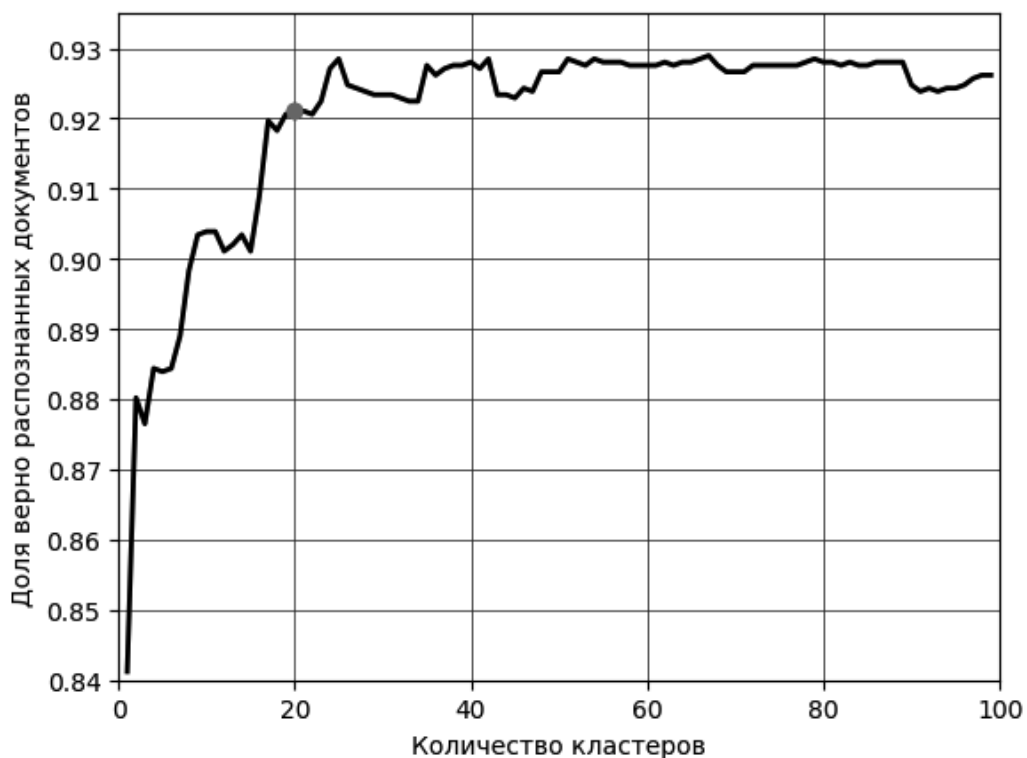


Рис. 2. Снятие омонимии для слова «пост».

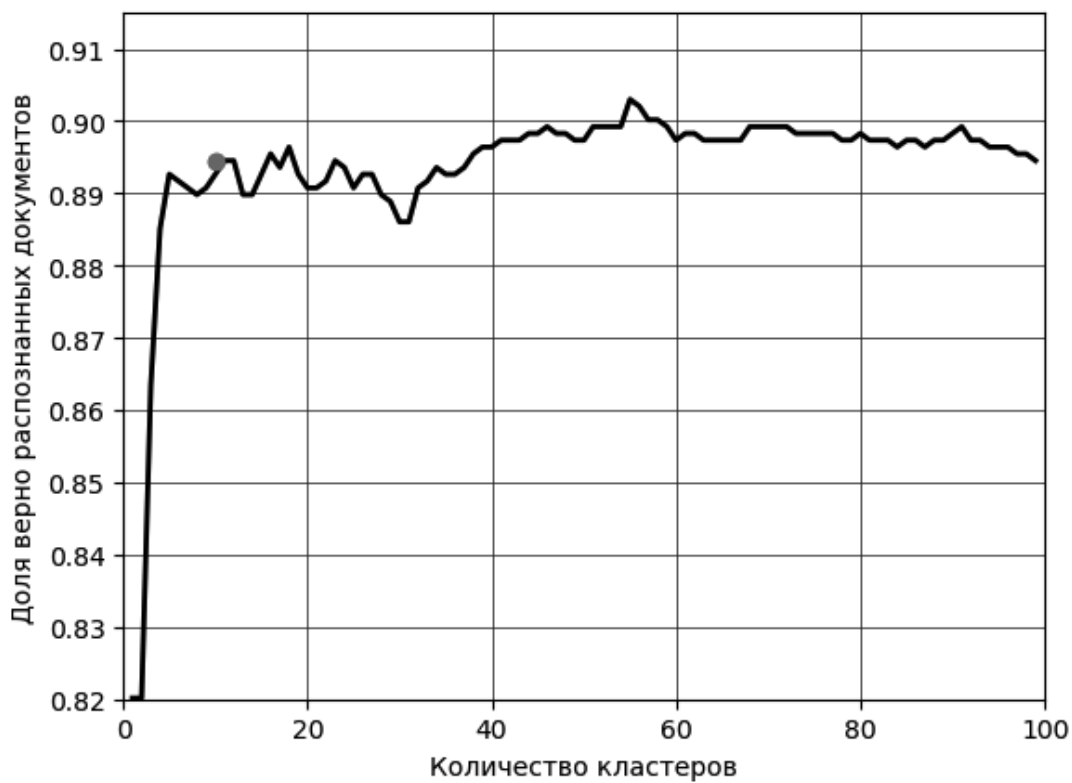


Рис. 3. Снятие омонимии для слова «звезда».

Доля верно распознанных документов:

- ◆ без кластеризации = 0,84;
- ◆ при разделении омонимичного слова на два кластера = 0,88;
- ◆ при разделении омонимичного слова на 66 контекстов = 0,928 (глобальный максимум).

Для иерархической кластеризации характерен визуальный анализ дендрограммы и определение по ней наиболее предпочтительного числа кластеров. Однако для автоматического определения количества кластеров необходимо использовать другие алгоритмы. В данной работе мы будем использовать один из наиболее популярных алгоритмов — DBSCAN. Он является плотностным алгоритмом для кластеризации пространственных данных с присутствием шума и позволяет разбивать данные на кластеры произвольной формы [7, с. 227; 9, с. 209; 10, с. 20]. На рис. 2 представлен результат определения количества кластеров на основе алгоритма DBSCAN.

Количество кластеров = 20.

Доля верно распознанных документов = 0,921.

Возьмем омонимичное слово «звезда» и повторим эксперимент. На рис. 3 представлен результат определения количества кластеров на основе алгоритма DBSCAN для слова «звезда».

Можно заметить, что автоматическое определение количества кластеров в задаче классификации текстовых документов хорошо находит локальный максимум, однако не гарантируется попадание в точку глобального максимума [12, с. 23]. Одной из причин является эвристический подход к заданию начальных параметров.

Заключение

В настоящей работе мы рассмотрели важную прикладную задачу классификации текстовых документов. С помощью автоматического снятия омонимии на основе кластеризации контекстов нам удалось повысить качество классификации. Однако перед нами стояла проблема в автоматическом определении количества кластеров. В ходе работы на основе плотностного алгоритма DBSCAN нам удалось вычислить количество кластеров, далее на основе агломеративной иерархической кластеризации разбить омонимичные контексты на кластеры и снять омонимию. После того как сняли омонимию, мы проверили качество классификации на основе алгоритма наивного байесовского классификатора. В результате среднее значение доли распознанных документов увеличилось на 7%. Также можно заметить следующие свойства:

- ◆ «бесконечное» увеличение контекстов не повышает качество классификации, а наоборот, приводит к его снижению;
- ◆ разбиение на небольшое количество кластеров даёт ощутимое повышение качества классификации.

Повышение качества классификации текстовых документов позволит эффективнее решать прикладные задачи компьютерной лингвистики, например, такие как: машинный перевод, информационный поиск, составление тематических каталогов и пр.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19–31–27001.

Acknowledgments: The reported study was funded by RFBR, project number 19–31–27001.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дударин П.В., Ярушкина Н. Г. Алгоритм построения иерархического классификатора коротких текстовых фрагментов на основе кластеризации нечеткого графа // Радиотехника. 2017. № 6.
2. Капитанов А. И. Проблема аддитивного сглаживания вероятностей наивного байесовского классификатора // Актуальные проблемы информатизации в науке и образовании — 2017. 10-я Всероссийская межвузовская научно-практическая конференция: тезисы докладов. М.: МИЭТ. 2017.
3. Кузнецов И. П. Организация семантико-ориентированных систем поиска и обработки информации // Системы и средства информ. 2006.
4. Ломакина Л.С., Родионов В. Б., Суркова А. С. Иерархическая кластеризация текстовых документов. // Системы управления и информационные технологии. 2012. № 2(48).
5. Марчук Ю. Н. Контекстное разрешение лексической многозначности. Вестник МГОУ. Серия: Лингвистика. 2016. № 1.
6. Яцкив И., Гусарова Л. Методы определения количества кластеров при классификации без обучения // Transport and Telecommunication. 2003. № 1.
7. A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial database / M. Ester, H.-P. Kriegel, J. Sander, X. Xu // Proc. 1996 Intern. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining. 1996.
8. A. Kapitanov, I. Kapitanova, V. Troyanovskiy, V. Ilyushechkin and E. Dorogova, "Clustering of Word Contexts as a Method of Eliminating Polysemy of Words," 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus). 2019.
9. Birant D., Kut A. ST-DBSCAN: an algorithm for clustering spatial-temporal data. Data & Knowledge Engineering. 2007. Vol. 60.

10. DBSCAN Revisited, Revisited: Why and How You Should (Still) Use DBSCAN / E. Schubert, J. Sander, M. Ester, H. P. Kriegel, X. Xu // ACM Trans. Database Syst. 2017. Vol. 42.
11. Krovetz R. Homonymy and Polysemy in Information Retrieval. // In Proc. of EACL '97 Proceedings of the eighth conference on European chapter of the Association for Computational Linguistics archive. 1997.
12. Kruzhilin, S., Baranova, T., Mishenina, M., & Zaitseva, M. (2018). Regional specificity creation of protective afforestations along highways. World Ecology Journal, 8(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.25726/NM.2018.2.2.003>
13. Lewis D. D. Naive (Bayes) at forty: The independence assumption in information retrieval // Proceedings of 10th European Conference on Machine Learning. 1998.
14. Revelle, W. Hierarchical Cluster Analysis and the Internal Structure of Tests // Multivariate Behavioral Research. 1979. Vol. 14.
15. Webb G.I., Boughton J. R., Wang Z. Not So Naive Bayes: Aggregating One-Dependence Estimators // Machine Learning. Springer. 2005. № 58.
16. Zelenyak, A., & Kostyukov, S. (2018). Features of the development of architectonics of crowns of bushes as a criterion of decorativeness in green building. World Ecology Journal, 8(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.25726/NM.2019.99.51.001>

© Капитанов Андрей Иванович (andrey@kapitanov.me), Трояновский Владимир Михайлович (troy40@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МНОГОКАНАЛЬНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БРИКЕТИРОВАННОГО ШИХТОВОГО МАТЕРИАЛА

MULTICHANNEL OPTICAL CONTROL SYSTEM FOR GEOMETRIC PARAMETERS OF BRIQUETTED CHARGE MATERIAL

**A. Kulchitskiy
D. Kashin**

Summary. The issue considered in this paper is related to the problem of quality control of briquetted metallurgical materials by volume-weight method. The article discusses and evaluates possible options for implementing contactless size control by a multi-channel system based on optical distance sensors. An analytical assessment of the accuracy is carried out taking into account the characteristics of modern technical means.

The analysis of factors affecting the accuracy of measurements for each of the methods is carried out.

Keywords: briquetted charge material, optical distance sensor, optical control, briquetting, volume-weight method.

Кульчицкий Александр Александрович
К.т.н., доцент, Санкт-Петербургский горный
университет, г. Санкт-Петербург
doz-ku@rambler.ru

Кашин Дмитрий Алексеевич
Аспирант, Санкт-Петербургский горный
университет, г. Санкт-Петербург
dmitrij.kashin.94@bk.ru

Аннотация. Рассматриваемый в данной работе вопрос связан с проблемой контроля качества брикетированных металлургических материалов объемно-весовым методом. В статье рассматриваются и оцениваются возможные варианты реализации бесконтактного контроля размеров многоканальной системой на основе оптических датчиков расстояния. Проведена аналитическая оценка точности с учетом характеристик современных технических средств.

Проведен анализ факторов, влияющих на точность измерений для каждого из методов.

Ключевые слова: брикетированный шихтовой материал, оптический датчик расстояния, оптический контроль, брикетирование, объемно-весовой метод.

Введение

Для многих отраслей металлургии, включая вторичное производство, на сегодняшний день актуальной задачей является контроль качества шихтового материала. Достаточно часто шихтовой материал подвергается брикетированию. Основным средством контроля на сегодняшний день служит визуальная оценка с выборочным разрушением, либо контроль может осуществляться по косвенным показателям после стадий переработки материала и его сортировки [1].

При этом, в связи с отсутствием методов сплошно-неразрушающего контроля существует потребность в новых методах для оперативной оценки состава брикетов и, в некоторых случаях, его целостности — формы.

Концепция сплошного контроля подразумевает наличие конвейера, на ленту которого помещаются брикеты, и средств контроля их параметров.

Для автоматизированной оценки геометрии брикетов предпочтительно использование оптических методов контроля ввиду достаточно высокой точности и возможности бесконтактного измерения.

Существуют различные варианты реализации оптических измерительных комплексов: системы технического зрения, лазерные сканеры, оптические датчики расстояния [2]. В настоящем исследовании предлагается к рассмотрению многоканальная активная система на базе оптических датчиков расстояния.

Для установления наиболее эффективного способа контроля необходимо произвести аналитическую оценку точности представленных методов с учетом особенностей возможной структуры и состава брикетированного шихтового материала. Необходимо учитывать реальный размер брикета, который составляет не менее 600×400×400 мм [3]. Точность контроля измерений объема должна составлять не менее 1%.

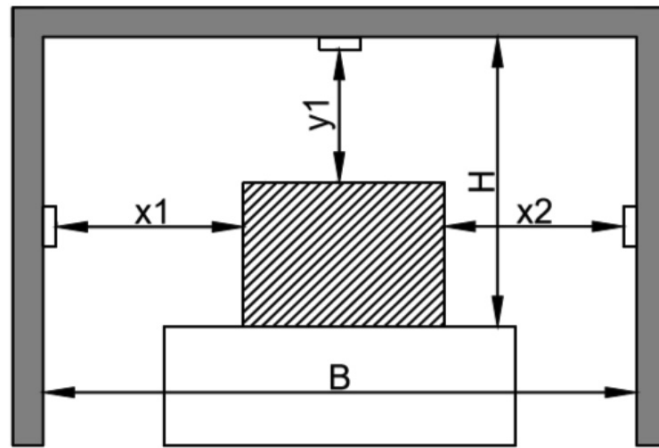


Рис. 1. Структурная схема измерительного комплекса из оптических датчиков расстояния

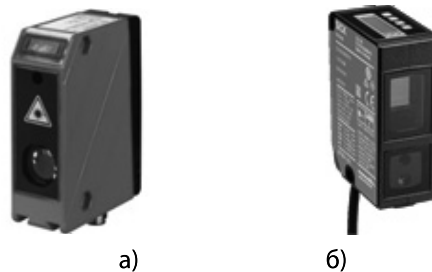


Рис. 2. Оптические датчики расстояния: а — Leuze ODSL 96B, б — Sick OD1000

Содержание исследования

Оценим возможную точность контроля металлургических брикетов при использовании системы их трех и более оптических датчиков расстояния. Система состоит из измерительной рамы, установленной поперек конвейерной ленты и размещенных на ней оптических датчиков расстояния (рис. 1). Боковые датчики служат для отслеживания ширины объекта, верхний датчик необходим для получения данных о его высоте. Для упрощения восприятия на рис. 1 показано по одному датчику на сторону. Значение объема брикета рассчитывается как результат суммированных элементарных объемов за каждый временной такт его прохождения сквозь рамку.

Точность контроля для подобной системы будет определяться следующими факторами:

- ◆ погрешность датчиков расстояния;
- ◆ количество датчиков расстояния, установленных на боковой и верхней части рамы;
- ◆ погрешность датчика скорости конвейерной ленты;
- ◆ погрешности измерительных каналов датчиков расстояния и скорости.

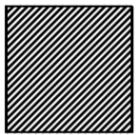
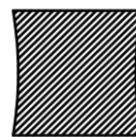
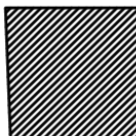
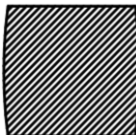

Помимо влияния точности датчиков следует учитывать такой фактор как неправильная форма брикета. Стороны брикета могут быть несимметричны при неравномерном усилии прессования. При транспортировке, процессе разгрузки форма брикета может быть так же нарушена, к примеру, при осыпании его краев.

На точность системы могут оказывать дополнительное влияние отражающие свойства материала, что обусловлено особенностями работы оптических датчиков расстояния. Для их минимизации следует использовать лазерные или триангуляционные датчики.

На сегодняшний день в промышленности существуют оптические датчики расстояния с точностью вплоть до долей мм [4–6]. В рассматриваемой системе расстояние от рамки, на которой предлагается размещать датчики, до поверхности брикета не превышает 600 мм. На рисунке 2 представлены подходящие по характеристикам датчики компаний Leuze и Sick. Точность измерений в диапазоне до 1000 мм составляет не менее 1 мм [8–9].

Для оценки относительной погрешности измерений для данной системы, а именно погрешности расчета объема V необходимо определить погрешность изме-

Таблица 1. Нарушения формы брикетов

Форма брикета	Площадь сечения эталонная $S_{сеч\ эт.}$ мм ²	Площадь сечения измеренная $S_{сеч\ изм.}$ мм ²		Относительная погрешность измерения $\delta, \%$	
		3 датчика	6 датчиков	3 датчика	6 датчиков
 Правильная	$1,6 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$	0,66	0,66
 Вогнутая (R=1200 мм)	$1,51363 \cdot 10^5$	$1,47 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^5$	3,54	1,56
 Параллелограмм	$1,6 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$	0,66	0,66
 Выгнутая (R=1200 мм)	$1,6719 \cdot 10^5$	$1,7 \cdot 10^5$	$1,679 \cdot 10^5$	2,45	1,08
 Осыпание краев (R=52 мм)	$1,58 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$	1,92	1,92

рения площади поперечного сечения брикета $S_{сеч}$ и погрешность определения базового значения расстояния, на которое перемещается брикет относительно измерительной рамки за такт счета.

Площадь поперечного сечения брикета определяется по формуле 1 как произведение ширины на высоту. Ширина при этом определяется как разность между значением расстояния В между датчиками и суммой расстояний x_1 и x_2 от датчиков до поверхности брикета. Высота определяется разностью между расстояниями Н и y_1 .

$$S_{сеч} = (B - (x_1 + x_2)) \cdot (H - y_1), \quad (1)$$

Расчет погрешности измерения площади поперечного сечения $S_{сеч}$ производится в соответствии с формулами для оценки относительной погрешности косвенных измерений (2).

$$\Delta S_{сеч} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2}{x_1 + x_2} + \frac{\Delta y_1}{y}, \quad (2)$$

где: $\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta y_1$ — относительные погрешности измерений датчиков.

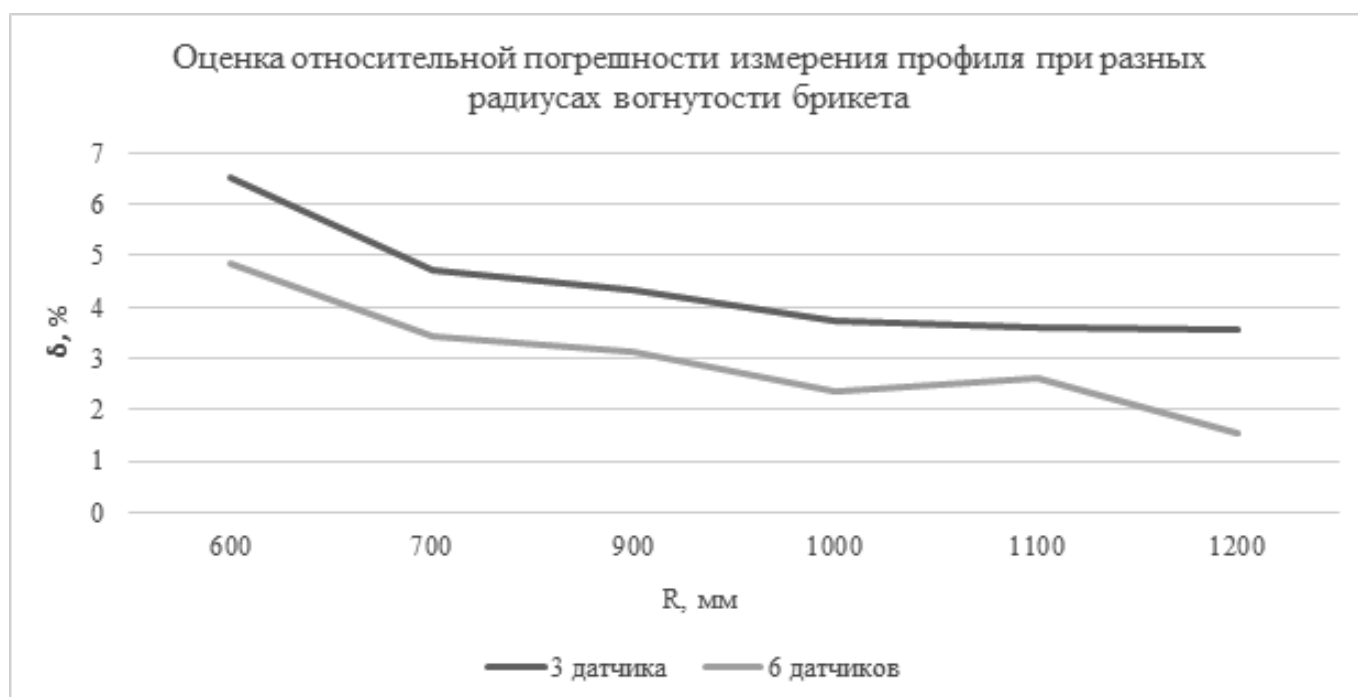


Рис. 3. Относительное изменение измеренной площади при вогнутости брикета.

В соответствии с формулой 2 относительная погрешность определения площади $S_{сеч}$ составила 0,66% при заданной точности определения расстояния в 0,1%.

Для расчета объема при вычислении значения базового расстояния n , проходимого брикетом за такт счета i , используются показания датчика скорости V_c . Таким образом, значение n прямо пропорционально скорости перемещения брикета

Для современных конвейерных линий наиболее широко применяются индуктивные датчики, точность которых может составлять до 0,5%.

Возможен вариант введения системы из двух барьерных датчиков и определения скорости перемещения по временному интервалу между регистрацией датчиками брикета. С учетом времени опроса подобных датчиков не более 10 мс данная система может увеличить точность определения расстояния n .

В соответствии с формулой расчета площади сечения $S_{сеч}$ (2) можно оценить относительную погрешность определения объема брикета V .

$$\Delta n = \frac{\Delta V_c}{V}, \quad (3)$$

$$\Delta V = \frac{\Delta S_{сеч}}{S_{сеч}} + \frac{\Delta n}{n}, \quad (4)$$

Для оценки влияния формы брикета на результат измерения поперечного сечения необходимо определить возможные виды нарушений формы брикета и определить относительную погрешность измерения.

В таблице приведены рассчитанные значения относительных погрешностей измерений площадей сечений для различных форм брикета. Расстояния B и H (в соответствии с рис. 1) принято равным 1000 мм соответственно, сечения брикета (при правильной форме) — 400×400 мм. При расчете относительных погрешностей присутствует постоянная составляющая, обусловленная точностью датчиков в 1мм. При расчетах с измененными формами погрешность определяется как сумма относительной погрешности площади и погрешность измерения датчиками.

Для повышения точности контроля возможно использование большего количества датчиков. Представлены расчеты относительной погрешности для системы из трех и шести датчиков (по 2 датчика с каждой стороны измерительной рамки). Площадь сечения для системы с 6 датчиками будет определяться по формуле (5) с усредненным по двум значениям показателям высоты и ширины брикета:

$$S_{сеч} = \frac{((B-(x1+x2))+(B-(x3+x4)))}{2} \cdot \frac{((H-y1)+(H-y2))}{2} \quad (5)$$

где: x_3 и x_4 — показатели для дополнительной пары датчиков в горизонтальной плоскости, y_2 — в вертикальной плоскости.

По результатам расчетов, очевидно, что при неправильной форме брикетов рассматриваемая система с тремя датчиками не в состоянии обеспечить приемлемую точность оценки геометрии (не менее 1%).

Наиболее часто встречающимися на производстве дефектами являются выгнутые и вогнутые формы брикетов. На рисунке 3 представлены графики зависимости изменения относительной погрешности измерения площади объекта при различных радиусах вогнутости и выгнутости брикета для двух приведенных многоканальных точечных систем.

Система с шестью датчиками в значительной мере (более чем в два раза) позволяет учесть изменение объема при выпуклой и вогнутой форме объекта за счет усреднения результатов измерений для каждой стороны.

Однако в случае осыпания краев у брикета становится невозможной корректная оценка площади поперечного сечения для любой из рассмотренных систем.

Заключение

Установлено, что использование системы с тремя оптическими датчиками позволяет контролировать брикетированных материалов правильной формы с заданной погрешностью. Однако, при существенном отклонении формы брикета от правильной, точность контроля превышает требуемый показатель в 1%. Увеличение количества датчиков до 6 позволяет, в значительной степени, решить проблему обеспечения заданной точности.

Для контроля осыпания краев брикета использование многоканальной системы с точечным контролем проблематично. Решение данной проблемы возможно при применении систем технического зрения, так как подобные системы позволяют определять сплошные контуры объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Capuzzi, S.; Timelli, G. Preparation and Melting of Scrap in Aluminum Recycling: A Review. *Metals* 2018, 8, 249.
2. Гужов В. И. Методы измерения 3D-профиля объектов. Контактные, триангуляционные системы и методы структурированного освещения: учеб. пособие /. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015. — 82 с.
3. ГОСТ 1639–2009 «Лом и отходы цветных металлов и сплавов. Общие технические условия».
4. Molleda, J.; Usamentiaga, R.; Garcia, D. On-Line Flatness Measurement in the Steelmaking Industry. *Sensors* 2013, 13, 10245–10272.
5. United States Patent US5606534A. Laser-based dimensioning system/ Bradley J. StringerMichael K. Elwood. Publication date 25.021997
6. Garry Berkovic and Ehud Shafir, "Optical methods for distance and displacement measurements," *Adv. Opt. Photon.* 4, 441–471, 2012.
7. Malheiros, Paulo, José Gonçalves, and Paulo Costa. "Towards a More Accurate Infrared Distance Sensor Model." *Diss. U of Porto*, 2009.
8. Официальный сайт компании Сенсорика. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.sensorica.ru/> (Дата обращения 28.04.2020 г.)
9. Сайт компании Sick [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.sick.com/ru> (Дата обращения 28.04.2020 г.)
10. Сарвин А.А., Кульчицкий А. А., Наумова А. К. Оптические методы бесконтактных измерений линейных перемещений. СПб.: Изд-во СЗТУ, 2011. 195 с.
11. А.Н. Андреев, Е. В. Гаврилов, Г. Г. Ишанин, И др. Оптические измерения: учеб. пособие. — М.: Логос, 2012. — 416 с.

© Кульчицкий Александр Александрович (doz-ku@rambler.ru), Кашин Дмитрий Алексеевич (dmitrij.kashin.94@bk.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АНАЛИЗ И КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И СПОСОБОВ ВЫЯВЛЕНИЯ ИНКАПСУЛИРОВАННЫХ ПАКЕТОВ TCP/IP-ТРАФИКА

Макуха Максим Юрьевич

Преподаватель, Краснодарский университет МВД
России

mmkrdu@yandex.ru

Клюев Станислав Геннадьевич

К.т.н., доцент, Краснодарское высшее военное
училище

s.g.klyuev@mail.ru

ANALYSIS AND EFFICIENCY CRITERIA OF MODERN METHODS AND TECHNIQUE FOR DETECTING ENCAPSULATED TCP/IP TRAFFIC PACKETS

**M. Makukha
S. Klyuev**

Summary. One of the main methods of covert transmission of information from an attacked network is encapsulation within the existing network Protocol. Therefore, we consider the detection of encapsulated protocols to be an important direction for government agencies and civil organizations seeking to prevent the loss of valuable information. The paper considers modern methods and methods of organizing network protection, their advantages and disadvantages are noted. On the basis of the conducted research, efficiency criteria were proposed. The purpose of this study is a comparative analysis of methods and methods for detecting encapsulated TCP/IP traffic packets, as well as determining the criteria for their effectiveness for further use in network security systems and tools. The materials of this work are of theoretical value for further research in this field.

Keywords: methods for detecting abuse, methods for detecting anomalies, knowledge-based methods, behavioral methods, data mining methods.

Аннотация. Одним из основных способов скрытой передачи информации из атакованной сети является инкапсулирование в рамках существующего сетевого протокола. Поэтому мы считаем обнаружение инкапсулированных протоколов важным направлением для государственных органов и гражданских организаций, стремящихся предотвратить потерю ценной информации. В работе рассматриваются современные способы и методы организации сетевой защиты, отмечены их достоинства и недостатки. На основе проведенного исследования были предложены критерии эффективности. Цель данного исследования — сравнительный анализ способов и методов выявления инкапсулированных пакетов TCP/IP трафика, а также определение критериев их эффективности для дальнейшего применения в системах и средствах сетевой защиты. Материалы работы представляют теоретическую ценность для дальнейших исследований в данной области.

Ключевые слова: Методы обнаружения злоупотреблений, методы обнаружения аномалий, методы на основе знаний, поведенческие методы, методы интеллектуального анализа данных.

Актуальность исследования определена тем, что в настоящее время к глобальной сети Интернет подключено более четырех с половиной миллиардов уникальных пользователей [1]. Подключение к сети открывает широкие возможности, например, позволяет банкам, магазинам и другим сервисам работать круглосуточно, давая клиентам возможность получения доступа к их услугам со своих устройств, таких как мобильные телефоны или планшеты. Однако, помимо больших возможностей, подключение к глобальной сети Интернет, также создает риски для безопасности корпоративных сетей. Даже устройства, косвенно подключенные к Интернету потенциально уязвимы, например, узлы, скрытые за устройствами безопасности. Несмотря

на значительный прогресс в защите устройств и сетей от атак, существующие механизмы защиты несовершенны. Совокупность подключенных к защищаемой сети уязвимых устройств и устройств, на которых хранится/обрабатывается ценная информация обеспечивает благоприятные условия для реализации атаки Advanced Persistent Threat которая направлена на компрометацию сетей, принадлежащих государственным органам или коммерческим организациям с целью кражи информации.

Согласно докладу о глобальных рисках Всемирного экономического форума 2019 года, кибер-атаки занимают пятое место в списке глобальных рисков, с которыми

сталкивается каждая организация, что приравнивается к стихийным бедствиям [2].

В соответствии со статистикой «Лаборатории Касперского», в 2019 году в мире на 72% возросло число пользователей, атакованных программами для кражи паролей, что составляет почти два миллиона пользователей. Данные анонимизированной статистики были собраны на основе срабатывания решений «Лаборатории Касперского» за 2019 год [3].

В период с 2013–2015 годы группировкой Carbanak было атаковано более 300 IP-адресов почти в 30 странах мира и похищено в общей сложности порядка миллиарда долларов у десятков банков по всему миру. [4]

Эти и многие другие примеры показывают, что поддержание безопасности компьютерной сети на высоком уровне достаточно нетривиальный процесс. Это обусловлено уязвимостями программного обеспечения, а также несоблюдением оптимальных политик безопасности корпоративных сетей. Специалисты по сетевой безопасности вынуждены предполагать, что в конечном итоге злоумышленник сможет скомпрометировать их сеть. Исходя из этого задачей специалиста по сетевой безопасности, помимо предотвращения компрометации сети, является минимизация ущерба вследствие ее компрометации. На основе чего предпринимаются меры по обнаружению необычной активности, например, кражи информации из сети.

Как правило, атаки на сеть проводятся удаленно и для передачи полученной информации из сети жертвы злоумышленники применяют распространённый метод передачи украденной информации посредством туннелирования протоколов. Сущность метода заключается в инкапсуляции сообщений протокола некоторого уровня сетевой модели передачи данных в сообщения прикладного уровня стека TCP/IP, в результате чего средства защиты игнорируют неразрешенные протоколы, так как обрабатывают только внешний протокол, который как правило разрешенный, что приводит к реализации угрозы безопасности информации, а также указывает на неэффективность средств сетевой защиты к такому методу обхода защиты. Исходя из изложенного, проведение анализа и определение критериев эффективности современных методов и способов выявления инкапсулированных пакетов TCP/IP-трафика является актуальным.

Отечественными и зарубежными учеными проводятся активные научные исследования в области разработки методов и способов предотвращения сетевых угроз. В научных трудах Киселева П.Л., Гамаюнова Д. Ю., Ушакова Д.В., М. Mahoney, Р.К. Chan [5–8] описываются основы обеспечения сетевой безопасности и принципы работы

средств и систем сетевой защиты, однако не в полной мере рассмотрены способы и методы выявления инкапсулированных пакетов TCP/IP-трафика.

В общем виде системы обнаружения вторжений можно классифицировать по следующим признакам:

1. По способу реагирования:
 - ◆ активные;
 - ◆ пассивные.
2. По методу обнаружения атак:
 - ◆ системы обнаружения злоупотреблений;
 - ◆ системы обнаружения аномалий.
3. По способу сбора информации об атаке:
 - ◆ сетевые (network-based IDS, NIDS);
 - ◆ узловые (host-based IDS, HIDS).

В целях обеспечения контроля за нарушением безопасности сетей используются системы обнаружения вторжений типа (Intrusion Detection Systems) и системы предотвращения вторжений (Intrusion Prevention Systems). Системы IDS предназначены для обнаружения вредоносной активности в режиме реального времени и оповещении о ней сотрудников, ответственных за информационную безопасность, различными способами, например, письмом на электронную почту или отправкой SMS-сообщения на мобильный телефон. В результате чего сотрудники могут предпринять соответствующие меры по минимизации последствий обнаруженной вредоносной активности. Такие системы предназначены для пассивного мониторинга сетевого трафика. Преимуществом данных систем является то, что решение о блокировке трафика принимается оператором, однако, применение подобных систем предполагает наличие следующих недостатков: значительные трудозатраты и низкая оперативность в принятии решения.

К активным системам обнаружения вредоносной активности относятся системы предотвращения вторжений (IPS), которые автоматически предотвращают атаки, производя фильтрацию вредоносного трафика. Главными преимуществами являются: обеспечение своевременной защиты организации от проникновения, а также оптимизация деятельности оператора на принятие решения. В случае определения легитимного трафика как вредоносного и его блокирования IPS рискуют вызвать отказ в обслуживании (DoS), что является недостатком рассматриваемых систем.

Для проведения анализа и определения критериев эффективности методов выявления инкапсулированных пакетов TCP/IP-трафика из существующих методов выявления атак на системы распределенной обработки данных для проведения дальнейших исследований были отобраны методы обнаружения аномалий и методы обнаружения злоупотреблений.

Методы обнаружения злоупотреблений

Коммерческие устройства сетевой безопасности обычно используют метод обнаружения вторжений на основе сигнатур для сопоставления трафика с шаблоном известных атак и как следствие, они выполняют обнаружение злоупотреблений. Выбор данного подхода обуславливается достижением современными устройствами относительно низкого уровня ложных срабатываний при обнаружении атак. Некоторые NIDS выполняют глубокую проверку пакетов с отслеживанием трафика для извлечения файлов, отправленных по сети, а затем анализируют файлы с помощью сигнатур, что способствует снижению нагрузки и повышению точности обнаружения. Несмотря на это, системы обнаружения злоупотреблений обладают рядом ограничений:

1. *Ранее неизвестные типы атак.* Обнаружение ограничивается «известным вредоносным» трафиком. Злоумышленники могут обойти систему обнаружения злоупотреблений созданием нового вредоносного программного обеспечения, а также использованием уязвимости нулевого дня (0 day). Также к новому вредоносному программному обеспечению можно отнести существующие варианты вредоносного программного обеспечения, которые поддерживают методы полиморфизма и метаморфизма.
2. *Обфускация.* Злоумышленники могут избежать обнаружения путем разбиения, кодирования и шифрования трафика.
3. *Промежуток до создания сигнатур для новых угроз.* Средства обнаружения злоупотреблений основаны на использовании сигнатур, которые могут быть созданы только после того, как вредоносное программное обеспечение будет впервые обнаружено и изучено. Вероятнее всего, сигнатуры будут разрабатываться только для популярного вредоносного программного обеспечения, разработанного индивидуально под определенную атаку и организацию. Также средствам обнаружения злоупотреблений постоянно необходимо обновление баз сигнатур.

К классу методов обнаружения злоупотреблений относятся методы на основе знаний, методы вычислительного интеллекта и методы машинного обучения.

К методам на основе знаний относятся: сигнатурный метод, языки описания сценариев, конечные автоматы, сети Петри, экспертные системы и метод проверки на модели. Основой работы данных методов является обнаружение атак по заданным признакам. Далее

рассмотрим некоторые методы, относящиеся к данной группе.

Сигнатурные методы основаны на сравнении текущего состояния системы с образцом и проверке соответствия наблюдаемых событий с заданным множеством сигнатур атак. К преимуществу сигнатурного метода можно отнести низкое число ложных срабатываний так как производится идентификация с базой сигнатур и выявление полного соответствия существующим атакам. Недостатком метода является отсутствие возможности детектирования неизвестных атак и высокие требования к вычислительной мощности системы обнаружения для использования баз сигнатур большого объема.

Экспертные системы основаны на формализации знаний специалистов-экспертов в набор правил, на основании которых система принимает решение о наличии или отсутствии атаки. В общем виде правило представляет из себя конструкцию if-then, то есть, когда выполняются все условия, описанное в левой стороне правила, выполняются действия, описанные в правой стороне правила, которые могут активировать большое количество правил или идентифицировать возникновение вторжения.

Основным недостатком экспертных систем является то, что с помощью правил записанных в базу знаний системы отсутствует возможность выявления атак, не описанных правилами, хранящимися в данной базе. Из этого вытекает ряд недостатков, связанных с зависимостью системы от полноты базы, а также с ее обслуживанием и быстродействием системы в целом. Значительное влияние на эффективность данных систем оказывает компетентность экспертов, описывающих правила, которые будут эффективны в зависимости от квалификации эксперта.

Исходя из недостатков систем обнаружения злоупотреблений становится понятно, что применение данного метода для выявления инкапсулированных пакетов TCP/IP-трафика не имеет смысла, так как туннелированный трафик будет идентифицирован системой как разрешенный.

Методы обнаружения аномалий

В отличие от систем обнаружения злоупотреблений системы обнаружения аномалий имеют ряд преимуществ, которые заключаются в обнаружении новой, ранее неизвестной активности и, следовательно, в способности обнаружения атак нулевого дня, не требуя их описания в шаблоне атак. Системы обнаружения аномалий также подходят для обнаружения обфускации и не зависят от времени создания баз сигнатур для

новых угроз. Иными словами, ограничения свойственные системам обнаружения злоупотреблений на них не распространяются. Это вызвано принципом работы данных систем, который заключается в моделировании «нормальной» активности сети, а затем определением любого последующего трафика, не соответствующего модели, как аномального и потенциально вредоносного.

Современные системы обнаружения аномалий также имеют ряд недостатков, основным из которых является высокий уровень ложного обнаружения, которые происходят, когда неестественный для сети, но «нормальный» определяется как «аномальный». Это вызвано неполной моделью трафика. Ложные обнаружения также могут возникать при изменении трафика, например, при подключении к сети новых узлов или сервисов.

К методам обнаружения аномалий можно отнести:

1. *Поведенческие методы.* Основаны на сравнении «нормального» состояния системы с состоянием наблюдаемого поведения.
2. *Методы машинного обучения.* Применяются как в системах обнаружения злоупотреблений, так и в системах обнаружения аномалий, учитывая, что в основе данных подходов, в качестве обучающей выборки, лежит применение шаблонов «нормального» трафика и аномального поведения. Преимуществом методов машинного обучения является возможность вычисления условных вероятностей наступления угрозы посредством оценки вероятностных отношений между рассматриваемыми событиями.
3. *Методы вычислительного интеллекта:* нейронные сети, генетические алгоритмы, нечетная логика, иммунные системы, метод опорных векторов, роевые алгоритмы.

Методы машинного обучения и вычислительного интеллекта также можно отнести к интеллектуальному анализу данных.

К *поведенческим методам* относятся вейвлет-анализ, статистический анализ, анализ энтропии, спектральный анализ, фрактальный анализ и кластерный анализ. Данная группа методов направлена на выявление атаки посредством построения нормальной работы системы и выявлении отклонений от нее. К недостаткам систем, использующих данный подход, стоит отнести наличие ложных срабатываний, а также временные затраты на формирование модели нормальной активности системы или пользователей, что в свою очередь является решающим фактором в отказе от данных систем нарушений безопасности в сети. Далее рассмотрим некоторые методы, относящиеся к данной группе.

Статистический анализ является основополагающим методом обнаружения аномалий. Стоит отметить, что важную роль в системах обнаружения вторжений, основанных на статистическом анализе, играет выбор параметров, указывающих на отличия нормального трафика от аномального.

Недостатком данного метода является наличие ложных срабатываний, а также пропуски атак, что обусловлено неполным или избыточным описанием модели «нормального» состояния системы.

Преимуществом статистических систем является способность выявления ранее неизвестных атак.

Анализ энтропии. Суть метода заключается в построении модели, которая максимизировала бы значение энтропии. Для обнаружения аномалий в [9] энтропию конечной последовательности данных измеряют преобразованием этой последовательности в двоичную форму с последующим применением к ней алгоритмов сжатия. Величина энтропии в последовательности данных будет равна размеру сжатого таким образом объекта.

Методы машинного обучения наряду с системами вычислительного интеллекта применяются как при обнаружении аномалий, так и обнаружении злоупотреблений, так как данные методы используют для обучения сведения о нормальном и аномальном поведении в сети.

Методы машинного обучения могут использоваться для построения детальной модели нормального трафика основываясь на данных наблюдаемого трафика, в отличие от моделей, заданных экспертами и включающих только ожидаемый трафик, который может быть неполным или неправильным.

Применение методов машинного обучения для обнаружения злоупотреблений может расширить возможности по обнаружению посредством выявления деятельности аналогичной известному нарушению без необходимости точного описания таковой.

При расследовании инцидентов вторжения в сеть используются значительные ресурсы, определяющие степень поражения посредством изучения журналов узлов и сети экспертами. Однако, ни одна организация не будет инвестировать ресурсы на ежедневный мониторинг журналов в ожидании выявления новой атаки. Вместо этого сотрудники безопасности отслеживают предупреждения системы безопасности, основанные на выявлении злоупотреблений и ситуаций реагирования на них системами безопасности. Данный подход не может обеспечить должного уровня безопасности

Таблица 1. Результаты анализа методов обнаружения вторжений и критерии их эффективности.

Критерии Методы	Выявление ранее неизвестных атак	Противодействие обфускации	Зависимость от полноты и правильности базы сигнатур	Адаптивность	Способ сбора информации об атаке
Методы на основе знаний	-	-	+	-	Сетевые; Узловые
Поведенческие методы	+	+	-	+	Сетевые; Узловые
Методы интеллектуального анализа данных	+	+	-	+	Сетевые; Узловые

и уступает активному, который заключается в поиске угроз и предотвращении или уменьшении ущерба. Стоит отметить, что активный подход обладает значительным недостатком, который проявляется в привлечении большого числа опытных сотрудников. Этот недостаток можно компенсировать за счет повышения уровня автоматизации применением методов машинного обучения.

На основе проведенного исследования были сформулированы критерии эффективности методов выявления инкапсулированных пакетов TCP/IP-трафика. В таблице 1 приводятся результаты сравнительно анализа.

Из результатов анализа следует, что для выявления инкапсулированных пакетов TCP/IP-трафика наиболее эффективными являются методы интеллектуального анализа данных и поведенческие методы. Для обеспечения надлежащей защиты наиболее предпочтительными являются методы машинного обучения. Основными преимуществами данных методов являются: независимость от времени для создания новых баз сигнатур, способность выявления атак с применением обфускации, а также выявление ранее неизвестных атак.

Стоит отметить существование ряда сложностей применения методов машинного обучения для безопасности компьютерной сети, основным из которых является отсутствие возможности применения сетевого трафика непосредственно в качестве входных данных.

Также к специфичным сложностям применения машинного обучения для обеспечения безопасности компьютерной сети относятся:

- ◆ большой объем сетевого трафика;
- ◆ вредоносный трафик составляет лишь небольшую часть общего трафика;
- ◆ использование готовых наборов данных для обнаружения вторжений, таких как KDD-Cup 99, DARPA 1998/99 [10, 11] и т.д., на сегодняшний день не актуально в связи с их устареванием;
- ◆ сложность получения точно классифицированных данных обучения;
- ◆ разнообразие и развитие сетевого трафика.

Из перечисленных сложностей применения методов машинного обучения следует необходимость разработки автоматизированной среды идентификации и классификации угроз обеспечения безопасности компьютерной сети.

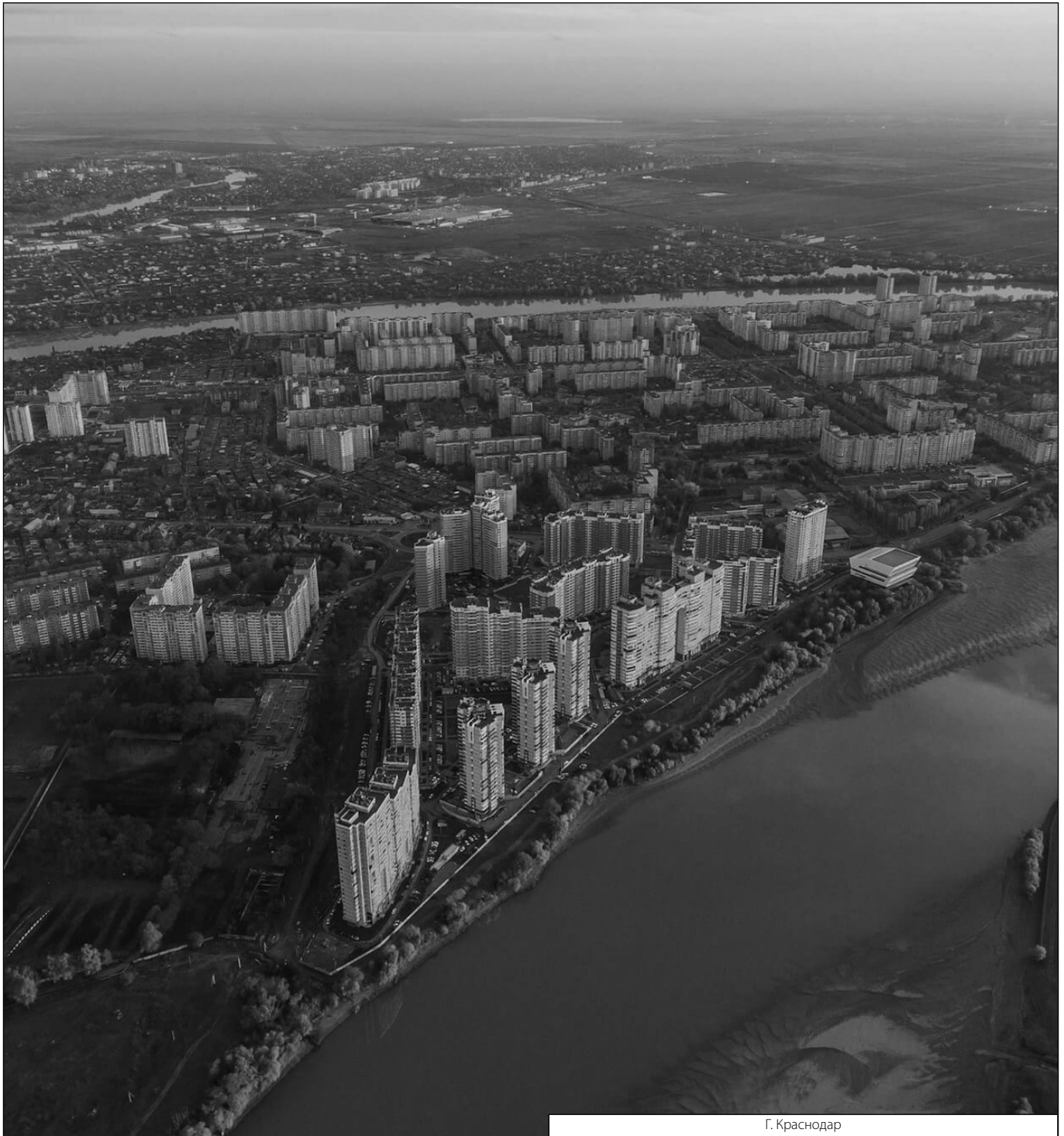
ЛИТЕРАТУРА

1. Digital 2020: 3.8 billion people use social media // We Are Social [Электронный ресурс]. URL: <https://wearesocial.com/blog/2020/01/digital-2020-3-8-billion-people-use-social-media> (дата обращения: 15.03.2020).
2. Weltwirtschaftsforum, Zurich Insurance Group Global risks 2019: insight report / Weltwirtschaftsforum, Zurich Insurance Group, 2019.
3. Новости | Лаборатория Касперского [Электронный ресурс]. URL: https://www.kaspersky.ru/about/press-releases/2020_pochti-dva-milliona-polzovatelei-bili-atakovani-programmami-dlya-krazhi-parolei-v-2019-godu (дата обращения: 15.03.2020).
4. Ограбление XXI века: группировка хакеров Carbanak похитила миллиард долларов [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kaspersky.ru/blog/billion-dollar-apt-carbanak/6950/> (дата обращения: 15.03.2020).
5. Киселёв П. Л. Модель и метод оценки эффективности комплексных систем защиты информации сетевых автоматизированных систем 2000.
6. Гамаюнов Д. Ю. Обнаружение компьютерных атак на основе анализа поведения сетевых объектов 2007.
7. Ушаков Д. В. Развитие принципов функционирования систем обнаружения сетевых вторжений на основе модели защищенной распределенной системы 2005.

8. Mahoney M.V., Chan P.K. Learning Models of Network Traffic for Detecting Novel Attacks С. 48.
9. Морозов Д. И. Энтропийный Метод Анализа Аномалий Сетевого Трафика В Ip-Сетях // Известия Трпу. 2006. № 7 (62). С. 120–124.
10. KDD Cup 1999 Data [Электронный ресурс]. URL: <https://kdd.ics.uci.edu/databases/kddcup99/kddcup99.html> (дата обращения: 17.04.2020).
11. 1998 DARPA Intrusion Detection Evaluation Dataset | MIT Lincoln Laboratory [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ll.mit.edu/r-d/datasets/1998-darpa-intrusion-detection-evaluation-dataset> (дата обращения: 17.04.2020).

© Макуха Максим Юрьевич (mmkrdu@yandex.ru), Ключев Станислав Геннадьевич (s.g.klyuev@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Краснодар

РАЗРАБОТКА SIEM-СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ОТКРЫТЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА

DEPLOYMENT OF OPEN SOURCE SIEM SYSTEM FOR SMALL AND MEDIUM BUSINESS ENTERPRISES

**A. Mansurov
E. Shabala**

Summary. SIEM system is a necessity for business enterprises to aggregate and process all the data essential for cyber security incidents investigations. Small and medium business often cannot bear the costs of commercial SIEM systems, so the only option available is to look for alternatives. In this paper, the open source SIEM system is proposed. The proposed SIEM system is capable to collect all the data and perform an automatic and manual analysis and event correlation, thus, is deemed to be suitable to act as a competent SIEM system. It provides the necessary analysis tools for effective cyber security incidents processing and generating reports and alerts for cyber security personnel of small and medium business enterprises.

Keywords: SIEM, security incident, Suricata, ELK, Wazuh.

Мансуров Александр Валерьевич
К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Алтайский
государственный университет», г. Барнаул
mansurov.alex@gmail.com
Шабала Егор Евгеньевич
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный
университет», г. Барнаул
shegcapcom@gmail.com

Аннотация. Развертывание SIEM-системы для агрегации и обработки данных, критичных для анализа инцидентов информационной безопасности является необходимостью для всех современных предприятий. Однако, предлагаемые коммерческие SIEM-решения на этапах приобретения и эксплуатации являются достаточно дорогими для большинства предприятий среднего и малого бизнеса. Доступной альтернативой в этом случае можно назвать SIEM-системы, построенные с применением компонент на базе открытых технологий. В данной работе предложен подход к построению эффективной SIEM-системы, полностью базирующейся на использовании открытых программных решений. Предлагаемая SIEM-система является полностью информативной, способна выполнять предварительный автоматизированный анализ данных и предлагает необходимый инструментарий для специалистов по защите информации для осуществления комплексного анализа и обработки возникающих инцидентов информационной безопасности на предприятии.

Ключевые слова: SIEM, инцидент безопасности, Suricata, ELK, Wazuh.

Введение

Успешная деятельность современного предприятия базируется на его отлаженной и стабильно работающей ИТ инфраструктуре, на базе которой функционируют жизненно-важные информационные системы предприятия, обеспечивающие его бизнес-процессы. Решение задач информационной безопасности и защиты информации для современных ИТ инфраструктур является комплексной проблемой, требующей своевременный контроль за составляющими элементами, циркулирующими информационными потоками и происходящими событиями. Применяемые решения генерируют огромные потоки событий информационной безопасности. Журналы событий хранятся в различных форматах и местах элементов ИТ инфраструктуры, ручной поиск и сопоставление необходимой информации для определения инцидентов информационной безопасности осуществить крайне сложно [1].

Для решения подобных проблем применяются SIEM-системы (Security Information and Event Management) — системы, которые осуществляют сбор широкого спектра данных системных событий, уведомлений служб безопасности и иной служебной информации в режиме реального времени и в отложенном режиме, накапливают эту информацию для последующего анализа и выявления последовательности событий, которые могут являться нарушениями информационной безопасности [1,2]. Типичная SIEM-система включает в себя специализированные агенты по сбору необходимой информации, которые устанавливаются на значимые элементы корпоративной ИТ инфраструктуры, средства сбора информации о событиях при помощи штатных способов, систему анализа сетевого трафика критичных сегментов корпоративной сети, систему накопления и хранения собранной информации, а также средства для осуществления коррелирования обрабатываемой поступившей информации по определен-

ным правилам для принятия решения в соответствии с заданными триггерами, индикаторами и сценариями действий. Основной задачей SIEM-системы при этом является автоматизация процесса обнаружения инцидентов информационной безопасности и своевременного оповещения о произошедшем инциденте.

На современном рынке доступно множество зарекомендовавших себя SIEM-решений отечественных и зарубежных производителей, такие как MaxPatrol SIEM, IBM QRadar Security Intelligence Platform, RuSIEM и т.п. [3]. Согласно исследованию, проведенному компанией IDC в 2018 г., отмечается эффективность работы предлагаемых решений и их существенный вклад в эффективное обнаружение и реагирование на выявленные инциденты на предприятиях разных отраслевых групп [4]. В то же самое время в исследовании указывается на трудности адаптации поставляемого решения под существующую ИТ инфраструктуру предприятия, отсутствие желаемой функциональности и необходимость регулярных существенных инвестиций в эксплуатацию SIEM-системы (при учете достаточно больших стартовых инвестиций, связанных с приобретением и развертыванием готового SIEM-решения). В этом случае предприятия малого и среднего бизнеса вынуждены либо пользоваться ограниченными версиями платных продуктов, либо полностью отказываться от внедрения данных систем, оставляя ИТ инфраструктуру без должной защиты.

Подобные недостатки могут быть преодолены при использовании SIEM-систем на базе открытых технологий и открытого кода. Существующие обзоры и анализы открытых SIEM-систем демонстрируют соответствие их функционала ожидаемым требованиям, отмечают гибкость и возможность узкопрофильной адаптации под возможности ИТ инфраструктуры, нужды и требования каждого конкретного предприятия [5,6]. Перспективным отмечается построение SIEM-системы на основе комплекса ELK Stack, включающего в себя распределенную систему хранения и поиска данных Elasticsearch, систему сбора и обработки получаемой служебной информации Logstash, а также систему визуализации и анализа данных Kibana [7]. Комплекс разрабатывается компанией Elastic B.V. вместе со всеми связанными проектами, имеет версии с свободно распространяемым открытым исходным кодом. Интегрирование информационных потоков сообщений служб информационной безопасности и системных журналов элементов ИТ инфраструктуры для последующей обработки при помощи ELK Stack позволит выполнять операции по анализу и коррелированию различных событий, зафиксированных в ИТ инфраструктуре предприятия и выполнять пошаговый анализ произошедших инцидентов информационной безопасности.

Данная работа предлагает подход к построению функциональной SIEM-системы на базе открытых технологий с использованием комплекса ELK Stack. Предлагаемое решение включает в себя использование технологий и решений обнаружения вторжений на уровне сети и хоста, генерирование правил корреляции и анализа данных, формирование уведомлений. Решение соответствует большинству популярных стандартов на построение процесса управления инцидентами и событиями информационной безопасности [8–10]. Данный подход может рассматриваться как альтернатива коммерческим SIEM-системам, не требующая существенных финансовых вложений на развертывание и обслуживание.

Предлагаемое SIEM-решение на основе открытых технологий

Предлагаемое SIEM-решение базируется на комплексной платформе ELK Stack (стек ELK), являющейся популярным решением на базе программного обеспечения с открытым кодом, применяющаяся для хранения и анализа разнообразной информации из системных журналов самого широкого спектра устройств и систем. ELK Stack содержит:

1. Масштабируемую базу данных Elasticsearch с функциями полнотекстового поиска по базе и выполнением анализа накопленной информации
2. Конвейерная система обработки записей системных журналов (лог-файлов) Logstash, которая нормализует и подготавливает данные для их помещения в базу Elasticsearch
3. Веб-ориентированная среда Kibana, предназначенная для визуализации накопленных данных, администрирования индексированных в базе данных записей и выполнения аналитических действий

В качестве основной системы сбора первичной служебной информации на серверах и рабочих станциях корпоративной ИТ инфраструктуры и осуществления ее первичного анализа используется открытое решение Wazuh [11], которое включает в себя:

1. Хост-ориентированный агентский компонент Wazuh Agent, который отвечает за сбор первичной информации и ее передачу по защищенному каналу (AES-256) к серверному компоненту.
2. Серверный компонент Wazuh Server, выполняющий удаленный контроль и администрирование агентских компонентов, прием собранной агентами информации и выполнение ее первичной обработки на основе встроенной конфигурируемой системы правил. Результативная информация отправляется в базу Elasticsearch для хранения и последующей работы с ней.

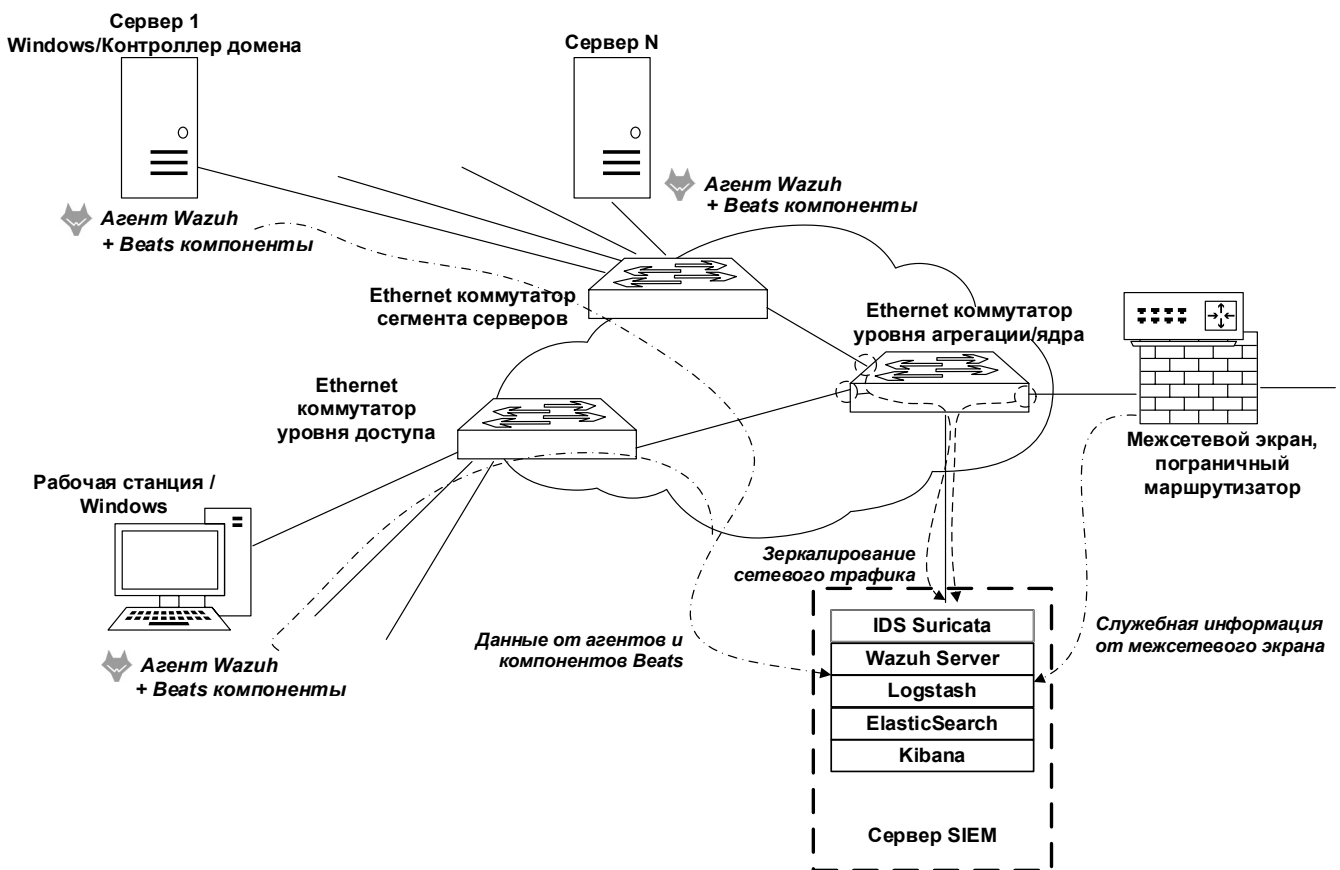


Рис. 1. Интеграция предлагаемого SIEM-решения в типовую корпоративную ИТ инфраструктуру

3. Встраиваемый в визуальную среду Kibana компонент Kibana App для управления серверными и агентскими компонентами Wazuh.

Агенты Wazuh работают на разных платформах, включая Windows, Linux, Mac OS X, AIX, Solaris и HP-UX. Они могут быть настроены и управляться с сервера Wazuh, в том числе сервер способен отправлять команды агентам, например, чтобы инициировать ответ при обнаружении угрозы. Основные возможности агентов, которые задействованы в предлагаемом решении:

- ◆ Сбор данных журнала и событий
- ◆ Мониторинг целостности файлов и ключей реестра
- ◆ Инвентаризация запущенных процессов и установленных приложений
- ◆ Мониторинг открытых портов и конфигурации сети
- ◆ Обнаружение руткитов или вредоносных артефактов
- ◆ Оценка конфигурации и мониторинг политики
- ◆ Производство активных ответов на обнаруженные угрозы

Сбор дополнительной информации с рабочих станций и серверов корпоративной ИТ инфраструктуры дополняется (при необходимости) компонентами Beats, входящими в стек ELK.

Информация об активности в корпоративной сети предприятия собирается и анализируется при помощи открытой системы обнаружения вторжений (IDS) Suricata [11,12], которая обрабатывает сетевой трафик в режиме реального времени, использует мощные и обширные правила и язык сигнатур, имеет развитую поддержку сценариев Lua для обнаружения сложных угроз.

Общая схема интеграции предлагаемого SIEM-решения в типовую корпоративную ИТ инфраструктуру приведена на рис. 1. Информация о системных событиях, записи журналов на рабочих станциях и серверах собираются при помощи агентов и отправляются на SIEM-сервер. Сетевой трафик сегментов корпоративной сети, требующий мониторинга и анализа — входящий и исходящий трафик, трафик серверного сегмента и трафик направлений выше уровня доступа (агрегация и ядро корпоративной сети) — копируется при помощи технологий зеркалирования на входной интерфейс ана-

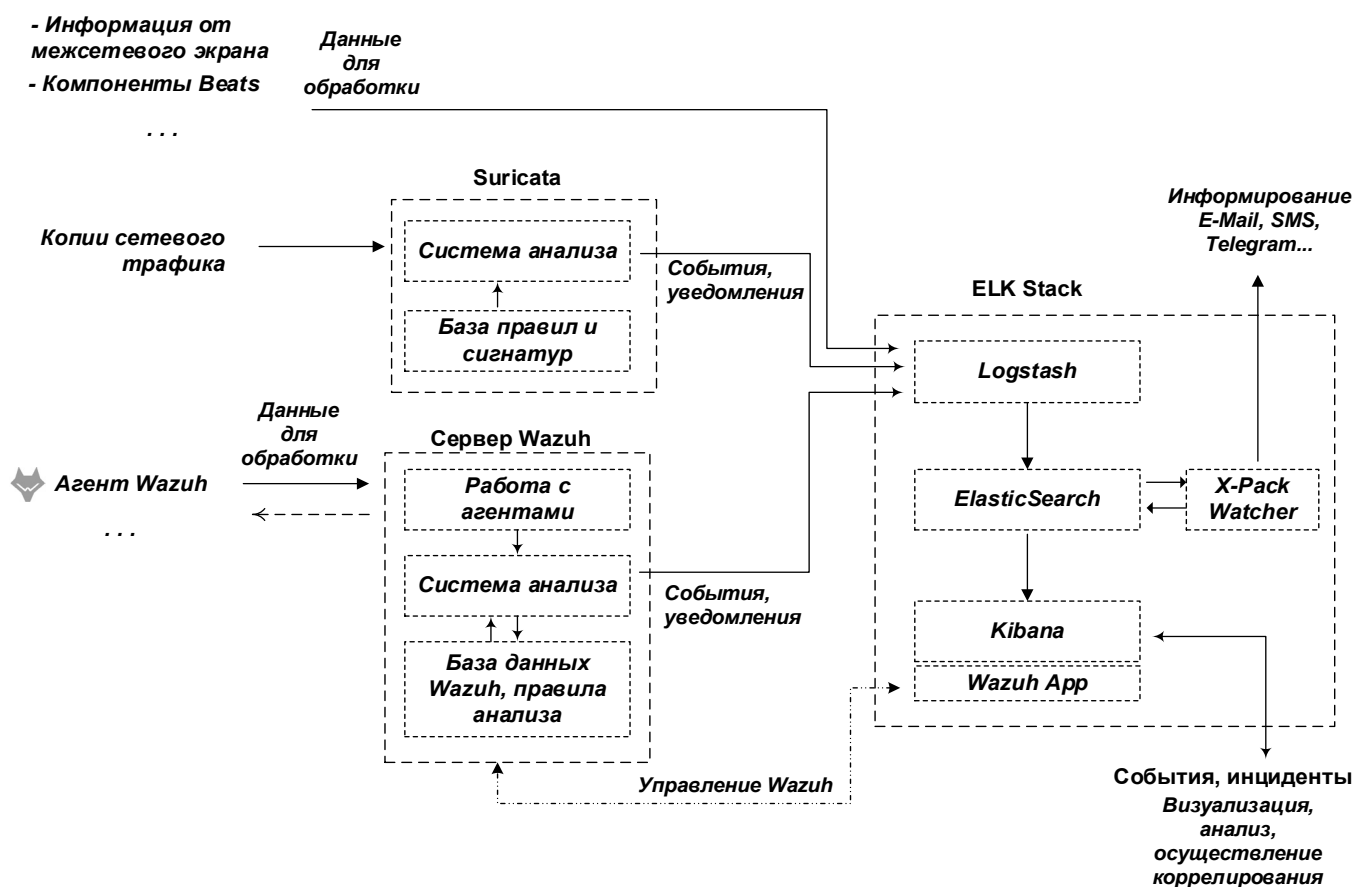


Рис. 2. Схема движения обрабатываемых потоков данных в предлагаемом SIEM-решении

лизатора сетевого трафика. В дальнейшем обработкой полученного трафика занимается система Suricata, конструктивно размещаемая на том же SIEM-сервере. При необходимости повышения производительности работы IDS-системы она может быть вынесена на отдельный сервер. Структурная схема движения обрабатываемых потоков данных в предлагаемом SIEM-решении представлена на рис. 2.

Анализ собранных данных выполняется в несколько этапов. Первоначальный автоматизированный анализ осуществляется при помощи встроенных систем анализа Wazuh и Suricata, которые работают на основании предварительно сконфигурированных систем правил. Этих действий достаточно для того, чтобы распознавать типовые ситуации и идентифицировать простые инциденты и нарушения безопасности. Прошедшая подобную обработку информация далее передается на дальнейшую обработку и хранение в базу ElasticSearch. В эту же базу попадает и исходная информация, получаемая при помощи компонентов Beats от элементов ИТ инфраструктуры напрямую (например, записи журнала межсетевого экрана).

Визуализация собранных данных, анализ и обнаружение событий, относящихся к инцидентам информационной безопасности, оператором или специалистом по защите информации «вручную» осуществляется при помощи веб-интерфейса Kibana. В Kibana настраиваются различные представления (dashboards) собранных данных, что позволяет использовать различные подходы для выполнения корреляции разных событий при расследовании инцидента и формировать свои собственные методики и алгоритмы корреляции. Обобщенная информация собирается на панелях представления таким образом, что оператор предлагаемого SIEM-решения может воочию наблюдать изменения тех или иных параметров системы, возникновение событий, обнаруженные атаки, их развития и последствия, а также меры, предпринятые после их обнаружения. Модуль визуализации данных Suricata позволяет анализировать полученные от IDS системы в более удобном формате, а модуль взаимодействия с Wazuh (Wazuh App) дополнительно предоставляет возможность по управлению работой Wazuh-сервера и агентов. Также модуль Wazuh включает в себя панели мониторинга для соответствия нормативным требованиям (например, PCI DSS, GDPR,

```

t computer_name      \                               com
t event_data.AccountName LocalSystem
t event_data.ImagePath winexesvc.exe
t event_data.ServiceName winexesvc
t event_data.ServiceType user mode service
t event_data.StartType demand start
# event_id           7,045
t host.name          W20121
t keywords           Classic
t level              Information
t log_name           System
t message            A service was installed in the system.

                        Service Name: winexesvc
                        Service File Name: winexesvc.exe
                        Service Type: user mode service
                        Service Start Type: demand start
                        Service Account: LocalSystem

# process_id         428
t provider_guid      {555908d1-a6d7-4695-8e1e-26931d2012f4}
t record_number      13414
t source_name        Service Control Manager
    
```

Рис. 3. Фрагмент полнотекстовой записи о событии в предлагаемой SIEM-системе

NIST, HPAA), обнаруженные уязвимые приложения, мониторинг целостности файлов, оценку конфигурации, события безопасности и т.п.

В качестве базового набора правил для Wazuh и Suricata используются стандартные наборы, включаемые в дистрибутивы указанных систем. Для IDS Suricata устанавливается и с регулярной периодичностью обновляется набор готовых правил и сигнатур от OISF (Open Information Security Foundation), которые включают в себя наборы типа «Proofpoint Emerging Threats Open Rulesets», «Positive Technologies Attack Detection Team Ruleset», «Abuse.ch SSL Blacklist», «Threat Hunting Rules» и т.п. Отдельные локальные правила создаются и добавляются с учетом специфики ИТ инфраструктуры каждого конкретного предприятия, на котором разворачивается предлагаемое SIEM-решение.

Автоматизированные уведомления о зарегистрированных инцидентах и событиях в предлагаемой SIEM-системе, которые могут рассылаться специалистам по за-

щите информации при помощи e-mail, SMS или иными способами, генерируются модулем X-Pack Watcher (является частью ELK Stack). Модуль X-Pack Watcher поддерживает развитую нотацию JSON для определения произвольных, определяемых пользователем событий и триггеров, а также желаемую реакцию системы на событие и срабатывание заданных триггеров. Этого функционала вполне достаточно для выполнения простейших автоматизированных действий по коррелированию событий и идентифицированию инцидентов безопасности.

Каждая зарегистрированная в предлагаемой SIEM-системе запись содержит достаточно большое количество информативных элементов, которые можно использовать для поиска, выполнения анализа и коррелирования цепочки записей в единое событие информационной безопасности. При необходимости число информативных элементов каждой записи может быть расширено при помощи функционала системы обработки записей Logstash. Визуальный интерфейс позволяет

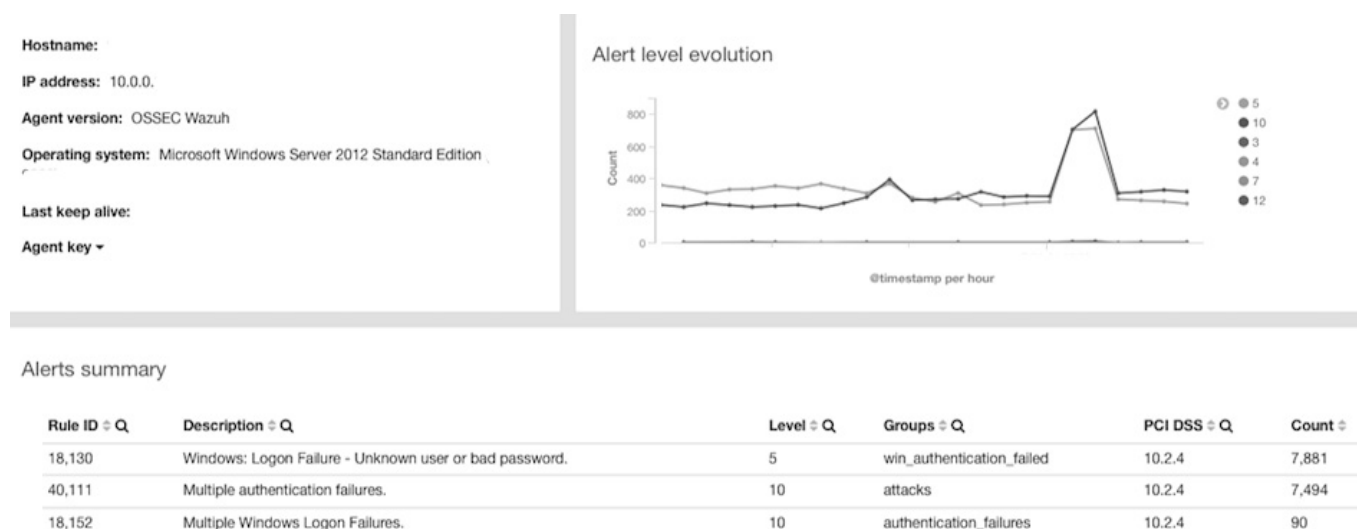


Рис. 4. Вывод информации при помощи панелей представления

работать с каждой записью в полнотекстовом режиме или использовать упрощенное представление при помощи настраиваемых панелей представления (рис. 3, 4).

Заключение

В работе предложен подход к развертыванию функциональная SIEM-система на базе открытых технологий. Система строится путем интеграции системы Wazuh, сетевой системы обнаружения вторжений Suricata и программного комплекса ELK Stack. Предлагаемое решение способно эффективно консолидировать требуемую исходную информацию из системных журналов, данные

сетевой активности, а также данные о целостности основных компонентов, текущей активности работающих процессов на всех элементах контролируемой ИТ инфраструктуры предприятия. Формируемые результаты являются информативными для выполнения анализа инцидентов информационной безопасности в «ручном» и автоматизированном режимах. Дальнейшая работа предполагает разработку для составляющих компонентов предложенной SIEM-системы специализированных правил идентификации подозрительной активности, а также подходы к автоматизации анализа событий и инцидентов информационной безопасности с использованием возможностей предложенной SIEM-системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Safarzadeh M., Gharaee H., Panahi A. H. A Novel and Comprehensive Evaluation Methodology for SIEM. In: Heng SH., Lopez J. (eds) Information Security Practice and Experience. ISPEC2019. Lecture Notes in Computer Science, vol. 11879. Springer, Cham. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-34339-2_28 (дата обращения 25.04.2020)
2. Шелестова О. Что такое SIEM? [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: <https://www.securitylab.ru/analytics/430777.php> (дата обращения 25.04.2020)
3. Сапрыкина А. Обзор мирового и российского рынка SIEM-систем. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: https://www.anti-malware.ru/analytics/Market_Analysis/overview-global-and-russian-market-siem (дата обращения 25.04.2020)
4. Исследование IDC: оценка уровня удовлетворенности системами SIEM в компаниях России. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/idc-siem-research-2018/> (дата обращения 25.04.2020)
5. Leszczyna R., Wróbel M. Evaluation of open source SIEM for situation awareness platform in the smart grid environment. In: IEEE International Workshop on Factory Communication Systems — Proceedings, WFCS. 2015. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: <https://doi.org/10.1109/WFCS.2015.7160577> (дата обращения 25.04.2020)
6. Vazão A., Santos L., Piedade M., Rabadão C. SIEM open source solutions: a comparative study. In: 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Coimbra, Portugal. 2019. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: <https://doi.org/10.23919/CISTI.2019.8760980> (дата обращения 25.04.2020)
7. ELK Stack: Elasticsearch, Logstash, Kibana. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: <https://www.elastic.co/what-is/elk-stack> (дата обращения 25.04.2020)
8. ISO/IEC27001:2005. Международный стандарт по информационной безопасности. Системы обеспечения информационной безопасности. — Международная организация по стандартизации и Международная электротехническая комиссия, 2005.

9. СТО БР ИББС-1.3–2016. Стандарт Банка России. Обеспечение информационной безопасности организаций банковской системы Российской Федерации. Сбор и анализ технических данных при реагировании на инциденты информационной безопасности при осуществлении переводов денежных средств. — Москва: Банк России; М.: Из-во Банка России, 2016.
10. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001:2006. Национальный стандарт Российской Федерации. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. — Москва: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии; М.: Изд-во стандартов, 2008
11. Suricata | Open Source IDS / IPS / NSM Engine. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: <https://suricata-ids.org/> (дата обращения 25.04.2020).
12. Fekolkin R. Intrusion Detection and Prevention Systems: Overview of Snort and Suricata. 2015. [Электронный ресурс] — Режим доступа — URL: https://www.researchgate.net/publication/297171228_Intrusion_Detection_and_Prevention_Systems_Overview_of_Snort_and_Suricata (дата обращения 25.04.2020).

© Мансуров Александр Валерьевич (mansurov.alex@gmail.com), Шабала Егор Евгеньевич (shegcarcom@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Барнаул

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НОТАЦИИ ARCHIMATE ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОМПЛЕКСА СЕЙСМО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

ORIGINALITY USAGE OF ARCHIMATE FOR DESIGN OF AUTOMATED SYSTEM OF SEISMIC AND TECHNOLOGICAL MONITORING

**I. Medvedkova
E. Zolotukhina
S. Krasnikova**

Summary. This article concerns the originality usage of the main elements of ArchiMate for analysis and design of automated system seismic and technological monitoring of industrial facilities. A general description of speakers in ArchiMate notation is considered. Based on this, conclusions were drawn that the scheme allows us to present a high-level speaker architecture.

Keywords: ArchiMate, design, modeling, notation.

Медведкова Ирина Владимировна

Аспирант, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва
prekrasnikova@inbox.ru

Золотухина Елена Болеславовна

К.т.н., доцент, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва

Красникова Светлана Анатольевна

Старший преподаватель, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва

Аннотация. Статья описывает особенности применения основных элементов нотации ArchiMate при проектировании комплекса для сейсмо-технологического мониторинга промышленных объектов. Рассмотрены общее описание АС в нотации ArchiMate. На основании данного сделаны выводы о том, что схема позволяет представить высокоуровневую архитектуру АС.

Ключевые слова: ArchiMate, моделирование, нотация, проектирование.

Исследования в области сейсмологии позволяют учёным определить причины возникновения землетрясений, местоположение их очагов, физические параметры землетрясений, оценить возможные риски негативных последствий и предпринять возможные меры для их уменьшения. Мировая практика показывает, что самым эффективным способом снижения социально-экономических последствий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера является их предупреждение, в основе которого лежит непрерывный мониторинг потенциально опасных объектов (ПОО) [1]. Предупреждение критических ситуаций, спровоцированных землетрясениями и афтершоками — это задача системы поддержки принятия решений при мониторинге геодинамического состояния региона.

Общая концепция автоматизированной системы сейсмо-технологического мониторинга (далее АС) заключается в сборе «сырых» данных, поступающих от сейсмических станций и технологических регистраторов, передачу этих данных для первичной обработки на центральном узле, а также записи данных для долгосрочного хранения. После первичной обработки данные могут быть выгружены для дальнейшего анализа, с последующим обучением системы для классификации полученного сигнала. Далее лицо, принимающее решение (ЛПР), использует эту ин-

формацию для оценки необходимости принятия мер для предотвращения критической ситуации.

Для проектирования системы такого масштаба необходимо применение гибких средств моделирования, которые позволят комплексно описать как концептуальную сторону системы, так и ее технологическую составляющую. Такой нотацией моделирования является ArchiMate. Базовые понятия языка ArchiMate — это «элемент» и «отношение». Элементы — это блоки различного содержания, формы и предназначения, а отношения — это различные связи и соединения между элементами [2]. Язык ArchiMate определяет три слоя для описания системы, основываясь на специализации входящих в слой элементов: бизнес-слой, слой приложений, технологический слой. Ниже представлена общая схема АС с использованием нотации ArchiMate (см. Рисунок 1).

На схеме желтым цветом выделен бизнес-слой, который описывает деятельность и развитие предприятия, его окружение; продукты и услуги для внешних потребителей, основные бизнес-процессы и сервисы, бизнес-исполнители и роли, выполняющие эти процессы, а также используемая информация. Синим цветом — слой приложений, описывающий приложения, их функциональность и отношения между приложениями; серви-

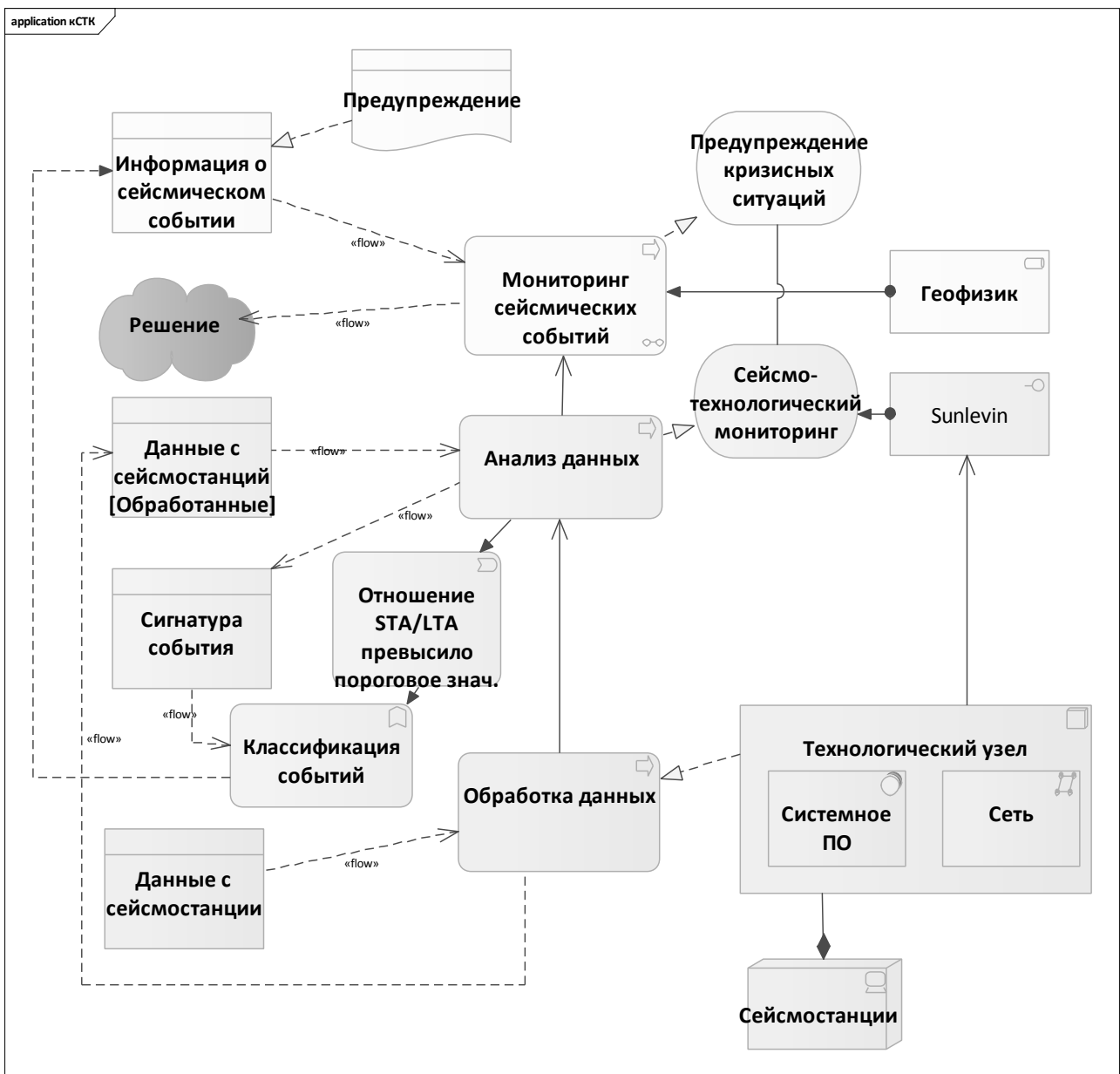


Рис. 1. Общее описание АС в нотации ArchiMate

сы, оказывающие поддержку бизнес-слою, и основные объекты данных. Зеленым — технологический слой, который описывает узлы, на которых выполняются приложения, артефакты, которые формируют физическую реализацию компонентов приложений или объектов данных. Сиреневый — элемент «Смысловое значение» относящийся к расширению языка ArchiMate, связанно с мотивацией.

При описании бизнес-слоя использовались элементы: бизнес-процесс (Мониторинг сейсмических событий), который предоставляет бизнес-сервис (Предупреждение кризисных ситуаций). Данный процесс

выполняется Геофизиком (бизнес-роль) на основании информации о сейсмическом событии (бизнес-объект), который представлен в виде Предупреждения (образ объекта), которое передает на автоматизированное рабочее место геофизика АС. Результатом выполнения процесса является Решение (смысловое значение), которое принимается на основании мониторинга и анализа данных, поступающих от сейсмостанций и технологических регистраторов.

На уровне слоя приложений осуществляется основная аналитическая обработка данных, полученных с сейсмостанций и прошедших первичную обработку. При

проведении анализа производится построение сигнатуры события. Для детектирования события используется алгоритм оценки отношения амплитуд сигнала в коротком и длинном временных окнах (STA/LTA — Short Time Average to Long Time Average), при превышении STA/LTA заданного порогового значения запускается функционал анализа и классификации обнаруженного события: выполняется построение сигнатуры отрезка сигнала, сравнение с зарегистрированными в АС ранее классифицированными сигнатурами для отнесения события к группе критических или некритических событий. Осуществляется данный процесс с использованием пакета Sunlevin (интерфейс приложений).

На технологическом уровне данные с сейсмостанции (устройство) поступают на технологический узел, где вы-

полняется технологический процесс первичной обработки сырых данных.

Данная схема позволяет представить высокоуровневую архитектуру АС.

Однако, из схемы видно, что особенности языка ArchiMate не позволяют детально описать процессы, подсистемы, функции АС, структуру БД, так как ArchiMate не фокусируется на деталях реализации. ArchiMate не заменяет UML, BPMN или ERD, а дополняет их [3]. ArchiMate позволяет создать комплексную высокоуровневую модель архитектуры АС, которая может использоваться с целью выбора дополнительных нотаций моделирования для детализации базовых процессов на каждом слое, представленном на схеме.

ЛИТЕРАТУРА

1. P. Bormann, *New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP-2)* — Potsdam: IASPEI, GFZ German Research Centre for Geosciences, 2012.
2. Specification of the ArchiMate 3.0.1 modeling language from The Open Group. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://publications.opengroup.org/standards/archimate/c179>
3. Enterprise Architecture Process: Evolution 2005 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.gartner.com/doc/486246/gartner-enterprise-architecture-process-evolution>, свободный. — Загл. с экрана.

© Медведкова Ирина Владимировна (prekrasnikova@inbox.ru), Золотухина Елена Болеславовна, Красникова Светлана Анатольевна.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МИФИ

КРОСС-НОТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК НОВЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ АРХИТЕКТУРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ

CROSS-NOTATION MODELING AS A NEW APPROACH TO CONSTRUCTION OF AUTOMATED SYSTEM ARCHITECTURE

**I. Medvedkova
E. Zolotukhina
S. Krasnikova**

Summary. The article describes the specificity of constructing an architecture of automated system for geodynamic monitoring with the usage of cross-notation modeling approach. Examples of using ArchiMate, BPMN, and UML are described as the main notations used in the approach.

Keywords: ArchiMate, BPMN, UML, modeling, notation.

Медведкова Ирина Владимировна

Аспирант, Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ»
prekrasnikova@inbox.ru

Золотухина Елена Болеславовна

К.т.н., доцент, Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ»
ebz@fvs.ru

Красникова Светлана Анатольевна

Старший преподаватель, Национальный
исследовательский ядерный университет «МИФИ»
ksa@fvs.ru

Аннотация. В статье описаны особенности построения архитектуры автоматизированной системы геодинамического мониторинга с использованием подхода кросс-нотационного моделирования. В качестве основных нотаций, которые используются в подходе, описаны примеры применения ArchiMate, BPMN и UML.

Ключевые слова: ArchiMate, BPMN, UML, моделирование, нотация.

Мониторинг геодинамической обстановки в регионе расположения различных промышленных объектов необходим для предотвращения критических ситуаций, которые могут последовать после землетрясения. По результатам геодинамического мониторинга формируются прогностические заключения об уровне сейсмической опасности региона и обеспечивается контроль за естественными и техногенными динамическими нагрузками на здания и сооружения объекта [4].

Создание автоматизированных систем (АС), предназначенных для решения комплексных задач геодинамического мониторинга, должно обязательно включать создание подсистемы поддержки принятия решений для классификации полученных сигналов с целью формирования рекомендательных мер по предотвращению чрезвычайных ситуаций (ЧС).

При создании таких АС рациональным является подход, который позволит использовать несколько нотаций моделирования для построения моделей АС, используя лучшие практики применения каждой нотации. В связи с этим вводится новое понятие «cross-notation modeling» — кросс-нотационное моделирование. Данное понятие необходимо для обозначения согласованного применения нескольких нотаций моделирования

в рамках одного проекта для построения различных моделей АС, включая модели архитектуры. Вследствие этого необходимо провести анализ нотаций моделирования для определения их преимуществ при использовании для создания моделей АС. Рассмотрим применение кросс-нотационное моделирование на примере проектирования АС геодинамического мониторинга места расположения промышленных объектов.

Для разработки методики кросс-нотационного моделирования при создании АС поддержки принятия решений по предотвращению ЧС, связанных с сейсмической активностью региона расположения промышленного объекта, будут рассматриваться 3 ключевые нотации моделирования: ArchiMate, BPMN, UML.

ArchiMate обеспечивает унифицированное представление схем для описания корпоративной архитектуры. Нотация включает концепции для определения взаимосвязанных архитектур, определенных точек зрения для отдельных заинтересованных сторон, и язык настройки механизмов. В нотации предложен комплексный подход к архитектуре систем, который описывает и визуализирует различные домены архитектуры и лежащие в их основе связи и зависимости. ArchiMate представляет собой механизм структурирования архитектуры доменов, слоев и аспектов [1].

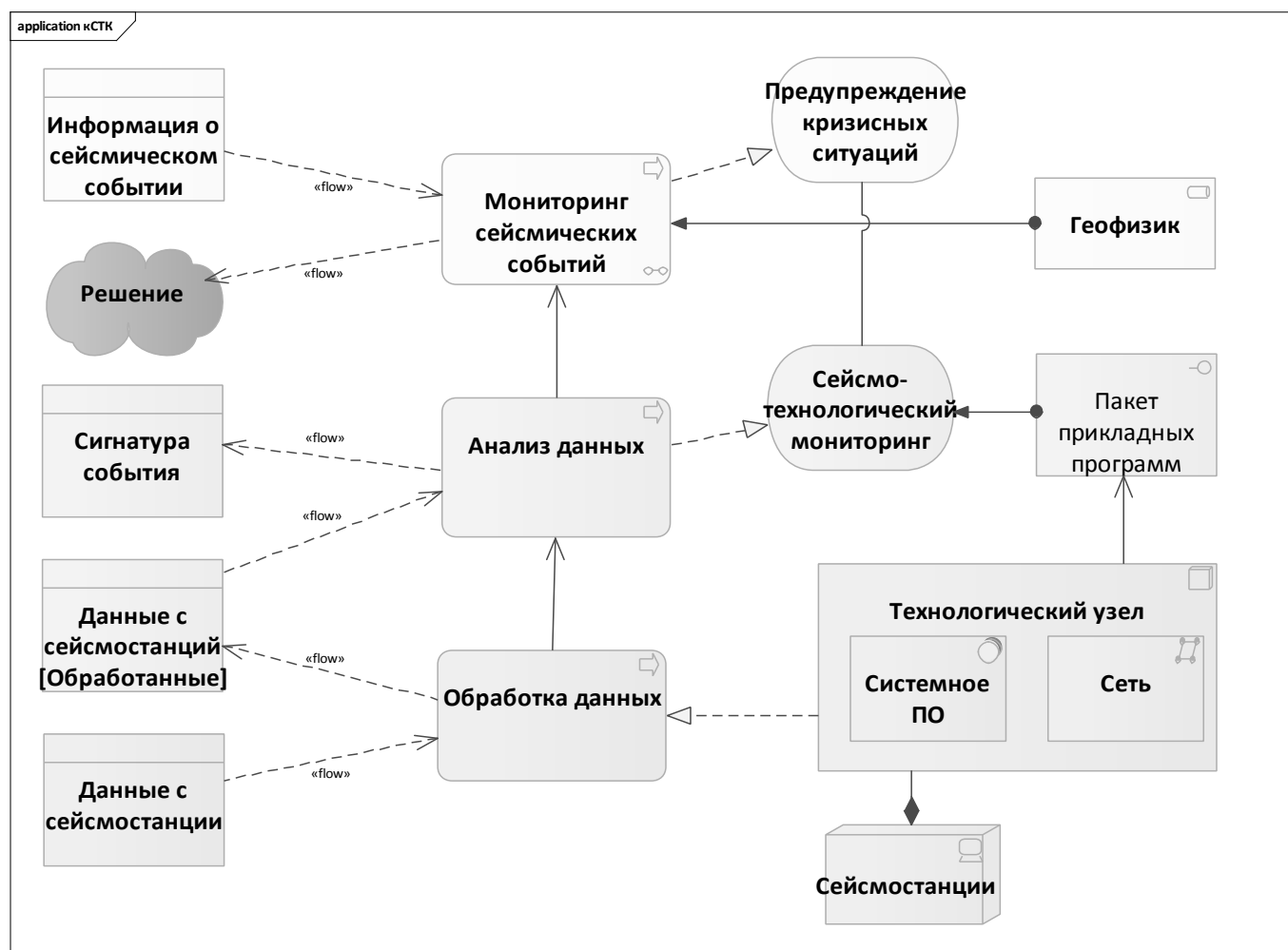


Рис. 1. Общее описание АС в нотации ArchiMate

Нотация BPMN может быть использована при описании бизнес-процессов предприятия для их реорганизации, регламентации, сертификации по международным стандартам качества, при определении требований к покупаемым, разрабатываемым, сопровождаемым системам, поддерживающим выполнение этих бизнес-процессов, и создания исполняемых бизнес-процессов.

Нотация UML является более общей нотацией чем BPMN, в ней так же реализована возможность описание бизнес-процессов, однако в основном она рассчитана на моделирование АС, баз данных и т.п. Стандартный набор диаграмм подразделяется на две группы: структурные диаграммы и процессные диаграммы [2]. К структурным диаграммам относятся: диаграмма пакетов, диаграмма классов, диаграмма объектов, составная структурная диаграмма, диаграмма компонент, диаграмма развертывания (размещения). К процессным диаграммам относятся: диаграмма функций, диаграмма деятельности, диаграмма состояний,

коммуникационная диаграмма, диаграмма последовательностей, временная диаграмма, обзорная диаграмма взаимодействий [3]. Структурные диаграммы используются для моделирования элементов систем и их связей, из которых они состоят. Процессные диаграммы используются для моделирования процессов в системах или бизнес-процессов компаний, предприятий и т.п.

Процесс работы АС геодинамического мониторинга можно описать следующим образом: пакеты данных, поступающие от сейсмических станций, записываются в часовые файлы в непрерывном режиме. Параллельно производится перевод данных в формат с плавающей запятой и данные визуализируются в реальном времени. Далее проводится оценка отношения амплитуд сигнала в коротком и длинном временных окнах (STA/LTA — Short Time Average to Long Time Average). При превышении STA/LTA заданного порогового значения осуществляется классификация обнаруженного собы-

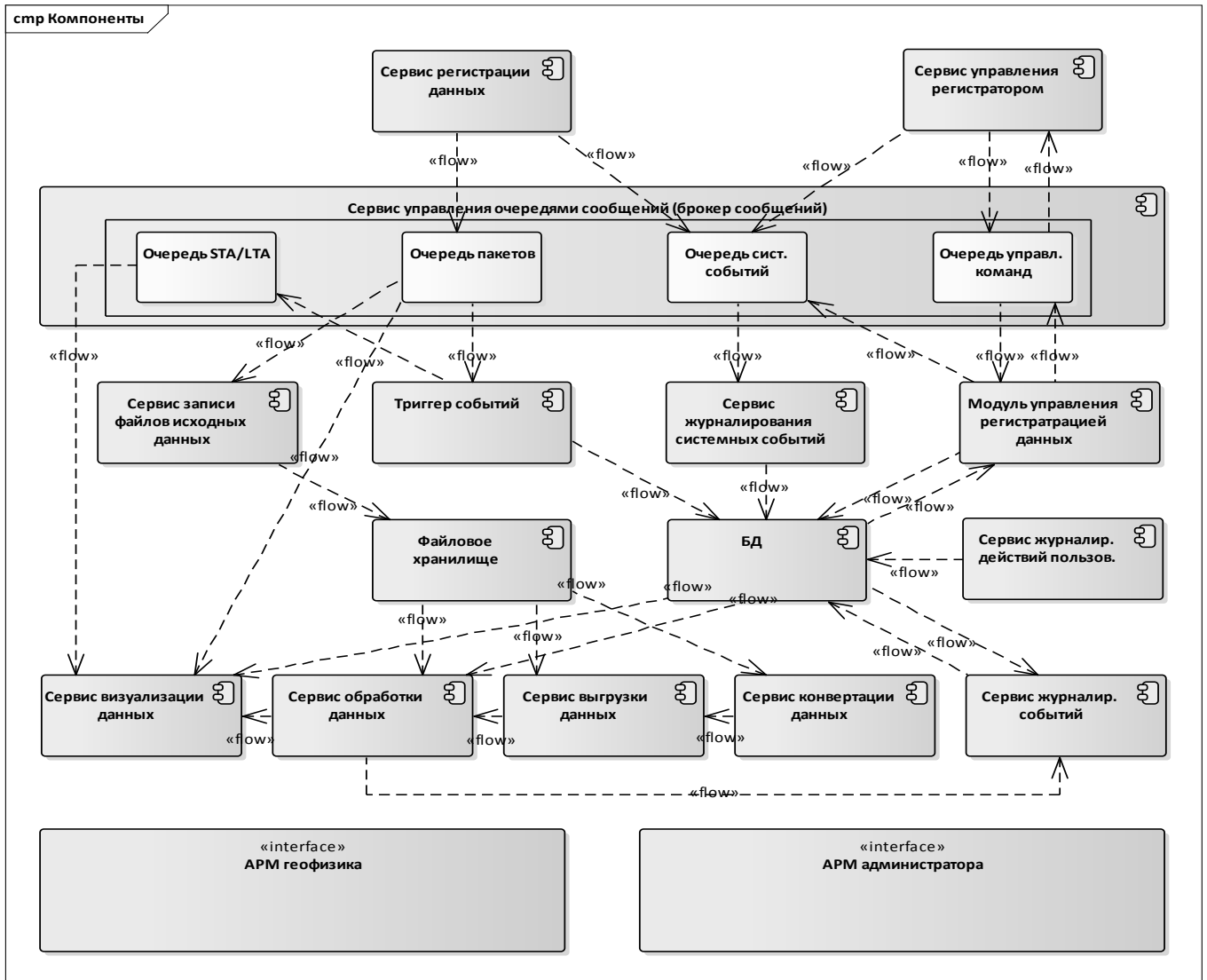


Рис. 2. Схема компонентов и основных связей между компонентами пакета прикладных программ

тия на критическое и некритическое. Для критического события фиксируется его время и выделяется фрагмент для анализа. Для выделенного фрагмента производится построение D-спектра и его частоты сопоставляются с базой сигнатур событий. Выполняется оповещение Геофизика о возможном критическом событии. На основании этих данных геофизик и осуществляет мониторинг и анализ детектированных событий в регионе расположения промышленного объекта.

С использованием нотации ArchiMate разработана верхнеуровневая схема данного процесса (см. Рисунок 1).

При описании бизнес-процесса «Мониторинг сейсмических событий» необходимо применение нотации BPMN и UML, которые позволят рассмотреть процесс, с различных точек зрения.

Далее на уровне слоя приложений может быть использована диаграмма компонентов в нотации ArchiMate, которая раскроет содержание пакета прикладных программ, отвечающее за анализ данных (см. Рисунок 2).

Технологический узел, отвечающий за обработку данных, включает: 3 рабочие станции, коммутатор для передачи и распределения данных, сервер для хранения первичных данных, а также промышленный компьютер для обработки и анализа данных. Данный узел также может быть декомпозирован и описан с использованием диаграммы компонентов.

Таким образом, использование кросс-нотационного моделирования при разработке архитектуры АС позволит рационально представить как АС, так и шаги

выполнения автоматизируемых процессов. Так верхний уровень модели, реализованный с использованием нотации ArchiMate в связке с BPMN и UML, описывающий процесс, позволит информировать заинтересованные стороны об архитектуре процессов с целью достижения понимания, получения заинтересованности и убежде-

ния оппонентов, а также позволит руководителям в процессе принятия решений, предложить «проникновение» в суть используемых решений. Детализация структуры АС позволит оказать существенную поддержку архитекторов и разработчиков в процессе создания АС от начальных ее набросков до детальных схем.

ЛИТЕРАТУРА

1. ArchiMate Specification 3.1 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://pubs.opengroup.org/architecture/archimate3-doc/>, свободный. — Загл. с экрана. Дата обращения 26.04.2020
2. Золотухина Е.Б. «Методика выявления функций создаваемого программного обеспечения, отображающая полноту предметной области» / Е. Золотухина, С. А. Красникова, А. С. Вишня // Наука молодых — интеллектуальный потенциал современности: сборник материалов Международной научной конференции. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://elibrary.ru>.
3. П. Кролл, Ф. Крачтен. Rational Unified Process — это легко. Руководство по RUP. М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2004. — 432 с.
4. Оценка сейсмической опасности при выборе площадок размещения АЭС. МАГАТЭ, No. SSG-9, Вена, 2010.

© Медведкова Ирина Владимировна (prekrasnikova@inbox.ru),
 Золотухина Елена Болеславовна (ebz@fvs.ru), Красникова Светлана Анатольевна (ksa@fvs.ru).
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



РАЗРАБОТКА СЕРВИСНОЙ МОДЕЛИ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ УСЛУГИ УМНОГО УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ LORA

DEVELOPMENT OF INTELLIGENT STREET LIGHTING SERVICES MODEL BASED ON LORA TECHNOLOGY

**M. Muthanna
Yu. Lyachek
M. Muthanna
V. Abdullah**

Summary. The work is developing a model for the provision of smart street lighting services. The implementation of such a service will allow the municipality to receive significant savings in budget funds spent now on city street lighting. The paper analyzes wireless technologies with low power consumption and long range. The organization's concept was identified, which allows implementing the provision of "smart street lighting" services, including the selection of active equipment, the general network organization scheme, as well as its implementation option, and a network segment was constructed using the LoRa wireless technology selected earlier.

Keywords: model, "smart" street lighting, wireless technologies, LoRa technology, network diagram, equipment selection, test results.

Мутанна Мохаммед Салех Али

Аспирант, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)
muthanna@mail.ru

Лячек Юлий Теодосович

К.т.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)
ytlyachek@mail.ru

Мутанна Мохаммед Манеа Ахмед

Аспирант, Санкт-Петербургский государственный университет
mmutanna@hotmail.com

Абдулла Вадхах Ахмед Мутханна

Аспирант, Санкт-Петербургский государственный университет
wadhahabdullah1990@gmail.com

Аннотация. В работе осуществляется разработка модели предоставления услуги «умного» уличного освещения. Реализация такой услуги позволит муниципалитету получить значительную экономию бюджетных средств, затрачиваемых сейчас на городское освещение улиц. В работе анализируется беспроводные технологии с низким энергопотреблением и дальним радиусом действий. Была определена концепция организации, позволяющая реализовать предоставления услуги «умного» уличного освещения, включающая в себя, выбор активного оборудования, схему общей организации сети, а также ее вариант реализации, также проведено тестирование сегмента сети, построенного с использованием выбранной ранее беспроводной технологии LoRa.

Ключевые слова: модель, "умное" уличное освещение, беспроводные технологии, технология LoRa, схема сети, выбор оборудования, результаты тестирования.

Введение

В основе концепции умного города лежит идеология интеллектуализации управления городом. Город становится «умным», когда предоставляет информацию о протекающих в нем процессах, на основе анализа которой принимаются определенные решения и действия с целью сделать город более удобным, безопасным и комфортным для жителей. В идеале город должен подстраиваться под потребности каждого участника городской жизни и становиться более персонализированным. Концепция такого города подразумевает применение новых технологий в строительстве

зданий и сооружений, использование новых материалов, трансформацию методологии и процессов управления городом, применение современных информационных технологий для повышения эффективности [1], [2]. Если рассматривать концепцию такого города с точки зрения информационных технологий, то она основана на обмене данными между объектами городской инфраструктуры, жителями, представителями городской администрации, сотрудниками организаций, работающих в сфере городского хозяйства, контрольно-надзорными службами. Анализ данных, которыми обмениваются участники городской среды, при помощи автоматизированных систем предоставляет возможность осуществ-

влять оперативное реагирование и интерактивное изменение инфраструктуры под запросы жителей. Таким образом, формируется единая информационная среда умного города. На сегодняшний день некоторые города в различных странах постепенно начинают становиться «умными», внедряя в свою среду информационные технологии [3].

Не только в России, но и в мире до сих пор нет единого стандарта для передачи данных в сетях интернета вещей. Поэтому при выборе, по какому из них следует организовать работу сети, пришлось рассмотреть большинство беспроводных технологий интернета вещей. В результате проведенного анализа в качестве транспорта данных от периферийных IoT-устройств была выбрана LoRa по следующим причинам.

LoRaWAN обладает уникальным сочетанием дальности связи с энергоэффективностью. Конечные LoRa-устройства могут передать информацию на расстояния до 15 километров от базовой станции, используя мощность передачи не превышающую 25 милливатт. Для сравнения, мощность излучения смартфонов, которые широко используются в быту в 8 раз больше. Канал, соединяющий конечные устройства с узлом доступа оператора связи (“последнюю милю”), построенный на LoRaWAN, можно охарактеризовать тремя чертами: «далеко — долговременно — автономно — экономично» [4], [5]. В работе рассматривается возможности применения технологии LoRa для обеспечения автоматической освещенности улиц города.

Общая схема предоставления услуги «умного» уличного освещения

Базовая станция (шлюз) для LoRaWAN состоит из двух элементов. Первый элемент — маршрутизатор, который имеет WAN порты для связи с облачным IoT-сервером. Вторыми элементами базовой станции являются интерфейсные модули, для связи с которыми используются LAN порты. В качестве маршрутизатора в нашем случае был выбран маршрутизатор Cisco IR829. Эта модель имеет 4 порта LAN10/100/1000 Ethernet, каждый из которых поддерживает протокол PoE/PoE+. Для WAN возможна установка SFP модуля, либо работа через беспроводные интерфейсы 3G/4GLTE и Wi-Fi 802.11b/g/n, что позволяет создать дополнительные резервные беспроводные каналы. Маршрутизатор поддерживает программное обеспечение Cisco IOS, компактен и предназначен для работы в неблагоприятных условиях.

В системах интеллектуального управления уличным освещением можно выделить следующие составляющие [6]:

Сеть передачи данных, связывающая городские фонари с центральным сервером и между собой. Сеть дуплекса поделена на два участка. Первый участок расположен между конечными устройствами и шлюзом, который агрегирует данные со всех близлежащих устройств. Этот участок построен на основе беспроводной технологии дальнего действия с низким энергопотреблением. Для реализации проекта возможно использование всех трёх типов (классов) конечных устройств, которые существуют в технологии LoRa (A, B и C, отличающиеся друг от друга режимами приема). Выбор того или иного типа зависит от конкретных требований, предъявляемых к конечному устройству. При этом все эти устройства являются двунаправленными. Класс A является базовым и поддерживается всеми устройствами. Это:

- ◆ интеллектуальные LED-лампы (умные уличные фонари) (рис. 1, а), способные динамически изменять интенсивность светового потока. Эти лампы оснащены датчиками движения, фотодатчиками, специализированными сенсорами, блоками передачи данных и контроллером, которые обеспечивают общую работу всех модулей. Общее описание устройства представлено ниже;
- ◆ блок передачи данных, как уже говорилось выше, работает по технологии LoRa. Возможно использование устройств класса C, которые в любое время могут принимать от контроллера команды, так как на опоре можно обеспечить постоянное питание от электрической сети, а аккумуляторы в этом случае используются как резервные источники питания.
- ◆ датчик движения, собирающий данные, на основании которых принимаются решения о режиме работы уличных фонарей. Он может быть размещён на фонарном столбе или удалённо (рис. 1, б). В этом случае датчик может являться вспомогательным или дублирующим по отношению к датчику, расположенному непосредственно на опоре, либо являться основным, полностью заменяя функционал датчика, закреплённого на фонарном столбе. Само оконечное устройство в данном варианте будет состоять из датчика, реагирующего на присутствие человека, например, датчика движения и/или фотосенсора и модуля, ответственного за передачу данных. В этом случае более рационально будет использование модулей класса A или B, так как возможность сетевого питания будут ограничены.
- ◆ центр мониторинга строится на базе IoT-платформы. Подобный центр позволяет управлять уличным освещением централизованно, что облегчает работу эксплуатационных и технических служб. Такая организация позволяет системе автоматически регулировать яркость фонарей, ориентируясь на погодные условия (дождь,

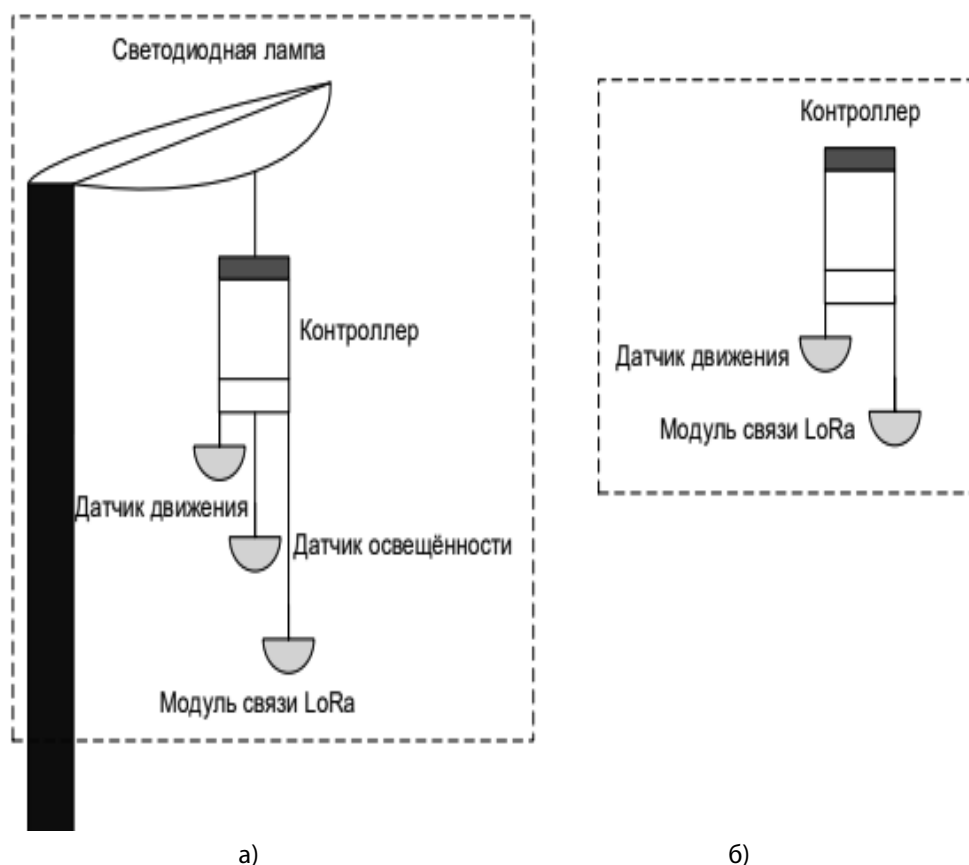


Рис. 1
 а) — «умного» уличного фонаря и
 б) — удалённого модуля

метель, туман, яркое свечение луны и т.п.), и задавать график автоматического включения/выключения освещения в отдельных районах города.

Схема взаимодействия устройств в случае срабатывания датчика движения или фотодатчика, расположенных непосредственно на фонарном столбе: свет включается в соответствии с заранее заложенными в контроллер алгоритмами, информация об этом отправляется на базовую станцию, а оттуда в мониторинговый центр. В случае срабатывания датчика на удалённом модуле, модуль отправляет данные о срабатывании на базовую станцию, которая отправляет данные о срабатывании в мониторинговый центр и после получения ответа, отправляет команду на необходимый фонарь. Это реализация классической топологии «Звезда» должна предоставляться таким образом, чтобы уличные фонари включались до того, как пешеходы приходят, и выключались или уменьшали мощность, когда никого нет с помощью распределенной сети датчиков. На рис. 2 изображена схема включения фонаря после обнаружения движения удалённым модулем.

В работе приводятся результаты эксперимента для проведения оценки технологии LoRa сети на участке между конечным устройством и шлюзом. Эксперимент состоял из двух частей. В первой части эксперимента была выполнена передача сообщений разных размеров в условиях городской среды и, соответственно, высокого уровня помех. Во второй части тестировалась передачи данных с использованием технологии LoRa на открытой местности. Для проведения эксперимента на базе одноплатного компьютера RaspberryPi были собраны два трансивера LoRa. В качестве передающих блоков были использованы модули компании Unwired Devices — Unwired Range, которые построены на основе радиочипа SX1276 компании Semtech и микроконтроллера STM32L.

Измерения проводились при разнесении приёмника и передатчика на разные расстояния друг от друга. Скорость передачи данных для всех случаев была фиксирована и составляла 11 кбит/с. Скорость отправки сообщения с конечного устройства равнялась одному сообщению в секунду. Полоса пропускания равнялась 250 кГц. Размер сообщения во всех случаях был равен 58 байт.

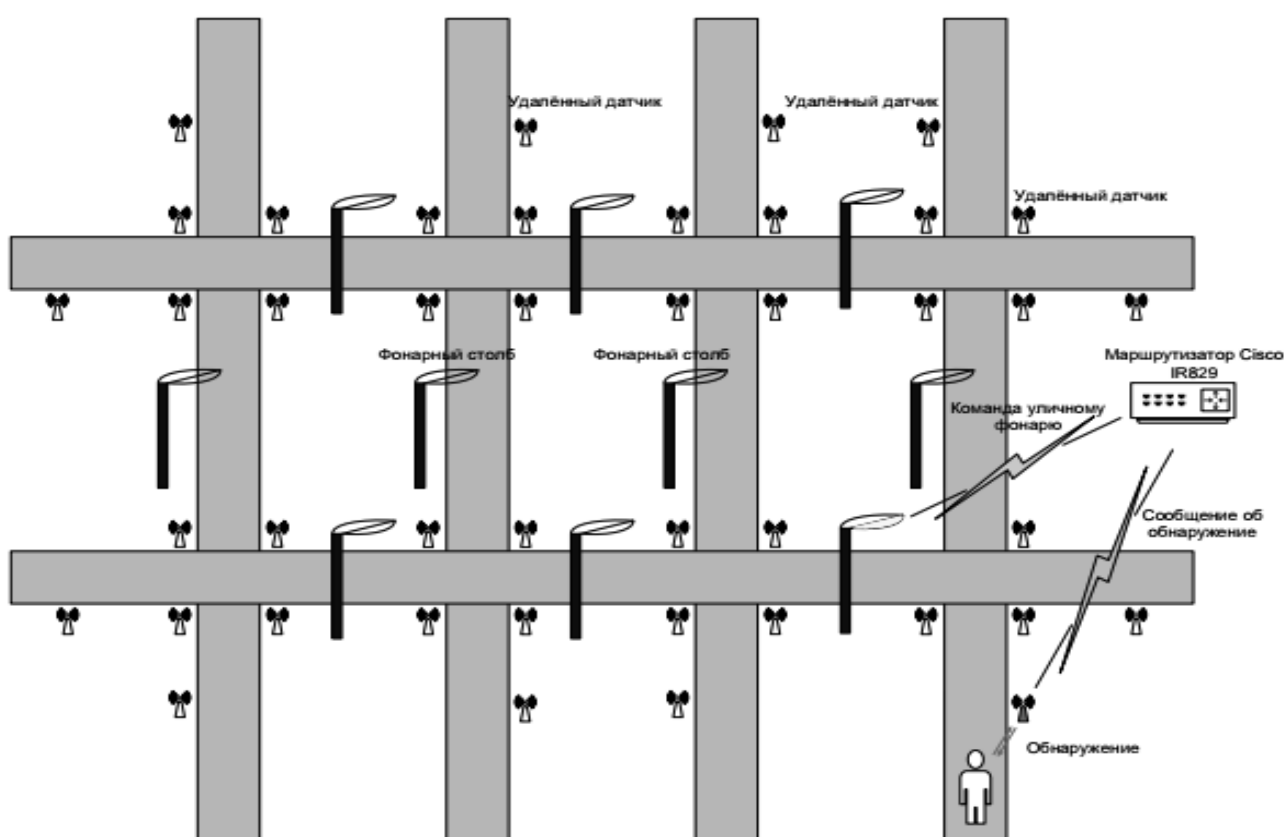


Рис. 2. Схема включения фонаря после обнаружения движения удалённым модулем

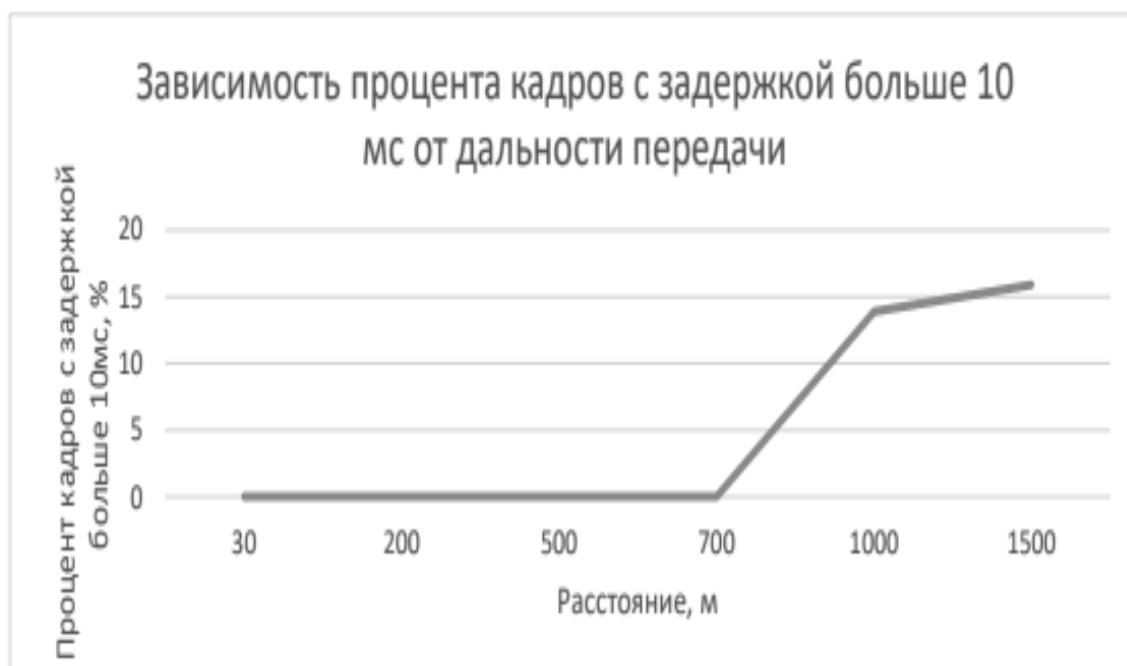


Рис. 3. График зависимости процента кадров с задержкой больше 10 мс от расстояния между приёмником и передатчиком

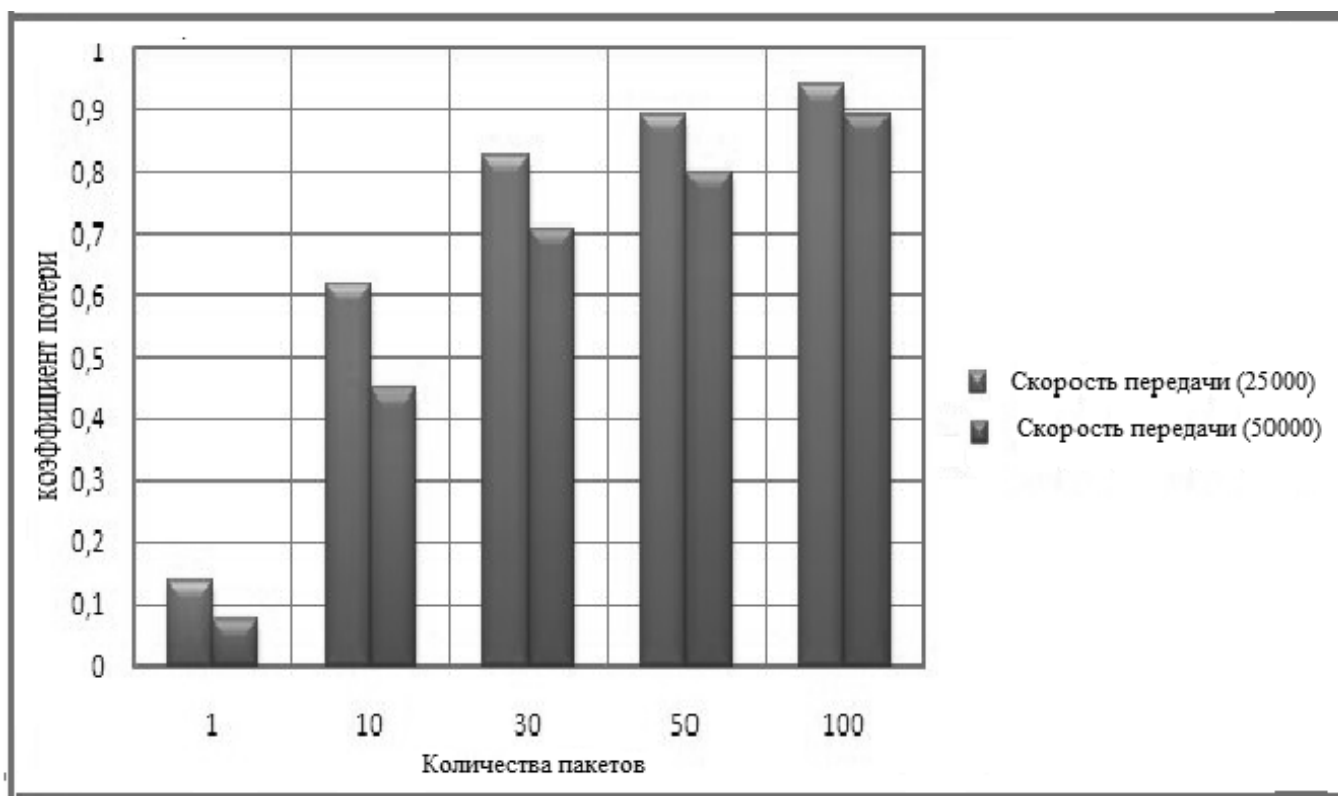


Рис. 4. Зависимости коэффициента потерь от количества пакетов

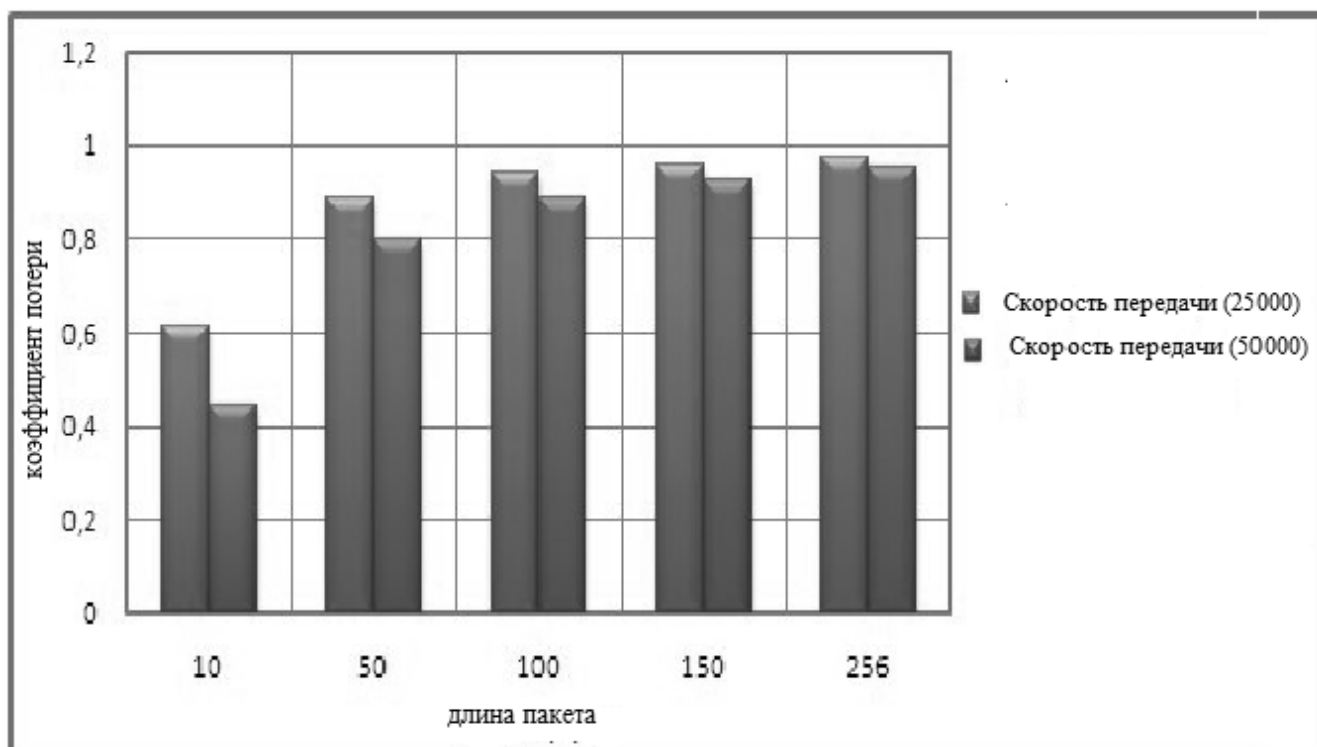


Рис. 5. Зависимость коэффициента потерь от длины пакета

График зависимости процента сообщений с задержкой больше 10 мс от расстояния передачи приведен на рис. 3.

Имитационное моделирование сети **LoRa**. В работе разработана имитационная модель фрагмента сети на базе технологии LoRa для выявления особенностей сети в условиях большого количества абонентских устройств. В качестве примера в данной работе рассмотрена «умная» уличная освещенность в городе.

В Рис. 4 показана Зависимости коэффициента потерь от количества пакетов и в рис. 5 показана Зависимость коэффициента потерь от длины пакета. Полученные результаты можно использовать при проектировании сетей на базе технологии LoRa в условиях города

Выводы

1. Разработана модель предоставления новой услуги «умного» уличного освещения. Выбрано активное оборудование, предложен вариант общей организации физической сети, а также ее

логический вариант реализации в рамках унифицированной сервисной модели, которая может быть успешно использована в условиях умного города.

2. Проведено тестирование сегмента сети, построенного с использованием выбранной ранее беспроводной технологии LoRa, который подтвердил что задержка в сетях LoRa при передаче блоков данных размером, достаточного для инкапсулирования в них информации о срабатывании датчика, крайне мала.
3. Разработана имитационная модель фрагмента сети на базе технологии LoRa для выявления особенностей сети в условиях большого количества абонентских устройств.
4. Реализовав услугу освещения, используя созданную стандартизированную беспроводную технологию физической сети и унифицированную сервисную модель, можно с минимальными вложениями увеличить число предоставляемых услуг в рамках разрабатываемого проекта, добавив, например, анализ загрязнения воздуха, или «умные» мусорные контейнеры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fujdiak, R., Masek, P., Mlynek, P., Misurec, J., Muthanna, A. Advanced optimization method for improving the urban traffic management. In: 18th Conference of Open Innovations Association and Seminar on Information Security and Protection of Information Technology (FRUCT-ISPIT), pp. 48–53. IEEE (2016)
2. ISO & IEC. Smart cities: Preliminary Report 2014. ISO/IEC JTC1 Information technology (pdf). International Organization for Standardization
3. Komninos. What makes cities intelligent? // Smart Cities: Governing, Modelling and Analysing the Transition.— Taylor and Francis.— стр. 77.— ISBN978–1135124144.
4. Khakimov A., Muthanna A., Kirichek R., Koucheryavy A., Muthanna M. S.A Investigation of methods for remote control iot-devices based on cloud platforms and different interaction protocols. .Proceedings of the 2017 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus) 2017. С. 160–163. «Wi-Fi for the Internet of things gets a name: Wi-Fi HaLow». ComputechTechnologyServicesBlog. Computechtechnologyservices.com.
5. LoRaWAN Specification 1.0: LoRa Alliance, Inc. (2015) [Электронный ресурс] / URL: <http://www.lora-alliance.org/portals/0/specs/LoRaWANSpecification1R0.pdf>
6. Energy and Urban Innovation [Электронный ресурс] / World Energy Council — London, Great Britain, 2010. — 183 стр. — URL: <http://www.worldenergy.org/publications/default.asp>.

© Мутанна Мохаммед Салех Али (muthanna@mail.ru), Лячек Юлий Теодосович (ytlyachek@mail.ru),

Мутанна Мохаммед Манеа Ахмед (mmutanna@hotmail.com), Абдулла Вадхах Ахмед Мутханна (wadhahabdullah1990@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ШУМОПОДАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ

AUTOMATED IMAGE DENOISING SYSTEM USING DEEP LEARNING METHOD FOR FACE RECOGNITION

Naing Min Tun
A. Gavrilov
Nyan Linn Tun
Pyaе Phyо Paing
Htet Aung

Summary. Analysis of various methods of noise reduction used in the facial recognition system is given. The algorithm of the autoencoder for solving the problem of noise reduction is constructed. Python program is used for modeling the algorithm of the autoencoder. The results of the proposed method have been compared with other standard noise reduction methods. Estimating the efficiency of the algorithm is given using machine learning methods for face recognition purposes.

Keywords: denoising, autoencoder, face recognition, deep learning.

Наинг Мин Тун

Аспирант, Московский государственный
технический университет им. Н.Э. Баумана
naingminhtun52@gmail.com

Гаврилов Александр Игоревич

К.т.н., доцент, Московский государственный
технический университет им. Н.Э. Баумана
alexgavrilov@mail.ru

Ньян Линн Тун

Аспирант, Московский государственный
технический университет им. Н.Э. Баумана
nyanlin54@gmail.com

Пья Пьо Паинг

Аспирант, Московский государственный
технический университет им. Н.Э. Баумана
ppaing12@gmail.com

Хтет Аунг

Аспирант, Московский государственный
технический университет им. Н.Э. Баумана
happyland27057@gmail.com

Аннотация. Приведен анализ различных методов уменьшения помехи, использованный в системе распознавания лиц. Построен алгоритм автоэнкодера решения задачи уменьшения помехи. Использована программа Питон для моделирования рассмотренных подходов. Показаны результаты сравнения предложенного метода с нескольких методов уменьшения помехи. Приведены оценки эффективности работы алгоритма с помощью методов машинного обучения для целей распознавания лиц.

Ключевые слова: шумоподавление, авторэнкодер, распознавание лиц, глубокое обучение.

Введение

В настоящее время распознавание лиц достигло большого прогресса для различных потенциальных применений в областях безопасности и чрезвычайных ситуаций [1–4], правоохранительных органов [5] и видеонаблюдения [6–8], контроля доступа [9] и т.д. Однако в некоторых неконтролируемых условиях, включая различное освещение, позы, мимику и шум, производительность системы распознавания лиц будет резко снижена. Были проведены обширные работы по решению проблем освещения, ракурса, выражения лица и получены положительные результаты [10–12]. Однако изображение лица уязвимо для шумов при его получе-

нии, квантовании, сжатии и т.д.; когда рассматриваются зашумленные изображения, точность распознавания большинства подходов значительно падает.

Изображение часто искажается шумом при его получении и передаче. Шумоподавление используется для удаления аддитивного шума, сохраняя при этом как можно больше важных характеристик сигнала. Как правило, наборы данных, собираемые датчиками изображения, загрязнены шумом. Несовершенные инструменты, проблемы с процессом сбора данных и вмешивающиеся природные явления-все это может повредить интересующим данным. Таким образом, шумоподавление является важной технологией в анализе изображений

и первым шагом, который необходимо сделать перед анализом изображений. Поэтому для предотвращения такого рода искажений цифровых изображений необходимы методы шумоподавления [13].

Шум содержит нежелательную информацию в цифровых изображениях и создает нежелательные эффекты, такие как артефакты, нереалистичные края, невидимые линии, углы, размытые объекты, нарушает фоновые сцены. Чтобы уменьшить эти нежелательные эффекты, предварительное изучение моделей шума необходимо для дальнейшей обработки. Существует несколько моделей шума, некоторые из которых представлены в работе [14].

Были предложены различные методы снижения влияния шума на изображения до стадии распознавания. Одним из подходов является трансформация сигналов изображения в альтернативную область, где они могут быть более легко отделены от шума [15–17]. Другая группа методов — это захват статистики изображений непосредственно в области изображений [18, 19]. Обе эти категории подходов позволяют получить изображения хорошего качества. Но изображение после подавления помех имеет тенденцию терять часть информации, что вредит распознаванию изображения на последующей стадии. С развитием глубоких искусственных нейронных сетей может быть достигнут сквозной процесс шумоподавления. В этой статье мы используем автоэнкодер для достижения шумоподавления.

Методы шумоподавления

Существующие методы способны дать хорошие результаты во многих практических сценариях. Среди стандартных методов шумоподавления можно выделить медианную фильтрацию, байесшринк, висушринк и автоэнкодер.

Медианный фильтр: медианный фильтр работает по принципу скользящего окна. Ядро размером 3×3 , 5×5 или 7×7 пикселей сканируется поверх пиксельной матрицы всего изображения. Вычисляется медиана значений пикселей в окне, и центральный пиксель окна заменяется вычисленной медианой. Медиана более устойчива по сравнению со средним значением. Таким образом, одиночный нерепрезентативный пиксель в окрестности не будет существенно влиять на медианное значение. Поскольку медианное значение должно фактически быть значением одного из пикселей в окрестности, медианный фильтр не создает новых нереалистичных значений пикселей, когда фильтр пересекает границу области. По этой причине медианный фильтр гораздо лучше сохраняет острые края, чем усредняющий фильтр.

Байесшринк: Байесшринк был предложен Чангом, Ю и Веттерли [20]. Цель этого метода заключается в минимизации байесовского риска, поэтому метод получил название Байесшринк. Он использует мягкое пороговое значение и зависит от поддиапазона, что означает, что пороговое значение выполняется в каждой полосе разрешения в вейвлет-декомпозиции. Порог Байеса T_B определяется как:

$$T_B = \frac{\sigma^2}{\sigma_X}$$

где σ^2 — дисперсия шума, а σ_X — дисперсия сигнала без шума. Выход метода Байесшринка гораздо ближе к высокому качеству изображения.

Висушринк: Висушринк был введен Донохо [21]. Он использует пороговое значение T , пропорциональное стандартному отклонению шума. Он следует жесткому правилу порогового удержания и определяется как:

$$T = \sigma \sqrt{2 \log(n)}$$

где σ — стандартное отклонение шума от уровня шума, а n — размер выборки.

Висушринк можно рассматривать как применение универсальных пороговых селекторов, которые проявляют близкие к оптимальным свойства минимаксной ошибки и обеспечивают с высокой вероятностью, что оценки так же гладки, как истинные базовые функции [21]. Однако Висушринк, как известно, дает восстановленные изображения, которые чрезмерно сглажены. Это происходит потому, что Висушринк удаляет слишком много коэффициентов. Другим недостатком является то, что он не может удалить спекл-шум (speckle noise). Он может иметь дело только с аддитивным шумом. Висушринк следует схеме глобального порогового значения [22], где существует одно пороговое значение, применяемое глобально ко всем вейвлетам.

Автоэнкодер — это тип искусственной нейронной сети, используемый с целью сжатия данных или удаления шума. Некоторые исследователи отметили, что автоэнкодер имеет возможность изучать основные представления цифровых сигналов, и дает возможность работы с сетевой структурой, только если ограничить ожидаемый выходной сигнал таким же или аналогичным входному. Кроме того, автоэнкодер может эффективно восстанавливать изображения [23].

Авторэнкодер имеет основные свойства, которые зависят от данных, с потерями и могут автоматически изучать представления ядра из входных примеров без каких-либо контрольных сигналов, следовательно, метод относится к обучению без учителя [24]. Более того, в ав-



Рис. 1. Функционирование автоэнкодера по шумоподавлению изображения.

торэнкодере энкодер и декодер обычно являются нейронными сетями. Автоэнкодер зависит от данных, так как сеть может использоваться только для сжатия данных, аналогично тому, как они были обучены, поэтому эта структура зависит от конкретной задачи. Автоэнкодер также является методом сжатия с потерями, т.е. выход может иногда иметь плохую производительность. Автоэнкодер настраивается автоматически на примерах данных и представляет собой сквозной процесс обучения.

В этой статье автоэнкодер использован для уменьшения шума изображения. В общем случае он состоит из двух основных частей: кодера и декодера. Кодер отображает входные изображения в скрытое представление и декодер восстанавливает оригинал изображения из кодов, генерируемых кодером. Типичный рабочий процесс сети сверточного автоэнкодера показан на рис. 1.

Как математическое выражение, автоэнкодер берет незамеченный обучающий входной набор данных (домен X) и создает изображения (домен F). Общее описание автоэнкодера можно представить следующим образом:

$$\begin{aligned} \phi : X &\rightarrow F \\ \psi : F &\rightarrow X \\ \phi, \psi &= \arg \min_{\phi, \psi} \|X - (\psi \circ \phi) X\|^2 \end{aligned}$$

Где, ϕ обозначает функцию кодера, которая отображает входные данные изображения X в скрытое пространство (скрытые представления) F . ψ обозначает функцию декодера, которая отображает скрытое пространство F на выход X .

Сеть кодировщика автоэнкодера может быть представлена стандартной функцией нейронной сети через функцию активации следующим образом:

$$z = \sigma(Wx + b)$$

где z — элемент скрытого пространства. Аналогично, сеть декодера может быть представлена в той же форме, но с другим весом, смещением и используемой функцией активации.

$$x' = \sigma'(W'z + b')$$

Где, σ', W', b' сети декодера могут быть не связаны σ, W, b сети энкодера.

Автоэнкодеры обучены минимизировать функцию потерь, которая может быть записана в терминах функции нейронной сети с использованием стандартного метода обратного распространения. Это можно записать следующим образом:

$$L(x, x') = \|x - x'\|^2 = \|x - \sigma'(W'(\sigma(Wx + b)) + b')\|^2$$

Где, x обычно усредняется по некоторому входному обучающему набору.

Решение задачи шумоподавления

Необходимо выполнить этап шумоподавления для того, чтобы сделать систему распознавания по зашумленным изображениям такой, как описано выше. Также, необходимо применить модель шума к изображениям для оценки моделей шумоподавления. Упрощенная общая модель деградации изображения для задачи шумоподавления, широко принятая в литературе, определяется как:

$$y = x + n$$

где x относится к неизвестному высококачественному изображению (основная истина), y — ухудшенное изображение, а n представляет аддитивный шум.

В данной работе рассматривается гауссов шум в виде следующего уравнения:

$$P(g) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(g-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

где g — серый уровень, σ — стандартное отклонение и μ — среднее значение. Результаты добавления гауссова шума представлены на рис. 2.

После применения гауссовой модели шума к изображениям, создается модель автоэнкодера с целью

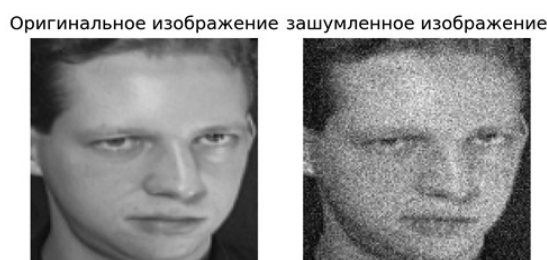


Рис. 2. Изображение до и после добавления шума

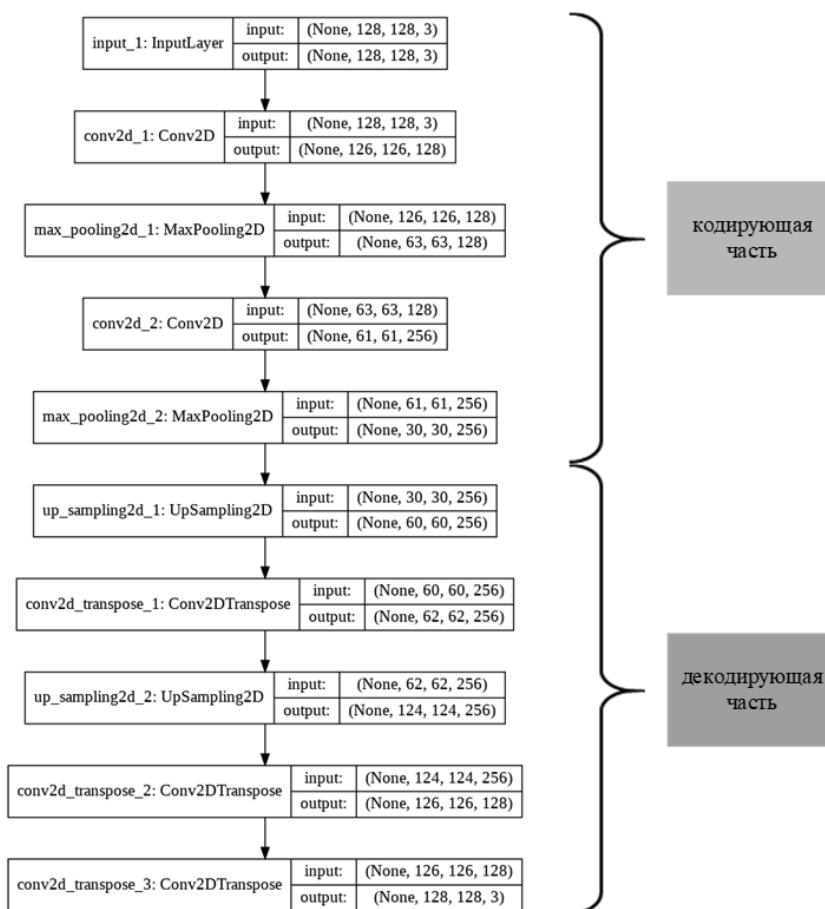


Рис. 3. Сетевая архитектура свёрточного авторэнкодера

устранения шума из изображений. Архитектура автоэнкодера составлена из двух 2D сверточных слоев для кодирующей части и двух 2D деконволюционных слоев для декодирующей части. Архитектура модели автоэнкодера представлена на рисунке 3. Модель автоэнкодера обучена в системе облачной службы «Google Colab», поддерживаемой GPU. ORL лицевая база данных, используемая для эксперимента, состоит из 400 изображений размером 112x92 и 256 уровней серого цвета на пиксель. Эта база данных разделена на две группы с целью обучения модели автоэнкодера, 75% для обуча-

ющей части и 25% для тестовой части соответственно. Потери на одну эпоху в процессе обучения представлены на рисунке 4.

Результаты шумоподавления на случайно выбранном тестовом изображении из ORL базы данных представлены на рис. 5 и в таблице 1.

Также ясно, что производительность автоэнкодера лучше, чем у других методов при различных уровнях шума.

Таблица 1. Сравнение результатов PSNR с использованием различных методов шумоподавления

значение параметра помехи	С шумом	Медианный метод	Байесшринк	Висушринк	Авторэнкодер
$\sigma = 0.10$	19.99	29.80	29.73	26.69	31.91
$\sigma = 0.15$	16.45	26.62	27.89	23.73	29.88
$\sigma = 0.20$	14.03	24.50	26.84	21.67	27.35

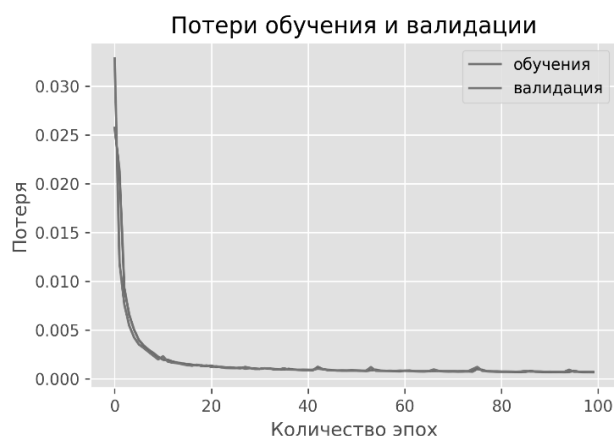


Рис. 4. Обучение авторэнкодера



Рис. 5. Сравнение результатов на зашумленном изображении с использованием различных методов шумоподавления

Для распознавания лиц использованы модель FaceNet [25] и метод опорных векторов (SVM). Проведено исследование как эта модель распознавания лиц может работать на зашумленных изображениях с различными фильтрами шумоподавления или без них. Результаты представлены в виде кривой precision-recall на рис. 6, а оценки точности при различной плотности шума $\sigma = 0.10, 0.15$ и 0.20 приведены в таблице 2.

В соответствии с рисунком 6 и таблицей 2 можно сделать вывод, что предлагаемая сверточная модель автоэнкодера может обеспечить лучшую производи-

тельность модели распознавания лиц, чем другие фильтры шумоподавления.

Заключение

В работе представлен метод шумоподавления на изображениях на основе сверточного автоэнкодера. Предложены архитектура автоэнкодера, принимающей на вход зашумленные двумерные изображения разрешением 128×128 пикселей и отдающей изображения без шумов с тем же самым разрешением. Предложенная архитектура была реализована с использованием

Таблица 2. Результаты точности описаны по различной плотности шума

Плотность шума	Без шумов	С шумом	Медианный метод	Байесшринк	Висушрик	Авторэнкодер
$\sigma = 0.10$	99.46	97.56	99.35	99.04	98.90	99.38
$\sigma = 0.15$	99.46	88.43	97.72	95.28	94.79	99.33
$\sigma = 0.20$	99.46	63.25	96.09	84.35	85.26	97.49

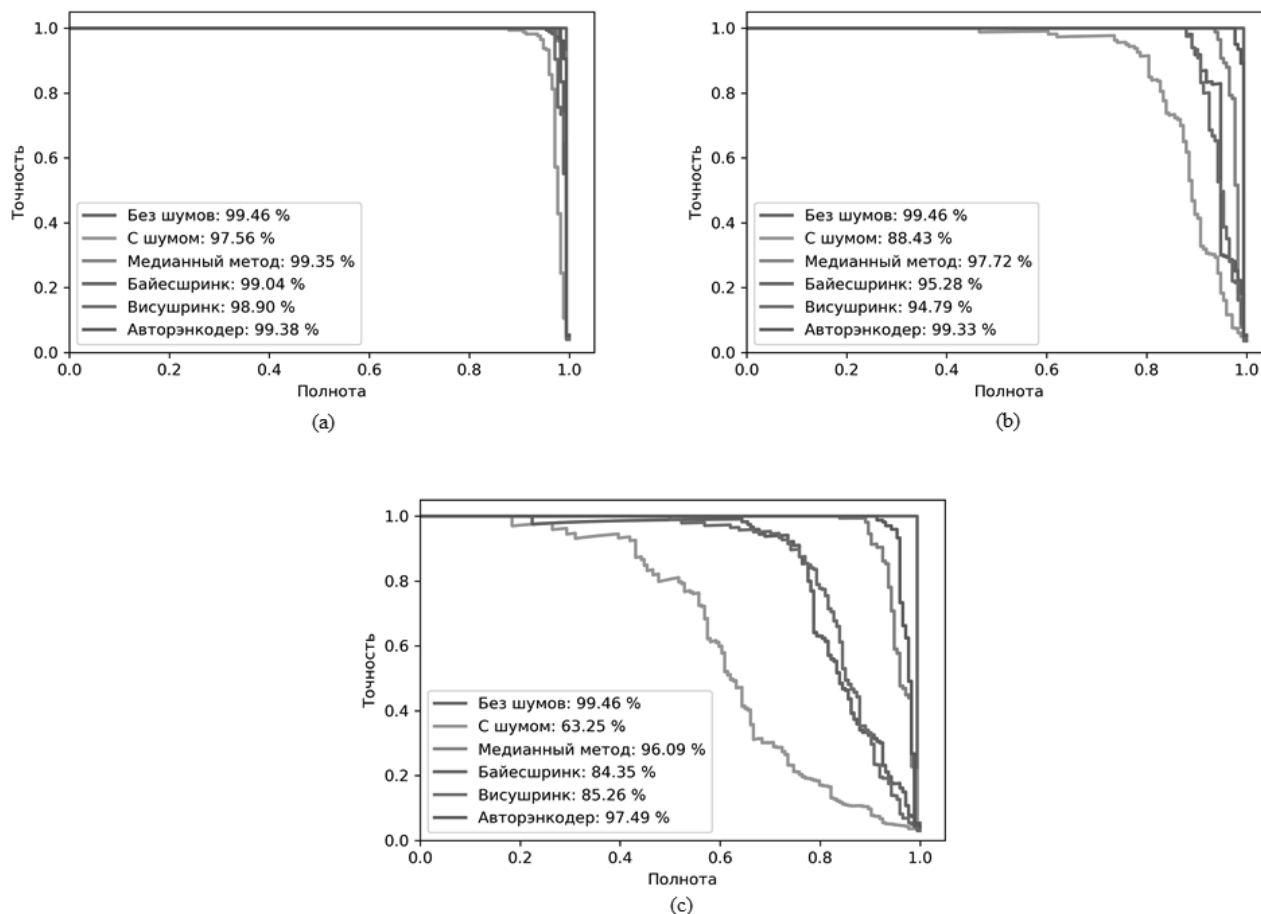


Рис. 6. Оценки точности распознавания лиц при различных плотностях шума (а) плотность гауссовского шума $\sigma = 0.10$ (б) $\sigma = 0.15$ (в) $\sigma = 0.20$

библиотеки Keras. Обучение произведено с использованием графического процессора GPU на Google Colab. Тестирование архитектуры показало, что она хорошо обучается на зашумленных изображениях. Произведено сравнение предложенного метода автоэнкодера с несколькими стандартными методами шумоподавления и утверждено то, что наилучшим методом является авторэнкодер по факту пикового отношения сигнал / шум.

Основным преимуществом алгоритма автоэнкодера является возможность качественного восстановления из зашумленных изображений. Основным недостатком

представленного алгоритма автоэнкодера является необходимо использовать графические процессоры видеокарт по причине высокой вычислительной сложности.

В работе рассмотрено применение автоэнкодера в задаче распознавания лиц путем предварительной обработки фильтрации. Представлено влияние автоэнкодера на систему распознавания лиц при условии зашумленных обстоятельствах. Одна из возможных будущих работ заключается в использовании автоэнкодера в качестве этапа предварительной обработки системы распознавания лиц в ночное время для дальнейшего повышения точности и надежности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Padmapriya S., Kalajames E. A., Real Time Smart Car Lock Security System Using Face Detection and Recognition. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2012, pp. 1–6
2. Z. Xu, C. Hu, L. Mei, Video structured description technology-based intelligence analysis of surveillance videos for public security applications. *Multimed. Tools Appl.* 75(19), 1–18 (2015)
3. Z. Xu, Y. Liu, H. Zhang et al., Building the multi-modal storytelling of urban emergency events based on crowdsensing of social media analytics. *Mob. Netw. Appl.* 22(2), 218–227 (2017)
4. Y. Yang, Z. Xu et al., A security carving approach for AVI video based on frame size and index. *Multimedia Tools Appl.* 76(3), 3293–3312 (2017)
5. D. McAllister, Law Enforcement Turns to Face-Recognition Technology. *Information Today.* 24(5) (2007)
6. Z. Yan, Z. Xu, JD., The Big Data Analysis on the Camera-based Face Image in Surveillance Cameras. *Intell. Autom. Soft Comput.* doi: 10.1080/10798587.2016.1267251 (2016)
7. Z. Xu, et al., The big data analytics and applications of the surveillance system using video structured description technology. *Clust. Comput.* 19(3), 1283–1292 (2016)
8. B. Kamgarpari, W. Lawson, B. Kamgarpari, Toward development of a face recognition system for watchlist surveillance. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 33(10), 1925–1937 (2011)
9. S.J. McKenna, S. Gong, Non-intrusive person authentication for access control by visual tracking and face recognition. *Lect. Notes Comput. Sci.* 1206, 177–183 (2006)
10. H. Roy, D. Bhattacharjee, Local-gravity-face (LG-face) for illumination-invariant and heterogeneous face recognition. *Info. Forensics Secur. IEEE Trans.* 11(7), 1–1 (2016)
11. X Wang, Q Ruan, Jin, et al., Three-dimensional face recognition under expression variation. *EURASIP J. Image Video Process.* 54(1): 1–11 (2014)
12. MH Siddiqi et al., Human facial expression recognition using curvelet feature extraction and normalized mutual information feature selection. *Multimedia Tools Appl.* 75(2), 935–959 (2016)
13. Rajni, Anutam, "Image Denoising Techniques –An Overview," *International Journal of Computer*, Vol. 86, No.16, January 2014.
14. Ajay Kumar Boyat, Brijendra Kumar Joshi, "A REVIEW PAPER: NOISE MODELS IN DIGITAL IMAGE PROCESSING," *Signal & Image Processing: An International Journal (SIPIJ)* Vol.6, No.2, pp.63–75, 2015
15. J Xu, K Zhang, M Xu, Z Zhou, "An adaptive threshold method for image denoising based on wavelet domain," *Proc. SPIE Int. Soc. Opt. Eng.* 7495, 165 (2009)
16. J Portilla, V. Strela et al., Image denoising using scale mixtures of Gaussians in the wavelet domain. *IEEE Trans. Image Process.* 12(11), 1338–1351 (2003)
17. F Luisier, T. Blu, M Unser, A new SURE approach to image denoising: interscale orthonormal wavelet thresholding. *IEEE Trans. Image Process.* 16(3), 593–606 (2007)
18. B.A. Olshausen, D. J. Field, Sparse coding with an overcomplete basis set: a strategy employed by V1? *Vision Res.* 37(23), 3311–3325 (1997)
19. M Elad, M Aharon, Image denoising via sparse and redundant representations over learned dictionaries. *IEEE Trans. Image Process.* 15(12), 3736–3745 (2006)
20. S. Grace Chang, Bin Yu and Martin Vetterli, "Adaptive Wavelet Thresholding for Image Denoising and Compression," *IEEE Trans. Image Processing*, Vol 9, No. 9, Sept 2000, pg 1532–1546.
21. David L. Donoho, "De-noising by soft-thresholding," <http://citeseer.nj.nec.com/cache/papers/cs/2831http://zSzzSzwwwwstat.stanford.eduzSzreportszSzdonohozSzdenoiserelease3.pdf/donoho94denoising.pdf>, Dept of Statistics, Stanford University, 1992.
22. Anestis Antoniadis, Jeremie Bigot, "Wavelet Estimators in Nonparametric Regression: A Comparative Simulation Study," *Journal of Statistical Software*, Vol 6, I 06, 2001.
23. «Image recovery Theory and application», *Automatica*, vol. 24, no. 5, pp. 726–727, 1988.
24. M. Celebi and K. Aydin, Unsupervised learning algorithms.
25. Florian Schroff, Dmitry Kalenichenko, and James Philbin, "Facenet: A unified embedding for face recognition and clustering," in *CVPR*, 2015, pp. 815–823 *Transl. J. Magn. Japan*, vol. 2, pp. 740–741

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ АРХИТЕКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕЙ АЛГОРИТМЫ МАШИННОГО СЛУХА

FEATURES OF THE DESIGN OF ARCHITECTURE OF INFORMATION SYSTEMS USING MACHINE HEARING ALGORITHMS

*T. Repetskaya
N. Repetskaya*

Summary. Features of the design of architecture of information systems using machine hearing algorithms are considered. The classification of typical tasks solved using machine hearing algorithms is carried out, taking into account the requirements and limitations of the modern IT infrastructure. As a result of this research, an approach to the design of the architecture of software solutions was developed taking into account the specifics of such algorithms.

Keywords: machine hearing, architecture of information systems, design of the architecture of software solutions.

Репецкая Татьяна Олеговна

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики» (г. Москва)
torepetskaya@edu.hse.ru

Репецкая Наталья Викторовна

К.э.н., доцент, ИАТЭ НИЯУ МИФИ (г. Обнинск)
nataliavr2005@ya.ru

Аннотация. Рассмотрены особенности построения архитектуры информационной системы, использующей алгоритмы машинного слуха. Проведена классификация типовых задач, решаемых с помощью алгоритмов машинного слуха, с учетом требований и ограничений со стороны современной ИТ-инфраструктуры. В результате проведенного исследования сформирован подход к разработке архитектуры программных решений с учетом специфики таких алгоритмов.

Ключевые слова: машинный слух, архитектура информационной системы, разработка архитектуры программных решений.

Технологии искусственного интеллекта, перспективного научного направления, ставшего популярным за последние 10 лет, развиваются все с большими темпами и предоставляют пользователям компьютерной техники разнообразный инструментальный функционал. Системы искусственного интеллекта помогают людям решать задачи разного уровня сложности, как в научно-производственной сфере, так и в бытовой, применяются в системах безопасности, биометрических системах, технологиях «умного дома» и «умного города».

Одним из основных понятий искусственного интеллекта является машинное восприятие (Machine Perception), к которому относятся машинное зрение (Machine Vision), машинный слух (Machine Hearing) и машинное осязание (Machine Touch) [4].

Наиболее распространенными и более изученными из систем машинного восприятия сегодня являются системы машинного зрения. Они позволяют компьютеру «видеть» объекты окружающего мира, различать их и на основе анализа данных предлагать наиболее оптимальные решения поставленных задач. Немало важным также является возможность научить компьютер «слышать» и идентифицировать различные звуки окружающего мира, что объясняет стремительное развитие

и рост популярности систем такого типа, например, систем распознавания речи.

Благодаря достижениям в области информационных технологий, алгоритмы машинного слуха делают возможным решение множества задач в сфере банковской деятельности, медицины, безопасности, робототехники и др., что делает это направление предметом интереса как науки, так и государства, и бизнеса [3]. Однако степень изученности области машинного слуха по-прежнему остается низкой в сравнении с другими областями машинного восприятия.

Машинный слух — это способность компьютерной системы с помощью аппаратных и программных средств воспринимать, обрабатывать и анализировать данные в виде звуковых волн [3]. Выделяют следующие направления машинного слуха: распознавание и анализ музыки [7], распознавание речи [5] и распознавание звуков окружающей среды [1, 4], в каждом из которых можно выделить свойственные им типы решаемых задач (рис. 1).

Каждое из существующих направлений машинного слуха имеет свою специфику, учитывающую требования к входным данным, объем обрабатываемых данных, нагрузку на систему, инструменты обработки и другие критерии. Поэтому очень важно развивать понимание



Рис. 1. Направления машинного слуха (типы решаемых задач, примеры существующих систем)

	Распознавание и анализ музыки (Music Recognition)			Распознавание речи (Speech Recognition)			Распознавание окружающей среды (ESR)	
	Распознавание трека	Поиск аналогичных треков	Распознавание верхнеуровневых признаков трека	Распознавание слов	Распознавание слитной речи	Идентификация паттернов речи	Определение звуковых сцен	Распознавание звуковых событий
Требования к входным данным	Низкий уровень шума	Отсутствие шума/Низкий уровень шума	Отсутствие шума/Низкий уровень шума	Низкий уровень шума	Низкий уровень шума	Низкий уровень шума	Не имеет значения	Не имеет значения
Обработка входных данных	В режиме реального времени/Автономно	В режиме реального времени/Автономно	В режиме реального времени/Автономно	В режиме реального времени	В режиме реального времени	В режиме реального времени	В режиме реального времени	В режиме реального времени
Объем обрабатываемых данных	Средний	Очень большой	Средний	Средний	Большой	Средний	Очень большой	Очень большой
Инструмент обработки	Метод сигнатур	Метод акустических отпечатков/Машинное обучение	Метод обертонового ряда	Скрытая Марковская модель	Скрытые Марковские модели/Машинное обучение	Скрытые Марковские модели/Нейронные сети	Машинное обучение	Машинное обучение
Объем хранимых данных	Очень большой	Очень большой	Низкий	Средний	Очень большой	Средний	Очень большой	Очень большой
Нагрузка на систему	Средняя	Средняя/Высокая	Средняя	Средняя	Средняя/Высокая	Средняя	Высокая	Высокая
Надежность	Высокая	Высокая	Средняя	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая

Рис. 2. Классификация типовых задач машинного слуха и их специфика

тех проблем, которые могут быть решены с помощью алгоритмов машинного слуха, а также тех ограничений и требований, которые влечет за собой использование этих алгоритмов в контексте современной ИТ-инфраструктуры [2, 6].

В рамках основных направлений машинного слуха можно выделить более узкие задачи, решаемые с помощью алгоритмов машинного слуха. Изучив научные статьи зарубежных авторов и проанализировав различные сферы человеческой деятельности, в которых потенци-

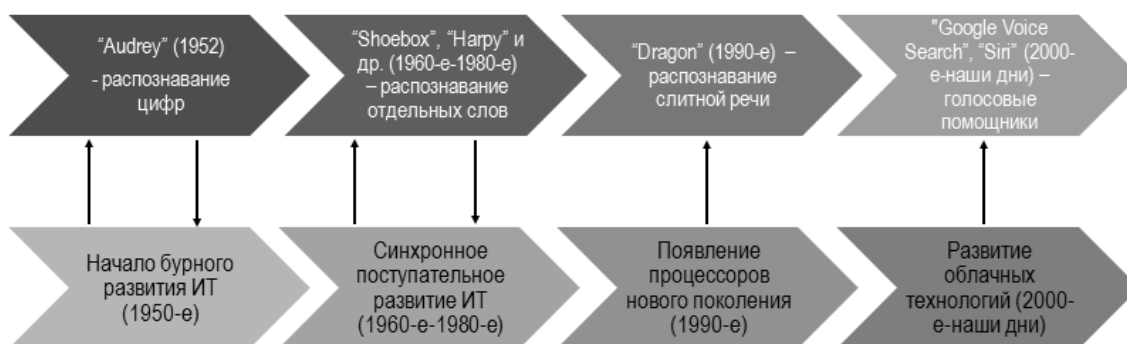


Рис. 3. Взаимовлияние технологий машинного слуха и ИТ-инфраструктуры (на примере распознавания речи)

ально могут быть использованы технологии машинного слуха, выделим основные типовые задачи и проведем их классификацию с учетом требований и ограничений (рис. 2).

Развитие информационных технологий машинного слуха, зарождавшихся еще в середине XX века (Audrey, Shoebbox, Harpy, Dragon, GoogleVoiceSearch, Siri) оказывало влияние на развитие ИТ-инфраструктуры использующих их информационных систем (рис. 3).

А развитие ИТ-инфраструктуры (появление мощных процессоров, хранилищ данных, облачных вычислений), в свою очередь, существенно повлияло на эволюцию технологий распознавания речи и машинного слуха в целом.

Такое взаимовлияние информационных технологий машинного слуха и ИТ-инфраструктуры позволяет сделать вывод, что архитектура информационной системы, использующей алгоритмы машинного слуха, зависит от класса решаемых задач и должна учитывать ограничения и требования, предъявляемые со стороны современной ИТ-инфраструктуры к каждому классу задач. Поэтому при разработке архитектуры ИС таких систем важно понимать, какие задачи машинного слуха будут решаться, и правильно определять требования к разработке.

На основе свода знаний системной инженерии SEBoK [6], методологии построения корпоративных информационных систем Фаулера [8] и с учетом специфики задач машинного слуха сформируем подход к разработке архитектуры информационных систем, использующих алгоритмы машинного слуха. Процесс разработки архитектуры информационных систем, использующих алгоритмы машинного слуха, включает семь основных этапов. Рассмотрим их, и продемонстрируем подход к разработке архитектуры подобной ИС на практиче-

ском примере разработки архитектуры информационной системы сервиса по подбору музыки под настроение.

Описание концепта информационной системы (ИС)

На первом этапе разработки архитектуры информационной системы необходимо описать концепцию ИС в общем виде, отобразить функциональные требования к ИС и пользовательские сценарии для дальнейшей группировки требований.

Например, рекомендательный веб-сервис, который анализирует музыку и формирует плейлисты под настроение пользователя, основываясь на структурной составляющей композиции (ритм, скорость, тональность и пр.), и общепринятых характеристиках (жанр, гармония и др.).

Определение назначения и задач ИС

На следующем этапе разработки архитектуры информационной системы необходимо в рамках описанной концепции сформулировать предназначение разрабатываемой ИС и решаемые системой задачи.

Важно также показать, какие преимущества дает разрабатываемая система пользователям. Целью этого этапа является определение функционала системы на уровне бизнес-требований и их приоритетов.

Например, назначение рекомендательного веб-сервиса — формирование плейлистов песен, хранящихся в памяти системы, за счет формирования предсказаний текущего настроения пользователя в режиме реального времени. Такой функционал предполагает работу системы в режиме реального времени, хранение большого объема данных и одновременную доступность большому количеству пользователей.

Функциональная архитектура	Временная архитектура	Поведенческая архитектура
Выделение физических параметров трека	Каждый раз при загрузке новой композиции в систему	<ul style="list-style-type: none"> • Кластеризация базы треков • Формирование профилей пользователей (информация о любимых/не любимых композициях). • Выбор одного из кластеров для поиска наилучшей песни (песен). • Выбор следующей песни (песен) для рекомендации из кластера
Классификация треков, содержащихся в базе данных сервиса	Ежемесячно при условии добавления новых композиций в базу данных в течение периода	
Определение паттернов поведения пользователя и формирование кластеров его настроений	Регулярно при каждом использовании	
Формирование плейлиста	Регулярно при каждом использовании	
Идентификация пользователя	Регистрация – единожды, авторизация – регулярно	

Рис. 4. Логическая архитектура сервиса по подбору музыки под настроение

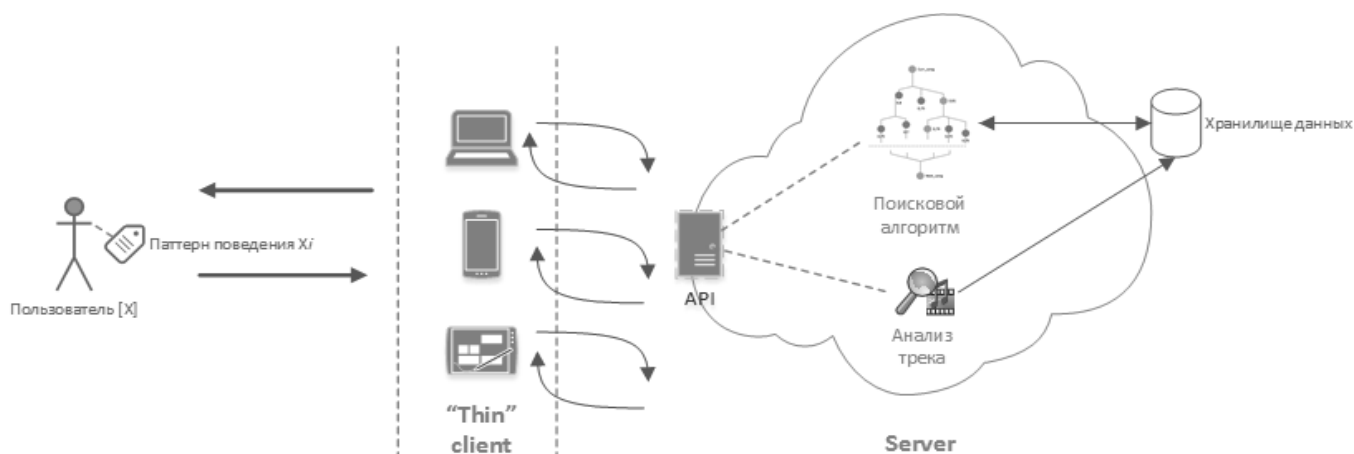


Рис. 5. Компоненты ИС сервиса по подбору музыки под настроение

Классификация решаемой задачи

На основе описанной задачи и бизнес-требований с учетом их приоритизации (этап 1), классифицировать решаемую задачу согласно сформированной классификации типовых задач (таблица 1) с целью заключительного формирования бизнес-требований к системе.

Пример: две типовые задачи направления Music Recognition: распознавание верхнеуровневых признаков трека и поиск аналогичного трека.

Бизнес-требования к информационной системе:

- ♦ работа в режиме реального времени;
- ♦ возможность хранения и обработки большого объема данных одновременно;
- ♦ большое количество пользователей сервиса;

ТРЕБОВАНИЕ (ЭТАП 3)	“ТОЛСТЫЙ” КЛИЕНТ	“ТОНКИЙ” КЛИЕНТ	СМЕШАННЫЙ КЛИЕНТ
Система должна работать в режиме реального времени	Да, безотносительно других пользователей	Да	Да
Должно быть обеспечено хранение и обработка большого количества данных	Нет	Да, но не локально	Да
.....			

Рис. 6. Соотнесение ограничений и требований задачи с моделями клиент-серверного взаимодействия

	Вес параметра	“Толстый” клиент	“Тонкий” клиент	Смешанный клиент
Быстрота реагирования	0,15	3	2	2
Время задержки	0,13	3	1	2
Пропускная способность	0,18	1	3	3
Чувствительность к загрузке	0,14	3	2	2
Эффективность	0,12	2	2	3
Мощность	0,20	1	3	3
Способность к масштабированию	0,08	1	3	2
		1,96	2,33	2,50

Рис. 7. Выбор архитектурного решения с помощью метода балльной оценки

- ◆ содержание минимума/отсутствие шума в треках;
- ◆ выдерживать высокую нагрузку, быть высоконадежной;
- ◆ использование алгоритмов машинного слуха (метода акустических отпечатков, обертонового ряда, машинное обучение).

Формирование логической архитектуры

Определение бизнес-требований к системе позволяет на следующем этапе выстроить логическую архитектуру ИС с использованием минимально необходимых

групп архитектур: функциональной, поведенческой и временной. Целью этого этапа является соотнесение бизнес-требований и требований пользователей на уровне функциональных требований.

Логическая архитектура для рассматриваемого примера представлена на рисунке 4.

Выделение компонентов ИС

На следующем этапе разработки архитектуры информационной системы необходимо на основе выстроенной логической архитектуры выделить компоненты

системы и специфические инструменты, необходимые для их реализации с целью извлечения системных требований к программному решению (рис. 5).

Соотнесение ограничений задачи и требований к программному решению с требованиями к ИТ-инфраструктуре

Главной целью этого этапа является формирование вариантов построения архитектуры ИТ-инфраструктуры программного решения. Для этого необходимо группы требований к ИС, определенных на третьем этапе с учетом классификации типовых задач наложить на каждую из возможных моделей клиент-серверного взаимодействия с учетом их специфики. Пример соотнесения ограничений задачи и требований к программному решению с требованиями к ИТ-инфраструктуре для сервиса по подбору музыки под настроение представлен на рисунке 6.

Оценка вариантов и выбор архитектуры ИС

На заключительном этапе разработки архитектуры ИС необходимо выбрать один из сформированных на предыдущих этапах вариант построения архитектуры ИТ-инфраструктуры. Для принятия решений при выборе программного обеспечения целесообразно применять такие методы оценки, как балльная оценка, экспертно-балльная оценка и др.

При осуществлении оценки необходимо учитывать следующие параметры, характеризующие функционирование информационной системы согласно методологии Фаулера [8]:

- ◆ быстроту реагирования,
- ◆ время задержки,
- ◆ пропускную способность (производительность) системы,
- ◆ чувствительность к загрузке (зависимость времени отклика от загрузки),
- ◆ эффективность,
- ◆ мощность,
- ◆ способность к масштабированию.

В рассматриваемом примере разработки архитектуры ИС, использующей алгоритмы машинного слуха, выбор архитектурного решения выполним с помощью метода балльной оценки (рис. 7).

В результате проведенной оценки выбран вариант построения архитектуры информационной системы сервиса по подбору музыки под настроение по смешанной модели клиент-серверного взаимодействия.

Таким образом, сформирован и показан на практике подход к построению архитектуры информационной системы, использующей алгоритмы машинного слуха, который позволяет учесть специфику решаемых с помощью таких алгоритмов задач и получить на выходе комплексный набор требований. В результате применения представленного подхода формируется набор возможных решений поставленной задачи, по которым экспертная группа проектной команды разработки осуществляет окончательный выбор архитектурного решения. Сформированный подход к разработке архитектуры информационной системы, использующей алгоритмы машинного слуха, позволит более правильно определить исходные требования к разработке, минимизировать возможные ошибки разработки и, тем самым, сократить затраты на разработку ИС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aytar Y., Vondrick C., Torralba A. Soundnet: Learning sound representations from unlabeled video // Advances in Neural Information Processing Systems. — 2016. — С. 892–900.
2. Laan S. IT Infrastructure Architecture-Infrastructure Building Blocks and Concepts Third Edition. — Lulu.com, 2017.
3. Lyon R. F. Machine hearing: An emerging field [exploratory dsp] // IEEE signal processing magazine. — 2010. — Т. 27. — № . 5. — С. 131–139.
4. Piczak K. J. Environmental sound classification with convolutional neural networks // Machine Learning for Signal Processing (MLSP), 2015 IEEE 25th International Workshop on. — IEEE, 2015. — С. 1–6.
5. Pinola M. Speech recognition through the decades: How we ended up with siri // Web log post. TechHive. IDGTechNetwork. — 2011. — Т. 2.
6. Pyster A. et al. Guide to the systems engineering body of knowledge (SEBoK) v. 1.0. 1 // Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK). — 2012.
7. Wang A. The Shazam music recognition service // Communications of the ACM. — 2006. — Т. 49. — № . 8. — С. 44–48.
8. Фаулер М. Архитектура корпоративных программных приложений: пер. с англ / М.: Издательский дом Вильямс. — 2006. — 544 с.

© Репецкая Татьяна Олеговна (torepetskaya@edu.hse.ru), Репецкая Наталья Викторовна (nataliavr2005@ya.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ПО КРИТЕРИЮ ОПТИМИЗАЦИИ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ПИТАНИЯ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ПЛАНИРОВАНИЯ РАЦИОНОВ ПИТАНИЯ. МОДЕЛЬ СТИГЛЕРА И ЕЕ РАЗВИТИЕ, ОБЗОР

Смирнов Сергей Павлович

Аспирант, Российский технологический университет МИРЭА (г. Москва)
spvert@mail.ru

MATHEMATICAL METHODS FOR EVALUATING THE OPTIMAL VARIANT BY THE CRITERION OF OPTIMIZATION OF CONTROLLED NUTRITION INTAKE PARAMETERS IN SOLVING THE PROBLEM OF DIET PLANNING. STIGLER MODEL AND ITS DEVELOPMENT, REVIEW.

S. Smirnov

Summary. The paper considers methods for automating the development of food rations for various applications, based on the need for solving practical problems. The article considers the relevance of the task of diets planning to solve the problems of developing diets to treat obesity, to provide a minimum satisfactory diet to handle hunger issue, to evaluate a diet for astronauts and other special consumers. The article considers the creation of the Stigler method for calculating rations (the Stigler model) and its development in the last fifty years. The main approaches to solve the problem of diet planning, the key parameters of the tasks solved by the methods presented, and the identified limitations of the approaches described in the literature are considered. As a result of the analysis, a model describing the biological system of human-environment-nutrition is proposed, which allows sorting out the identified limitations of the method. The key interactions within the system model are considered. The main factors that influence the behavior of system components are considered: meta-genetic, geographical, social, environmental, nutritional value factors, variability, feedback factors, environmental effects, and others. The concept of "health" of the system is introduced, the meaning of "healthy" for each of the components of the biological system is defined. The simulation parameters for calculating the ration within the framework of the proposed model are formulated.

Keywords: diet, diet calculation, diet planning, mathematical model, diet model, Stigler model.

Аннотация. В работе рассмотрены методы автоматизации разработки рационов питания для различных применений, исходя из потребности в решении практических задач. Рассмотрена актуальность задачи планирования рационов питания для решения задач разработки диет для борьбы с ожирением, обеспечения минимально удовлетворительного рациона для борьбы с голодом, обеспечения специализированного рациона для космонавтов и других особых потребителей. Рассмотрено создание метода Стиглера расчета рационов (модели Стиглера) и ее развитие в последние пятьдесят лет. Рассмотрены основные подходы к решению задачи планирования рациона, ключевые параметры решаемых представленными методами задач и выявленные ограничения описанных в литературе подходов. В результате проведенного анализа, предложена модель, описывающая биологическую систему человек-среда-питание, позволяющая преодолеть выявленные ограничения метода. Рассмотрены ключевые взаимодействия внутри рассматриваемой модели системы. Рассмотрены основные факторы, оказывающие влияние на поведение компонентов системы: мета-генетические, географические, социальные, экологические, факторы пищевой ценности, вариативности, факторы обратной связи, влияния на окружающую среду и другие. Введено понятие «здоровья» системы, определено значение «здоров» для каждого из компонентов биологической системы. Сформулированы параметры моделирования для расчета рациона в рамках предложенной модели.

Ключевые слова: рацион питания, расчет рациона питания, диета, математическая модель, модель питания, модель Стиглера.

Задача планирования рациона питания существует, по факту, несколько тысячелетий. Ключевыми факторами, явившимися двигателями формирования и развития современного системного подхода к анализу проблемы планирования рациона стали нарастающая потребность в оптимизации затрат на снабжение уве-

личивающейся армии, острая необходимость создания рекомендаций по питанию в критические (кризисные) периоды. Также, начиная с середины двадцатого столетия, в рамках решения задачи по оптимизации стоимости производства продуктов питания и, соответственно, затрат в области животноводства, получило мощное

развитие планирование рациона кормов. Вторая половина двадцатого века привнесла частные, но не менее важные задачи планирования специализированных рационов питания, в том числе для применения в космосе.

В работе [1] рассматривается актуальность задач разработки рационов питания в контексте двух противоположных по смыслу проблем, каждая из которых трагирует, примерно, по миллиарду человек, и решение каждой из которых предполагает использование инструментов планирования рационов питания: неинфекционная пандемия ожирения и проблема массового голода. Экономические и гуманитарные последствия, приведенные в [2][3], однозначно указывают на то, что даже небольшой вклад в вопрос борьбы с ожирением или с голодом, может иметь существенную отдачу. Например, в докладе международной Организацией по Экономическому Сотрудничеству и Развитию (ОЭСР, OECD), опубликованном в октябре 2019 года [2], экономическая эффективность мер по борьбе с ожирением ожидается вплоть до шестикратного объема возврата инвестиций. Это делает задачу создания эффективных инструментов для оказания помощи больным с ожирением не только теоретически и гуманитарно важной, но и экономически обоснованной, что позволяет рассчитывать на практическое внедрение результатов проводимых исследований. В то же время проблема массового голода [3] ставит задачу обеспечения выживания в условиях недостаточной доступности еды и ресурсов для ее получения. Неудивительно, что задача снижения затрат, построения удовлетворительного рациона с минимальной стоимостью отмечена как изначальная практически во всех работах, рассматриваемых далее в настоящем обзоре.

Специфика рационов для исследователей космического пространства, например, представленная в обзорах [4][5], включает в себя необходимость употребления особых рационов до, во время и после полета; учета факторов и ограничений, связанных с употреблением пищи, адаптацией организма к условиям невесомости, изменением метаболизма и потребностей, деминерализацией костей, изменением объема крови, а также ограничений, связанных с техническими возможностями доставки, размещения и хранения питания на борту космического корабля.

Первым исследователем задачи автоматизации планирования меню можно назвать Джорджа Стиглера, в чьей работе в 1945 году [6] была впервые осуществлена попытка решения задачи планирования рациона с использованием расчетных методов. Задача решалась с целью поиска возможностей для минимизации расходов на питание при сохранении питательности рациона, что вполне актуально как для 30х/40х годов прошлого века, так и для наступающих времен мировой эконо-

мики. Стиглер предложил решать задачу методом проб и ошибок с целью, на основе высокоуровневого анализа требуемого количества питательных веществ, содержания питательных веществ в различных блюдах и продуктах, оценки минимума функции стоимости рациона питания, состоящего из j компонентов с какой-то определенной ценой, содержащий определенный список питательных веществ (нутриентов):

$$\text{Стоимость} = \sum c_j x_j$$

при выполнении условия качества питания, определенного как общая сумма каждого из питательных веществ, входящих в рацион, превышает потребность в соответствующем нутриенте:

$$\sum a_{ij} x_j \geq R_i$$

Где a_j — количество компонента j ; c_j — стоимость за единицу компонента j ; n_{ij} — содержание питательного вещества i в единице компонента j ; R_i — общая потребность в питательном веществе i .

Несмотря на то, что в работе упомянуто более 30 пищевых компонентов, которые необходимо учитывать в рационе, расчеты проведены только по калорийности, содержанию белка, кальция, железа и 5 витаминам в 77 продуктах или полуфабрикатах.

В результате расчетов по 510 рассмотренным комбинациям в работе представлен рацион с минимальной стоимостью в \$39.93 на человека в год (в ценах 1939 года). Состав предложенного рациона, включавший примерно 165 кг пшеничной муки, 50 кг капусты, 10 кг шпината, 150 кг бобовых и 57 банок сухого молока, был, по факту, непригоден для реального употребления человеком. Сравнение полученных результатов с принятыми в те годы минимальными рационами и, даже, рационами для выживания показывает, что последние стоят в несколько раз дороже (Карпентер и Стибелинг, 1936 — \$100 на человека в ценах 1939 года; Стибелинг и Кларк, 1939 — \$94 на человека; Роуз, 1939 — \$115 на человека), что объясняется автором тем, что принятые рационы рассчитаны вручную и, до некоторой степени, учитывают как предпочтения в питании, так и разнообразие блюд при длительном употреблении, что не могло быть учтено разработанной Стиглером моделью.

Однозначным недостатком модели является отсутствие обратной связи, позволяющей оценить приемлемость рациона для употребления, особенно на продолжительном промежутке времени. Неудивительно, что дальнейшее развитие модель Стиглера получила в сле-

дующих работах, посвященных рационам в животноводстве, где упомянутая проблема нивелирована:

- ◆ В работе голландцев Панне и Поппа [7] 1963 года, рассматривается оптимальный состав кормов для крупного рогатого скота, который может быть сформулирован как задача линейного программирования в случае определенности входных ограничений. В соответствующей постановке линейного программирования коэффициенты ограничений не являются постоянными, но могут рассматриваться как стохастические, что позволяет решать задачу методами нелинейного программирования. В качестве примера в работе эта задача решается с помощью одного из методов допустимых направлений Зойтендейка.
- ◆ В работе Чаппела [8] 1974 года рассматривается применение методов линейного программирования для оптимизации затрат в низкомаржинальном бизнесе производства кормов для животных.
- ◆ В работе американского исследователя Глен [9] 1980 года рассматривается эффективная работа откормочной площадки для мясного скота, определяемая весами при покупке и продаже и соответствующими ценами на животных, а также используемой системой кормления. В рамках исследования разработан метод определения оптимальных систем кормления, отвечающих стандартам питательных веществ, рекомендованным Национальным исследовательским советом США. Этот подход включает в себя сначала использование линейного программирования для определения наименее затратных рационов для получения заданного прироста живой массы у животных с известным живым весом. Далее используется динамическое программирование для определения оптимальной последовательности рационов для кормления с целью достижения заданной живой массы из животных известной начальной массы с минимальными затратами, используя наименьшие затраты рационов, определенные из модели линейного программирования. Результаты этой новой модели динамического программирования затем могут быть использованы для определения оптимального сочетания покупного веса, продажного веса и системы кормления.
- ◆ В другой работе Глен [10] 1986 года рассматривается более комплексная задача оптимизации работы интегрированного растениеводческого и животноводческого предприятия, в котором корма, используемые для кормления крупного рогатого скота, выращиваются самим предприятием. В работе разработана модель линейного программирования данного типа предприятий,

при этом коэффициенты кормовой деятельности животных выводятся из модели динамического программирования. Предложенная модель используется для определения наименее затратного способа кормления животных для получения заданного прироста живой массы с использованием рационов, составленных методом линейного программирования из заданного набора кормов.

- ◆ В работе британского исследователя Манфорда [11] 1989 года уже описывается микрокомпьютерная система формирования рационов питания животных методом линейного программирования. Эта система была разработана для использования специалистами по животноводству, часто с небольшим или вообще без опыта владения методами линейного программирования. Система была внедрена на предприятиях комбикормовой промышленности Великобритании.
- ◆ В работе испанских исследователей Пабло Лара и Карлоса Ромеро [12] 1992 года впервые была рассмотрена жесткость параметров питательности рациона и сформулирована гипотеза о представлении их в виде параметров, которые могут достигаться или не достигаться. В результате сформулирована применимая модель многоцелевого (multigoal) программирования, результаты применения которой использовались практически в формировании рациона крупного рогатого скота в Андалусии в Испании.
- ◆ В работе Раша и сотрудников [13] 1994 года представлено практическое применение расширенной модели Стиглера с использованием работок Поппа и Панне [7] для расчета рационов для животных с использованием стохастически заданных параметров кормов. Проведенный экономический анализ результатов внедрения разработанного метода показывает подтвержденную экономию компании Агвэй в объеме \$250,000 ежегодно. Данная работа базируется на ранее проведенных исследованиях той же группы [14–17] в основу которых положено предположение о неточности состава используемых кормов. Для оценки фактического состояния введено понятие неснижаемого порога (margin of safety), определяемого относительно среднего значения и рассчитываемый от половины стандартного отклонения содержания компонента в корме. Например, в [13] определено, что для содержания кукурузы $8.7 \pm 0.8\%$ неснижаемый порог составляет 8.3%. В дальнейшем, Раш и сотрудники опубликовали в 2007 году работу [18], представляющую практический инструмент сравнения эффективности стохастического и линейного методов программирования для реше-

ния задачи разработки кормов. В рамках работы была разработана рабочая тетрадь Excel, иллюстрирующая линейный и стохастический программные подходы. Электронная таблица была настроена таким образом, чтобы вычисленное значение запаса прочности, согласно запрашиваемой вероятности, было одинаковым как для линейных, так и для стохастических программ. Полученные результаты, по мнению авторов, убедительно доказывают большую гибкость и точность стохастической программы по сравнению с линейной программой.

- ◆ В другой работе Манфорда [19] 1996 года рассмотрены две нелинейные задачи оптимизации, возникающие при составлении кормов для животных, и показано как их можно сформулировать в виде итерационной последовательности задач линейного программирования, и решить, в дальнейшем с помощью специализированного программного обеспечения Ultramix. Первая задача связана с целью удовлетворения потребностей молочной коровы в питательных веществах в том случае, когда потребности в питательных веществах принимаются за функцию рациона кормления. Вторая задача связана с составлением партий кормов для животных, когда содержание питательных веществ в сырье изменчиво и необходимо с заданной вероятностью удовлетворять потребности в питательных веществах. Итерация осуществляется с привязкой спецификаций питательных веществ к значениям, полученным от модуля моделирования, после подходящих правил остановки.
- ◆ В работе Галленти [20] 1997 делается попытка решения задачи моделирования рациона свиней с использованием метода много-критериального анализа.
- ◆ В 1997 году также опубликована работа [21] Митани и Накаяма, в которой предложено использовать для построения рациона подход STOM — многоцелевой метод оптимизации, который позволяет получить высокоточное единичное решение Парето, независимо от формы множества Парето. Вводя уровень аспирации, STOM преобразует задачу многоцелевой оптимизации в эквивалентную единственную объективную задачу. Когда заданное решение Парето не удовлетворяет, процесс поиска повторяется с другим уровнем аспирации, который выбирается, например, с помощью метода автоматического компромисса.
- ◆ В работе Полимено и соавторов [22] 1999 года поставлен вопрос об изменении с течением времени — нелинейно или периодически — параметров потребности потребителя питания. В работе рас-

смотрен метод решения проблемы с интеграцией линейного и динамического программирования, с использованием динамического программирования для выбора оптимальной последовательности изменений живой массы коровы в течение лактации и определения рационов, связанных с этим оптимальным путем; и использованием линейного программирования для оценки каждого потенциального изменения живой массы, происходящего в течение каждого из одиннадцати четырехнедельных периодов в течение лактации.

- ◆ В работе Тозера и Стокса [23] 2001 года рассматривается еще одна сторона планирования рационов на примере рациона крупного рогатого скота: влияние состава рациона и оптимизация затрат, связанных с потерей питательных веществ из-за несбалансированности поступления совокупности нутриентов. В статье рассмотрена возможность использования многоцелевого программирования для снижения экскреции питательных веществ путем включения функций экскреции питательных веществ в структуру рациона питания. В типичной модели формирования рациона (Стиглер) рацион составляется таким образом, чтобы минимизировать затраты и обеспечить достаточное количество питательных веществ для удовлетворения потребностей кормящегося животного типа. Но при этом невозможно обеспечить поступление всех нутриентов в объеме 100% и ни больше ни меньше — какие-то из питательных веществ могут поступать в избытке или недостаточном количестве. Для уменьшения нагрузки питательных веществ, рационы могут быть сформулированы так, чтобы минимизировать затраты, а также выведение неиспользованных нутриентов с помощью многократного объективного программирования. В работе показано, что многоцелевое программирование действительно имеет потенциал для снижения экскреции питательных веществ.
- ◆ В том же 2001 году была опубликована работа [24] Байоля и соавторов, в которой аналогичная проблема решалась в отношении корма свиней с помощью методов многоцелевого программирования.
- ◆ В работе [25] Чжана и Раша (ведущий автор ранее опубликованных работ [13–17]), опубликованной в 2002 году, описано применение модели многоцелевого программирования (МП) к процессу приготовления кормов с целью минимизации дисперсии питательных веществ и минимизации затрат на рацион бройлеров. Модель сформулирована с помощью инструментов Microsoft Excel. В качестве мягких ограничений рассматривались следующие цели: (1) удовлетворение потребностей в питательных веществах; (2) соблюдение

ограничений по ингредиентам; и (3) соответствие соотношениям питательных веществ, включая кальций к фосфору и соотношение аминокислот к Лизину (идеальное соотношение аминокислот). Жесткими ограничениями считались (1) наименее затратный рацион и (2) минимальные различия в питательных веществах для белка, метионина и лизина. Было обнаружено, что (1) Модель МП была более гибкой в обеспечении компромиссного решения, чем традиционная рецептура корма с линейной программой, (2) модель МП была способна одновременно решать несколько конфликтующих задач по сравнению с традиционным подходом линейного программирования, который мог решать только одну задачу, и (3) модель МП давала лучшее компромиссное решение, которое удовлетворяло бы множество лиц, принимающих решения.

- ◆ В 2004 году опубликована новая интересная работа [26] в которой Cadenas и соавторы ставят проблему нестабильности потребления корма каждым конкретным животным даже для самой прекрасно проработанной диеты. Поэтому авторами утверждается, что нет смысла разрабатывать диеты, точно определяющие потребности в питании. Более ценно учитывать нарушения ограничений, т.е. нечеткие ограничения, которые, в свою очередь, могут привести к удешевлению рациона питания. В соответствии с этим сценарием в работе задача моделируется как нечеткое линейное программирование (Fuzzy Linear Programming, FLP), а затем решается с помощью систем поддержки принятия решений (Decision Support System, DSS) для построения рационов крупного рогатого скота), которые авторы специально разработали для этой задачи.
- ◆ В работе [27], опубликованной в 2005 году, Castrodeza и соавторы ставят вопрос о решении задачи обеспечения правильного соотношения между поступающими в рацион. Для решения использована многоцелевая модель дробного программирования, которая лучше адаптирована к текущим потребностям в проектировании кормов, чем традиционно используемая линейная модель Стиглера. Также в работе показано, как задача может быть решена с помощью интерактивного метода многоцелевого программирования с использованием существующего программного обеспечения линейной оптимизации. Что очень интересно, это то, что в 2014 году была опубликована работа [28] совершенно других авторов, с абсолютно таким же названием и abstract как и работа [27].
- ◆ В 2007 году Помар и соавторы предложили свою модификацию метода Стиглера [29], в которой

вводился еще один параметр: штрафная стоимость β , назначаемая в случае недостатка или избытка нутриента (в статье речь шла о фосфоре P) в зависимости от количества избыточного или недостаточного компонента. Практические расчеты и применение результатов на реальных предприятиях обеспечили снижения уровня загрязнения из-за избытка фосфора на 10% при увеличении стоимости рациона свиней не более чем на 1%.

- ◆ В работе 2015 года [30] представлена модель оптимизации рациона кормления симментальских Быков. Модель основана на расчете требований к компонентам рациона с учетом ожидаемого ежедневного прироста массы с использованием методов математического программирования. Результаты работы показали успешную применимость метода, а также необходимость, в дальнейшем, осуществлять ранжирование животных по весовым категориям с целью более тонкой настройки рациона для поддержания максимальных значений прироста веса.
- ◆ В 2016 году в работе [31] рассмотрена модификация модели Стиглера с применением нечеткой логики. По мнению авторов, из-за неопределенности и отсутствия точности в оптимальном рационе питания, выполненном с помощью существующих методов, основанных на линейном программировании, существует необходимость использовать нечеткое линейное программирование для оценки рациона в период ранней лактации. Применение метода нечеткой оптимизации и плавающей цены позволило сформулировать и изменить полностью смешанные диеты с адекватными запасами прочности. Однако, в рамках работы не было разработано полезное программное обеспечение. Работа получила развитие в 2018 году [32] с введением интервального представления цены компонентов рациона, а также факторов неопределенности потребностей. В статье рассмотрена проблема диеты животных с нечеткими требованиями. Во-первых, задача нечеткого линейного программирования преобразована в задачу интервального линейного программирования с помощью α -разрезов, а затем для решения предложенной задачи используется метод Тан Шаочэн. Как результат, представлен и решен практический пример задачи нечеткого линейного программирования применительно к оптимизированному рациону животных. Результат показал, что неопределенность пищевых потребностей незначительно повлияла на бюджет рациона животных.
- ◆ Дальнейшее развитие модели Стиглера предложено в работе [33] путем перехода к рассмотре-

нию т.н. серых систем — систем, относительно устройства и поведения которых мы имеем лишь ограниченные знания. В предыдущих работах [31–32] с целью получения наименее затратной диеты, в традиционной модели для оптимизации проблемы диеты, цена продуктов питания, потребности в питательных веществах и необходимость потребности в продуктах питания были рассмотрены как серые интервальные числа. Для решения проблемы серой диеты в работе [33] использован подход серого линейного программирования, которое, с учетом гибкости подбора коэффициентов модели, может быть более эффективным для решения задач диеты. В конкретном исследовании был использован только позиционный метод, реализованный в программном обеспечении GAMS. Методологические основы, описанные в данной работе, далее были развиты в теоретической работе [34], посвященной методам серого программирования и принятия решений.

- ◆ Помимо перечисленных выше работ необходимо также упомянуть другие работы, посвященные развитию модели Стиглера в практических приложениях разведения аквакультур [35] и овцеводства [36].

Обсуждение

В настоящий момент, модель Стиглера, с учетом ее развития, может быть описана следующим образом:

Множества

F = множество продуктов питания
N = множество нутриентов

Параметры

a_{ij} — количество питательного вещества j в продукте $i, \forall i \in F, \forall j \in N$
 c_i = стоимость одной порции продукта $i, \forall i \in F$
 F_{minj} = минимальное требуемое количество порций продукта $i, \forall i \in F$
 F_{maxi} = максимально допустимое количество порций продукта $i, \forall i \in F$
 N_{minj} = минимальное необходимое количество нутриента $j, \forall j \in N$
 N_{maxj} = максимально допустимое количество нутриента $j, \forall j \in N$

Переменные

x_i = количество порций продукта i для закупки/сервировки, $\forall i \in F$

Целевая функция: минимизировать общую стоимость еды

$$\text{минимизировать } \sum_{i \in F} c_i x_i$$

Ограничение 1: Для каждого питательного вещества $j \in N$, существует минимальный уровень потребности:

$$\sum_{i \in F} a_{ij} x_i \geq N_{minj}, \forall j \in N$$

Ограничение 2: Для каждого питательного вещества $j \in N$, существует максимально допустимый уровень потребления:

$$\sum_{i \in F} a_{ij} x_i \leq N_{maxj}, \forall j \in N$$

Ограничение 3: Для каждого продукта/блюда $i \in F$ существует минимально допустимое количество порций:

$$x_i \geq F_{minj}, \forall i \in F$$

Ограничение 4: Для каждого продукта/блюда $i \in F$ существует максимально допустимое количество порций в рационе:

$$x_i \leq F_{maxi}, \forall i \in F$$

Недостатками модели, которые необходимо преодолеть в будущих разрабатываемых алгоритмах расчета рациона, являются:

- ◆ Отсутствие обратной связи потребителя;
- ◆ Отсутствие поддержки факторов вариативности;
- ◆ Существенная вычислительная сложность для решения NP-полной задачи в условии большого количества оптимизируемых переменных.

Для преодоления указанных недостатков предложено рассмотреть проблему питания в контексте биологической системы среда-человек-питание с высокоуровневыми взаимодействиями человек — среда, человек — питание, среда — питание.

Взаимодействие человек-среда включает в себя:

- ◆ Мета-генетические факторы. Генетически определенные, возникшие в результате тысячелетий эволюционного развития, факторы, определяющие степень адаптации организма человека к усвоению той или иной пищи.
- ◆ Географические факторы. Факторы определяют биодоступность той или иной пищи. Идеальной является ситуация, когда мета-генетические и географические факторы совпадают — человек проживает в эндемичном регионе и не испытывает дополнительных сложностей с «чужеродной» едой.

- ◆ Социальные факторы. В первую очередь — образ жизни, объем физической активности и род занятий, которые определяют такие ключевые параметры потребностей человека как энергетическая ценность и пищевая ценность рациона. Также сюда относятся параметры допустимой стоимости рациона, что принципиально для расчета питания для бедных регионов, в том числе, для минимизации последствий голода, являющегося следствием COVID-19.
- ◆ Экологические факторы. В отличие от географических факторов, определяют не биодоступность пищи, а уточняют специфические потребности человека в тех или иных компонентах пищевой ценности. Например, оказывают влияние на потребность или отсутствие таковой в дополнительных дозах витаминов или минералов. Также определяются ограничения человека — например, аллергия на те или иные продукты или сочетания продуктов.
- ◆ Влияние на окружающую среду. Включает в себя как социальные факторы, оказывающие прямое воздействие на качество производимой среды пищи (производство овощей путем активного применения азотсодержащих удобрений в сверхвысоких дозах, например, дает очень высокие урожаи при невысоком качестве продукции и «сжигании» земли, на которой эти овощи росли), так и факторы прямого изменения среды (уничтожение лесов, эрозия почв и т.п.)

Взаимодействие человек-пища включает в себя:

- ◆ Факторы пищевой ценности. Каждый продукт или блюдо имеет свою пищевую и энергетическую ценности, которые, в совокупности, должны удовлетворять потребности человека. Базовые значения параметров пищевой ценности для каждого продукта могут уточняться в результате взаимодействия пища-среда, в том числе, в результате опосредованного влияния взаимодействия человек-среда.
- ◆ Факторы совместимости пищи. Определенные продукты нельзя совмещать в пределах одного блюда, либо в пределах одного приема пищи. Базовые значения параметров могут уточняться в результате воздействия географический факторов взаимодействия пища — среда.
- ◆ Факторы усваиваемости. Определяют совместимость элементов пищевой ценности между собой и с биомеханизмами пищеварения. Морковь, в целом совместима со всеми другими продуктами. Но ее употребление как источника витамина А целесообразно только в составе рациона с достаточным количеством жиров, чтобы обеспечить растворение и доставку витамина А из же-

лудочно-кишечного тракта человека в кровь. Обратные примеры: большое количество клетчатки препятствует всасыванию большинства питательных веществ в организм; витамин С препятствует усвоению витаминов группы В и их лучше разделять по времени приема.

- ◆ Факторы пищевых предпочтений. Какую-то еду человек любит больше, какую-то меньше. Удовлетворение фактора предпочтений снижает вероятность отклонения человека от предложенного рациона (срыва диеты).

Взаимодействие пища — среда включает в себя:

- ◆ Мета-генетические факторы. Определяют, в первую очередь, возможности производства пищи только в естественной, в естественной и искусственной или только искусственной средах. Например, белый трюфель не растет в искусственных условиях. И, наоборот, домашняя курица не выживает в естественной среде.
- ◆ Географические факторы. Определяют биодоступность и биобезопасность пищи в зависимости от региона. Например, белый гриб, являющийся деликатесным в средней полосе РФ, является ядовитым в широтах Краснодарского края и вообще не растет в широтах вечной мерзлоты.
- ◆ Факторы вариативности. Отчасти пересекаются с географическими факторами, определяют вариативность пищевой ценности одного и того же продукта, изготовленного в разных условиях окружающей среды. Здесь необходимо отметить немаловажный параметр сезонности, который влияет на биодоступность пищи, с одной стороны, и уточняет пищевую ценность продукта — с другой (осенняя капуста местного производства отличается по пищевой ценности от капусты местного производства, пролежавшей всю зиму на хранении, и, тем более, отличается от капусты привезенной из Чили). Также к факторам вариативности относятся методы приготовления, транспортировки и подготовки пищи к использованию, оказывающие прямое влияние на пищевую ценность.
- ◆ Влияние на окружающую среду. Влияние на среду производства (или чрезмерного распространения, например, либо недостатка) той или иной пищи. Например, в ряде работ последователей Стиглера изучалась возможность минимизации ущерба окружающей среде в результате животноводческого производства путем оптимизации рациона животных для снижения выброса азот-содержащих соединений.

Таким образом, система состоит из компонентов: среда обитания, человек, его питание, которые взаимодей-

ствуют между собой и оказывают влияние друг на друга. При этом значения переменных, соответствующих вышеперечисленным факторам, изменяются во времени. То есть мы имеем дело с динамической системой, для которой фазовое пространство изменений определяется как совокупность критериев, в общем нечетком случае определяемых как «здоровость» компонентов и системы в целом. Так, здоровая среда — это способность осуществлять воспроизводство и разнообразие. Здоровый человек определяется через физическое здоровье и удовлетворенность. Здоровая пища определяется сбалансированностью и разнообразием пищевой цепочки.

В результате анализа решения практических задач (приведенных в обзоре выше), в контексте сбора требований пользователей, сформулированы следующие параметры для моделирования рациона:

- ◆ Потребность в энергии и пищевых компонентах;
- ◆ Калорийность и пищевая ценность, усваиваемость;
- ◆ Объемы жидкости и порции;
- ◆ Совместимость блюд и продуктов между собой, эндемичность;
- ◆ Пищевые предпочтения и ограничения, вариативность;

- ◆ Обратная связь для подстройки или перерасчета рациона;
- ◆ Особенности упаковки, хранения и употребления.

ВЫВОДЫ

Таким образом, подтверждена актуальность проблемы планирования рационов питания, для решения которой необходимо применение математических методов поиска оптимального решения. Выявлены ключевые параметры решаемых описанными в литературе методами задач и выявленные ограничения. Предложена модель, описывающая биологическую систему человек-среда-питание, позволяющая преодолеть выявленные ограничения метода Стиглера. Рассмотрены ключевые взаимодействия внутри рассматриваемой модели системы и основные факторы, оказывающие влияние на поведение компонентов системы. Введено понятие «здоровья» системы, определено значение «здоров» для каждого из ее компонентов. Сформулированы параметры моделирования для расчета рациона в рамках предложенной модели, ключевым из которых является обратная связь для подстройки или перерасчета рациона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов С.П. (2020). Иерархическое представление меню питания для целей построения оптимального варианта по критерию оптимизации контролируемых параметров питания в многокритериальном случае. / Современные проблемы экологии: доклады XXIV междунар. науч.-практич. конференции под общ. ред. В. М. Панарина. — Тула: Инновационные технологии, 2020, стр. 70–76.
2. OECD (2019), *The Heavy Burden of Obesity: The Economics of Prevention*, OECD Health Policy Studies, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/67450d67-en>.
3. WFP Chief warns of hunger pandemic as COVID-19 spreads (Statement to UN Security Council) [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://www.wfp.org/news/wfp-chief-warns-hunger-pandemic-covid-19-spreads-statement-un-security-council>. Дата визита — 20.05.2020.
4. Smith SM, Davis-Street J, Rice BL, Lane HW. Nutrition in space. *Nutr Today*. 1997;32(1):6–12. doi:10.1097/00017285-199701000-00002
5. Lane HW, Feedback DL. Water and energy dietary requirements and endocrinology of human space flight. *Nutrition*. 2002;18(10):820-828. doi:10.1016/s0899-9007(02)00936-x
6. Stigler G.J. (1945). The cost of subsistence. / *J. Farm Econom.*, 27: 303–314. DOI: 10.2307/1231810
7. Panne C., Popp W. (1963). Minimum-cost cattle feed under probabilistic protein constraints. *Manage. Sci.*, 9: 405–430. DOI: 10.1287/mnsc.9.3.405
8. Chappel A.E. (1974). Linear programming cuts costs in production of animal feeds. *Operat. Res. Q.*, 25: 19–26. DOI: 10.1057/jors.1974.3
9. Glen J. J. (1980). A mathematical programming approach to beef feedlot optimization. / *Management Science*, 26(5), 524–535. ISSN: 1526–5501 DOI: 10.1287/mnsc.26.5.524
10. Glen J.J. (1986). A linear programming model for an integrated crop and intensive beef production enterprise. *J. Operat. Res. Society*, 37: 487–494. DOI: 10.1057/jors.1986.83
11. Munford A.G. (1989). A microcomputer system for formulating animal diets which may involve liquid raw materials. *Eur. J. Operat. Res.*, 41: 270–276. DOI: 10.1016/0377-2217(89)90248-8
12. Lara, P. and C. Romero (1992). An interactive multigoal programming model for determining livestock rations: An application to dairy cows in Andalusia, Spain. *J. Operat. Res. Society*, 43: 945–953. DOI: 10.1057/jors.1992.145
13. Roush W.B., Stock R. H., Cravener T. L., D'Alfonso T.H. (1994). Using chance-constrained programming for animal feed formulation at Agway / *Interfaces*, 24: 53–58. DOI: 10.1287/inte.24.2.53
14. D'Alfonso T.H., Roush W. B. (1990). A comparison of stochastic programming, linear programming and linear programming with a margin of safety for least-cost poultry rations. / *Poultry science Vol 69 (Supplement 1)*, p.39
15. D'Alfonso T.H., Roush W. B., Cravener T. L. (1991). A feeding trial comparing of stochastic programming and linear programming with a margin of safety for least-cost poultry rations. / *Poultry science Vol 70 (Supplement 1)*, p.32

16. D'Alfonso T.H., Roush W. B., Ventura J. A. (1992). Least-cost poultry rations with nutrient variability: a comparison of linear programming with a margin of safety and stochastic programming models. / *Poultry science* Vol 71 № 2, p.255–262
17. Roush W.B., Cravener T. L., D'Alfonso T.H. (1992). Effects of least-cost rations formulated with stochastic programming or linear programming with a margin of safety on laying hen production / *Poultry science* Vol 71 (Supplement 1), p. 174.
18. Roush W., Purswell J., Branton S. (2007). An Adjustable Nutrient Margin of Safety Comparison Using Linear and Stochastic Programming in an Excel Spreadsheet. *Journal of Applied Poultry Research* — J APPL POULTRY RES. 16. 514–520. DOI: 10.3382/japr.2007–00033.
19. Munford, A.G. (1996). The use of iterative linear programming in practical applications of animal diet formulation. / *Math. Comput. Simulat.*, 42: 255–261. DOI: 10.1016/0378–4754(95)00115–8
20. Gallenti G. (1997). The use of computer for the analysis of input demand in farm management: A multicriteria approach to the diet problem. / *Proceedings of the 1st European Conference for Information Technology in Agriculture, (ITA' 97)*.
21. Mitani, K. and H. Nakayama, (1997). A multiobjective diet planning support system using the satisficing trade-off method. *J. Multi-Criteria Decis. Anal.*, 6: 131–139. DOI: 10.1002/(SICI)1099–1360(199705)6:3<131::AID-MCDA129>3.0.CO;2-S
22. Polimeno F., Rehman T., Neal H., Yates M (1999). Integrating the use of Linear and Dynamic Programming Methods for Dairy Cow Diet Formulation. / *J. Operat. Res. Society*, 50: 931–942. DOI: 10.2307/3010190
23. Tozer, P.R. and J. R. Stokes, (2001). A multi-objective programming approach to feed ration balancing and nutrient management. / *Agric. Syst.*, 67: 201–215. DOI: 10.1016/S0308–521X(00)00056–1
24. Jean dit Bailleul P., Rivest J., Dubeau F., Pomar C. (2001). Reducing nitrogen excretion in pigs by modifying the traditional least-cost formulation algorithm. *Livestock Product. Sci.*, 72: 199–211. DOI: 10.1016/S0301–6226(01)00224-X
25. Zhang, F. and W. B. Roush, (2002). Multiple-objective (goal) programming model for feed formulation: An example for reducing nutrient variation. *Poultry Sci.*, 81: 182–192. DOI: 10.1093/ps/81.2.182
26. Cadenas, J.M., D. A. Pelta, H. R. Pelta and J. L. Verdegay, (2004). Application of Fuzzy optimization to diet problems in Argentinean farms. *Eur. J. Operat. Res.*, 158: 218–228. DOI: 10.1016/S0377–2217(03)00356–4
27. Castrodeza, C., P. Lara and T. Pena, 2005. Multicriteria fractional model for feed formulation: Economic, nutritional and environmental criteria. / *Agric. Syst.*, 86: 76–96. DOI: 10.1016/j.agsy.2004.08.004
28. Radu Burlacu, Cosmin Nitu (2014). Multicriteria fractional model for feed formulation: Economic, nutritional and environmental criteria. / *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*, 2014, 47 (2)
29. Pomar, C., F. Dubeau, M. P. Letourneau-Montminy, C. Boucher and P. O. Julien, (2007). Reducing phosphorus concentration in pig diets by adding an environmental objective to the traditional feed formulation algorithm. *Livestock Sci.*, 111: 16–27. DOI: 10.1016/j.livsci.2006.11.011
30. Brus M, Pazek K, Rozman C, Janzekovic M (2015). The Feeding Ration Optimisation Model for Simental Bulls / Chapter 29 in *DAAAM International Scientific Book 2015*, pp.337–344, B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, ISBN978–3–902734–05–1, ISSN1726–9687, Vienna, Austria DOI: 10.2507/daaam.scibook.2015.29
31. Nasser H., Darvishi D. (2016). Animal Diet Formulation with Floating Price. / *Iranian Journal of Optimization*. 8. 1034–1049.
32. Nasser H., Darvishi D. (2018). Planning livestock diet with fuzzy requirements. / *Journal of Information and Optimization Sciences*. 1–19. DOI: 10.1080/02522667.2017.1369654.
33. Darvishi D., Liu S., Nasser H. (2018). A new approach in animal diet by grey system theory. *Grey Systems: Theory and Application*. 00–00. DOI: 10.1108/GS-11–2017–0040.
34. Darvishi D. & Forrest J. & Liu S. (2019). A comparative analysis of grey ranking approaches. *Grey Systems: Theory and Application*. ahead-of-print. DOI: 10.1108/GS-05–2019–0014.
35. Shaftel, T.L. and B. M. Wilson, (1990). A mixed-integer linear programming decision model for aquaculture. *Managerial Decis. Econom.*, 11: 31–38. DOI: 10.1002/mde.4090110105
36. Zioganas C. (1981). Least-cost feed rations for sheep by linear programming. Ph. D. Thesis, Wye College–University of London.

© Смирнов Сергей Павлович (spvert@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

МОНИТОРИНГ РИСКОВ И АУДИТ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕВОЗОК НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Тарасенко Василий Анатольевич

*К.т.н., доцент, Восточно-Сибирский институт МВД
России, г. Иркутск
pantsuit@mail.ru*

THE RISK MONITORING AND AUDIT OF THE SECURITY OF RAILWAY TRANSPORTATION

V. Tarasenko

Summary. The purpose of the work is to conduct a systematic analysis of the problem of monitoring safety risks in railway transport for their assessment and reduction, organization of logistics (hence technical) safety audit, identification of control factors and construction of an appropriate methodology and model. We used methods of system analysis (primarily analysis-synthesis, decomposition, model, linearization and identification), mathematical statistics (regression analysis, F-statistics, t-statistics, and others), classification and taxonomy of key risks of a territorial (regional) type, as well as decision-making in conditions of uncertainty and situational modeling, risk-intensity assessment. As one of the main results of the work, a procedure for identifying integral risk by its components is proposed, based on the Allen-type model (production function). The key tasks of audit and infrastructure transformations are also classified. A procedure for assessing the "band" of acceptable risks is proposed. The significance of this work is not only in the practical relevance of the problem under study, but also in the theoretical possibility of building on its basis a General methodology and more complex algorithms for risk assessment, solving practical problems of railway transport safety, building on its basis plans (programs) for the safety audit of a railway company.

Keywords: monitoring, safety, risks, railway, transportation, logistics, transport, modeling.

Аннотация. Цель работы — провести системный анализ проблемы мониторинга рисков безопасности на железнодорожном транспорте для их оценивания и снижения, организации логистического (следовательно, и технического) аудита безопасности, выявления управляющих факторов и построение соответствующей методики и модели. Используются методы системного анализа (в первую очередь, анализ-синтез, декомпозиция, модельный, линеаризация и идентификация), математической статистики (регрессионный анализ, F-статистика, t-статистика и другие), классификации и таксономии ключевых рисков территориального (регионального) типа, а также принятия решения в условиях неопределенности и ситуационного моделирования, оценки риск-напряженности. В качестве одного из основных результатов работы предложена процедура идентификации интегрального риска по его составляющим, базирующаяся на модели типа Аллена (производственной функции). Классифицированы также ключевые задачи аудита и инфраструктурных трансформаций. Предложена процедура оценки «полосы» допустимых рисков. Значимость данной работы состоит не только в практической актуальности исследуемой проблемы, но и в теоретической возможности построения на ее основе общей методики и более сложных алгоритмов оценки рисков, решения практических задач безопасности железнодорожных перевозок, построения на ее основе планов (программ) аудита безопасности железнодорожной компании.

Ключевые слова: мониторинг, безопасность, риски, железнодорожные, перевозки, логистика, транспорт, моделирование.

Введение

Неопределенности и риски являются атрибутами в динамичном развитии железнодорожного транспорта. Риск-менеджменту на практике необходимо высокое внимание и понимание, включая и необходимость мониторинга рисков, количественной оценки их вероятности и потенциального ущерба [1]. Для оценивания привлекается различный инструментарий — экспертно-эвристический, математико-статистический, финансово-стоимостный, теоретико-игровой, теория Марковица, нейросетевой, нечетко-логический и др. Все, что может отражать процедуры, снижающие

риски при ограничениях на ресурсы, включая и временные, и организационные (людские).

Регулярный и непрерывный мониторинг — дорогостоящее и обременительное мероприятия. Хотя на практике, как правило, применяют дискретно-эпизодический плановый мониторинг, динамичность и обновление транспортных информационных потоков требует регулярного, интеллектуального, базирующегося на автоматизированных системах, мониторинга. Он позволяет охватить все виды и области деятельности, например, на основе системного подхода [2] и баланса управляемости, доходов и возможных потерь (издержек).

Как показывает практика, несмотря на многоэтапный контроль безопасности движения на железнодорожном транспорте, имеются риски нарушений и даже чрезвычайных событий. В том числе из-за несвоевременного или неполного мониторинга и выполнения должностных обязанностей [3]. Особенно, персонала, занимающегося техническим мониторингом и аудитом, он должен обладать необходимыми компетенциями, понимать цели и указания проведения аудита и выполнять их согласно программе аудита.

Необходима развивающаяся система менеджмента безопасности [4]. Такая система на практике должна быть ориентирована не только на экономические факторы [5], но и на самоорганизацию системы. В 2009 году для российских дорог (ОАО «РЖД») принят стандарт технического аудита и достижения безопасности движения в ОАО «РЖД», который базировался на системном и последовательном анализе и оценке деятельности структур, обеспечивающих безопасность движения [6] и соответствующих отраслевых методиках оценки [7], [8].

Постановка, анализ и формализация задачи

Прогнозирование и планирование устойчивого развития эволюционирующей системы «Железнодорожная компания» требует наличия критериев оценивания и оценок рисков различного происхождения (природного, экологического, технологического, социального, информационного, экономического и др.) [9].

В общесистемном понимании, речь идет о системе ноосферы (техноэкоциосферы), в которой с ростом темпов развития растут и риски, угрозы, их многообразие и разнообразие.

Например, могут расти ключевые риски территориального (регионального) типа:

- 1) обеспечение ресурсами;
- 2) социальной напряженности;
- 3) негативного воздействия медиа-СМИ;
- 4) потери управляемости структурами принятия решений;
- 5) трудовых ресурсов и миграционные (популяционные) и качества подготовки персонала;
- 6) социально-гигиенические;
- 7) производственные (корпоративные, отраслевые, региональные);
- 8) ИТ-инфраструктурные (например, обеспечения мониторинга) и др.

Для каждого вида риска требуется иметь апробированную процедуру (функцию) оценивания. Например,

риск-напряженность можно оценивать кусочно-постоянной функцией

$$F(x) = \sum_{i=1}^{N(x)} q_i^x,$$

$$F(N_j) = \frac{N_j}{[N_j]} F(N_j),$$

где $F(x)$ — частота возникновения рисков, напряженностей (риск-сценариев), в котором участвовало N агентов (людей, транспорта, инфраструктурных объектов), q_i^x — ожидаемые (прогнозные) частоты реализации таких сценариев (риск-ситуаций), в которых пострадало не менее x агентов, $N(x)$ — количество таких сценариев, $F(N_j)$ — сумма частот реализации сценариев с ожидаемым риском для N_j агентов (минимально). Эта оценка аналогична рекомендациям Ростехнадзора [10].

Методология транспортного аудита в инструментальном обеспечении инфраструктуры железнодорожного транспорта

Логистическая инфраструктура железнодорожного транспорта должна быть эволюционной, повышающей эволюционный потенциал системы, её логических агентов. Необходим релевантный комплекс логистических индикаторов оценки риск-состояния и потенциала системы [11], [12]. Но многие индикаторы — не логистического характера [13]. «Чисто» логистические процессы интересны всем логистикам.

Многие параметры, показатели ориентированы на экономические или технологические факторы, бизнес-процессы и поэтому не являются эффективными в интегральном оценивании состояния системы и ее рисков [14], [15]. Необходим системный анализ взаимодействий логистических агентов и транспортных компаний, необходима единая система и методика оценивания и идентификации их совместной эволюции.

Система функциональных, эконометрических показателей клиент-ориентированного оценивания ключевых показателей разработок для железнодорожных перевозок приведена в [16].

Основной акцент в логистике делается на аудит, консалтинг, CRM, SCM. Учитываются ключевые показатели [17], влияющие на эволюционный потенциал, современную инфраструктуру:

- 1) эксплуатационные — время в пути, темп и мощность грузопереработки, скорость обслуживания, загруженность сети и др.;
- 2) экономические — плотность и емкость сети, затраты-расходы, доходы и др.;

- 3) логистические — полезность, эффективность, обеспеченность, комплексность, функциональность и др.

Железнодорожный аудит — процедура оценки и выбора решений на каждом участке логистической цепи с целью эволюции всей железнодорожной системы.

Используя современные показатели и классические индикаторы по грузопотокам, складному хранению, нормированию, загрузке-выгрузке, выручке-доходности, инвестициям и др., железнодорожная компания трансформирует логистические бизнес-процессы в цифровую инфраструктуру, объединяясь в холдинги. На основе системного анализа-синтеза, моделирования и клиент-ориентированной аналитики.

Необходимо эффективно привлекать инвестиции. В условиях, когда многие железнодорожные компании и предприятия внедряют инновационные технологии, автоматизируют процессы [18], используют возможности цифровой экономики, цифрового бизнеса, на их конкурентоспособность и устойчивость, эволюционный потенциал все больше влияет инвестиционная составляющая.

Основные результаты и их обсуждение

В результате проделанного системного анализа можно указать основные, ключевые задачи аудита и инфраструктурных трансформаций. Их много, отметим в частности, следующие:

- 1) эффективное распределение грузопотоков;
- 2) оптимизация складской поддержки;
- 3) адаптивное приспособленность процедуры оценки к потребительским потребностям, обслуживание агентов и процессов и др.;
- 4) многокритериальность и многовариантность принятия решений и др.

Процедура предлагаемого нами логистического аудита состоит из нижеследующих этапов:

1. Определение гипотез и спецификаций аудита (цели, ресурсы, структуры, элементы).
2. Преаудиторский анализ (данных, источников, задач, критериев верификаций).
3. Идентификация ключевых индикаторов эффективности (KPI [19]).
4. Аналитическое обоснование (верификация) трендов, тактики и стратегии управления.
5. Риск-анализ и риск-менеджмент (выявление уязвимостей, рисков, возможных ущербов).
6. Ситуационное моделирование (расчет) индикаторов, до тех пор, пока остаются еще ситуационные альтернативные сценарии.

7. Принятие оптимального решения сценария по индикаторам (каждому или их кластеру) и адаптации (саморегуляция) по этому индикатору (кластеру).

Для прогноза рисков необходимо иметь адекватную прогнозную модель и алгоритм моделирования (идентификации модели). Но она должна быть простой и гибкой, не требующей сложного и дорогостоящего мониторинга. В качестве такой модели предлагаем модель типа Аллена вида:

$$r(x) = \prod_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^{k_i} \alpha_j x^{\beta_i} \right)^{-\beta_i},$$

где $r(x)$ — интегральный риск, α_i, β_i — идентифицируемые параметры важности i -го фактора риска и его мультипликативного вклада в общий риск системы, k_i — мощность рассматриваемого класса рисков.

После линеаризации, получаем регрессивную зависимость:

$$r(x) = \sum_{i=1}^n (A_i \gamma_i + \varepsilon_i),$$

где A_i — вычисляемый по статистике коэффициент, γ_i — идентифицируемый параметр, ε_i — случайная величина.

Результирующий показатель $r(x)$ считаем случайной величиной, на которую интегрально влияют самоорганизационные процессы, определяемые факторами. Случайный результирующий показатель интегрирует и различного рода ошибки (статистические, инструментальные, линеаризации и др.), а также риски (оценки, управления, прогноза, целедостижения и др.).

Обычно в качестве критерия адекватности в алгоритме идентификации используется критерий наименьших квадратов, с условиями типа Гаусса-Маркова для случайных величин:

- 1) величины измеряемых факторов — детерминированы;
- 2) ошибки ε_i — случайно и нормально распределены, попарно независимы, причем ковариации

$$cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = \begin{cases} 0, & i \neq j, \\ s^2, & i = j; \end{cases}$$

- 3) математическое ожидание $M(\varepsilon_i) = 0$;
- 4) дисперсия ошибки $D(\varepsilon_i) = D(\varepsilon_j) = s^2, \forall i, j = 1, 2, \dots, n$.

Необходимая для проверки условий статистика (выборочные коэффициенты корреляции, стандартные отклонения, F-статистика, t-статистика и др.) вычисляемы в среде Excel.

Для оценки прогнозных значений и рисков предлагается следующая процедура.

Если r_i^* — рассматриваемый предел роста i -го риска ($r_i < r_i^*$), то наиболее вероятное (прогнозируемое) значение

$$\hat{r}(x) = r(r_1, r_2, \dots, r_n) = \sum_{i=1}^n (A_i \gamma_i + \varepsilon_i),$$

из-за влияния случайной ошибки ε_i дополняется интервальной оценкой:

$$m_1 = \hat{r}(r_1^*, r_2^*, \dots, r_n^*) - m(\hat{r}) \leq r \leq \\ \leq \hat{r}(r_1^*, r_2^*, \dots, r_n^*) + m(\hat{r}) = m_2,$$

где r — истинное значение результата при $r_i = r_i^*$, $i=1, 2, \dots, n$.

Если выполнены условия Гаусса-Маркова о нормальности распределения случайных ошибок ε_i , то статистика $t = (\hat{y} - y^*)/s_{\hat{y}}$ имеет t-распределение по Стьюденту со степенями свободы $k=n-2$.

Если m_3 — желаемый объем инвестиций, то при условии, что $m_1 < m_3 < m_2$ следует оценить риски — отноше-

ние взвешенного объема инвестиций на (m_1, m_3) к средневзвешенному объему на (m_1, m_2) . Такая методика использована в [20].

В случае инвестирования категория «риск» должен отражать не только объективную вероятность, но и субъективное принятие решения ЛПР, неполноту информации, неблагоприятность и неоднозначность условий реализации событий.

Заключение и выводы

Системный подход к проблемам цифровых трансформаций в железнодорожном транспорте и железнодорожной логистической системе включает маркетинговый и рекламный аспект. Для идентификации бизнес-агентов и бизнес-процессов необходимы инфологические, математические модели и эконометрические критерии оценивания, планирования работы транспорта, компании. Интегрированная система индикаторов для мониторинга и комплексной оценки риск-ситуаций позволит реализовать интеллектуальную систему принятия аудиторского решения — систему класса СППИР (поддержки принятия интеллектуальных решений).

Предложенная методика (процедура) и оценка «полосы» допустимых рисков может использоваться для имитационных, ситуационных расчетов, с варьированием параметров рисков. Это позволит минимизировать риски и выбрать приемлемый вариант риск-траектории, а также перераспределить ресурсы, инвестиций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Елисеев В. А. Риск-менеджмент в практике железнодорожного транспорта // Экономические и социально-гуманитарные исследования. — 2017. - № 2(14). - с.11–19.
2. Казиев В. М. Введение в анализ, синтез и моделирование систем. — М.: Бином. Лаборатория знаний. Интуит. — 2007. — 244с.
3. Казанская Л. Ф., Беленцов Ю. А., Ризакулов Ш. Ш. Технический аудит как фактор обеспечения безопасности движения в национальной железнодорожной компании // Бюллетень результатов научных исследований. — 2018. - Вып.3. - с.6–14.
4. Тишанин А. Г. Развитие системы менеджмента безопасности // Железнодорожный транспорт. — 2011. - № 11. — с.9–13.
5. Казанская Л. Ф., Ризакулов Ш. Ш. Построение системы управления безопасностью движения в железнодорожной компании с учетом экономических факторов // Бюлл. результатов научных исследований. — 2017. - Вып.4. — с.15–25.
6. Анализ состояния безопасности движения на железных дорогах ОАО «РЖД» в 2014 году (утверждено 21.02.2015). — М.: ОАО «РЖД». — 2015. — 509 с.
7. Методика нормирования и оценки риска транспортных происшествий и иных событий, связанных с нарушениями правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта. — М.: ОАО «РЖД». — 2016. — 60с.
8. Методика оценки рисков в области функциональной безопасности движения на инфраструктуре ОАО «РЖД». — М.: ОАО «РЖД». — 2016. — 72 с.
9. Махмутов Н. А. Безопасность и риски: системные исследования и разработки. — Новосибирск: Наука. — 2017. — 724с.
10. Приказ Ростехнадзора от 11.01.2016 № 144 об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах», <http://docs.cntd.ru/document/420347908> (дата обращения: 25.04.2020).
11. Покровская О. Д., Титова Т. С. Инструментарий логического нормирования для проведения аудита транспортно-складских систем // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2019. - № 2. т. 16. - с.175–190. DOI: 10.20295/1815–588X-2019–2–175–190.
12. Покровская О. Д. Система логистического нормирования как прикладной инструмент теории терминалистики // Бюлл. результатов научных исследований. — 2019. - Вып.4. — с.5–26. DOI: 10.20295/2223–9987–2019–4–5–26.
13. Покровская О. Д. Классификация узлов и станций как компонентов транспортной логистики // Вестник транспорта Поволжья, Самарский ГУПС. — 2016. - № 5(59). — с.77–86.

14. Самуйлов О.Б., Покровская О.Д., Практика и эффективность формирования транспортно-логических кластеров // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. —2016. -№ 4(32). -с.76–88.
15. Маликов О. Б. Перевозки и складирование товаров в целях поставок: монография / О. Б. Маликов. —М.: УМЦО ЖДТ. —2014. —536 с.
16. Покровская О.Д. Логистическое руководство: математические основы терминалистики, маркировка, классификация и идентификация логистических объектов железнодорожного транспорта: монография / О. Д. Покровская. -Казань: Бук. —2017. —281с.
17. Sustainable economic development of regions: Monograph, vol.3 / ed. by L. Shlossman. —Vienna: "East-West" Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. —2014. —р.2016.
18. Замышляев А. М. Автоматизация процессов комплексного управления техническим состоянием инфраструктуры железнодорожного транспорта: диссертация д.т.н. (05.13.06). —М.: Московский госуниверситет путей сообщения (МГУПС, МИИТ). —2013. —340 с.
19. Kaziev, V., Tyutrin, N., Khizbullin, F., Takhumova, V., Medvedeva, L. Improvement and modeling of the company's activity based on the innovative KPI system // J. Fundam. Appl. Sci. —2018. -Vol.10(5S), -pp.1406–1415. <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v10i5s.117>
20. Герасименко П. В. Методика моделирования риска при прогнозировании результатов инвестирования производственной деятельности предприятий // Известия Петербургского государственного университета путей сообщения. —2012. -№ 2. -с.142–147.

© Тарасенко Василий Анатольевич (pantsuit@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Восточно-Сибирский институт Министерства внутренних дел

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И МЕХАНИЗМОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ВУЗА

DEVELOPMENT OF SPECIAL SOFTWARE OF MANAGEMENT SYSTEMS AND MECHANISMS FOR DECISION MAKING IN THE UNIVERSITY EDUCATION PROCESS

O. Yurkova
O. Kazakov
E. Novoseltseva
O. Zelensky

Summary. A necessary condition for the development of the Russian economy is to improve the management of the training of qualified personnel in accordance with the requirements of educational standards. In this regard, the problem of creating effective solutions in the management of a university is an urgent research problem. To make managerial decisions, the curator of the group and the administration of the university needs information about the current student performance, in other words, monitoring student performance and attendance. Therefore, the goal of this work is to develop an application to automate the maintenance of academic and attendance journals and to increase the convenience of teachers.

In the work, the subject area is analyzed, analog programs are considered, their weaknesses and strengths taken into account when building the model of the developed mobile application are revealed. The result of the work was a fully functioning mobile application for monitoring class attendance and student performance, which allows users to edit and view class reports for users depending on their role. Further plans for the development of the project include the completion of the server part of the system, which provides for the creation of a web interface for building various reports, as well as integration mechanisms with other systems of the institution.

Keywords: workstation, specialized software, database, monitoring, MS SQL-Server.

Юркова Ольга Николаевна

К.э.н., доцент, ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет»
yurkova_olga@mail.ru

Казakov Олег Дмитриевич

К.э.н., доцент, ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет»
kod8383@mail.ru

Новосельцева Евгения Игоревна

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет»
zhenechka.novoseltseva@mail.ru

Зеленский Олег Сергеевич

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет»
zelenskiyoleg2000@gmail.com

Аннотация. Необходимым условием развития российской экономики является совершенствование управления подготовкой квалифицированных кадров в соответствии с требованиями стандартов образования. В связи с этим проблема создания эффективных решений в управлении ВУЗом является актуальной проблемой исследования. Для принятия управленческих решений, куратору группы и администрации ВУЗа необходима информация о текущей успеваемости студентов, другими словами — мониторинг успеваемости и посещаемости студентов. Поэтому, целью данной работы является разработка приложения для автоматизации ведения журнала успеваемости и посещаемости занятий и повышения удобства работы преподавателей.

В работе разобрана предметная область, рассмотрены программы-аналоги, выявлены их слабые и сильные стороны, учтенные при построении модели разрабатываемого мобильного приложения. Результатом работы стало, в полной мере, функционирующее мобильное приложение мониторинга посещаемости занятий и успеваемости студентов, которое позволяет редактировать и просматривать ведомости занятий пользователям в зависимости от роли. В дальнейшие планы развития проекта входит доработка серверной части системы, предусматривающая создание web-интерфейса для построения различных отчетов, а также механизмов интеграции с другими системами учебного заведения.

Ключевые слова: автоматизированное рабочее место, специализированное программное обеспечение, база данных, мониторинг, MS SQL-Server.

Введение

В настоящее время существует большой выбор электронных журналов для учреждений образования, которые со свои достоинствами и недостатками, а журналов для ВУЗов с мониторингом процесса обучения практически нет [1]. Поэтому, целью данной работы является разработка автоматизированной мобильной системы для упрощения ведения журнала.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи: проанализировать процесс ведения журнала; рассмотреть существующие технологии или программные средства аналогичного или смежного назначения, выявить их достоинства и недостатки; сделать вывод о целесообразности разработки программного средства на основе полученных данных и разработать, реализовать и отладить автоматизированное мобильное приложение. Объектом является мониторинг успеваемости и посещаемости студентов, а предметом — автоматизация мониторинга успеваемости и посещаемости студентов.

Мониторинг успеваемости и посещаемости студентов

Успеваемость — степень усвоения объема знаний, навыков, умений, установленных учебной программой. Успешность обучения это одна из составляющих психологического здоровья студентов.

Посещаемость взаимосвязана с различного рода организационными задачами учебного процесса. Посещение учебных занятий — одна из обязанностей учащихся.

Привычный и всем известный способ ведения учёта и контроля процесса обучения в образовательном учреждении заключается в применении бумажного журнала, в котором педагог фиксирует посещаемость, успеваемость и задания обучающихся. Нередко бывают случаи расхождения данных, имеющих у обучающегося и преподавателя, в результате чего, на проверку информации затрачиваются время обеих сторон. Помимо этого, осуществление мобильного информирования обучающихся — это существенный инструмент для мотивирования у обучающихся навыков самообучения, самоконтроля и самоорганизации. Отсюда следует вывод, что внедрение мобильного информирования обучающихся — важная задача образовательного учреждения, необходимая как педагогам, так и обучающимся.

На основе ведомости, созданной в бесплатном онлайн-офисе GoogleDocs, можно настраивать права доступа преподавателей для редактирования вносимой информации и для построения нужных отчётов. По ре-

зультатам использования можно сделать следующие выводы:

- ◆ главная проблема — перевод ведомости в состояние «утверждено» и после чего — запрет редактирования;
- ◆ неудобство изменения данных на стационарном компьютере;
- ◆ неудобство работы с ведомостью в мобильной версии.

Описание программ-аналогов

Рассмотрим наиболее распространенные мобильные решения.

1. Мобильное приложение «Классный журнал» разработано ООО «Дневник.ру» для мобильных устройств с операционной системой Android и предназначено для оперативной работы по заполнению журналов успеваемости учителями.

Вся информация, которая поступает через мобильное приложение, открыта пользователям, которые прошли авторизацию, и хранится в базе данных Единой образовательной сети «Дневник.ру». Мобильное решение содержит классный журнал с возможностью отслеживания, выставления с последующим изменением оценок, а также имеется возможность отмечать присутствие учащихся. В данном приложении имеется страница занятия, позволяющая вносить коррективы и оставлять комментарии к занятию для отдельного обучающегося, формулировать и выдавать обучающимся задания на дом.

2. Компания «БАРС Груп» разработала бесплатное приложение «Дневник в кармане». Данное приложение позволяет каждому ученику и его родителям получить доступ к информации об учебном процессе: от расписания занятий до домашних заданий и отметок об успеваемости, а также возможность просмотра комментариев за работу учащегося на уроке. Обновление сведений происходит за счёт данных, собранных в системе «БАРС. Образование-Электронная Школа».
3. «Электронный журнал класса» LMS «Школа» — это система, позволяющая автоматизировать работу педагога и заносить информацию в электронный журнал, а также просматривать личное расписание занятий, пользоваться библиотекой цифровых образовательных материалов, контролировать посещаемость и многое другое. Программа мобильна и способна в полной мере взаимодействовать между школьным электронным журналом и дневниками учеников, а также с преподавателями, администрацией, учащимися и их родителями.



Рис. 1. Контекстная диаграмма модели потоков данных

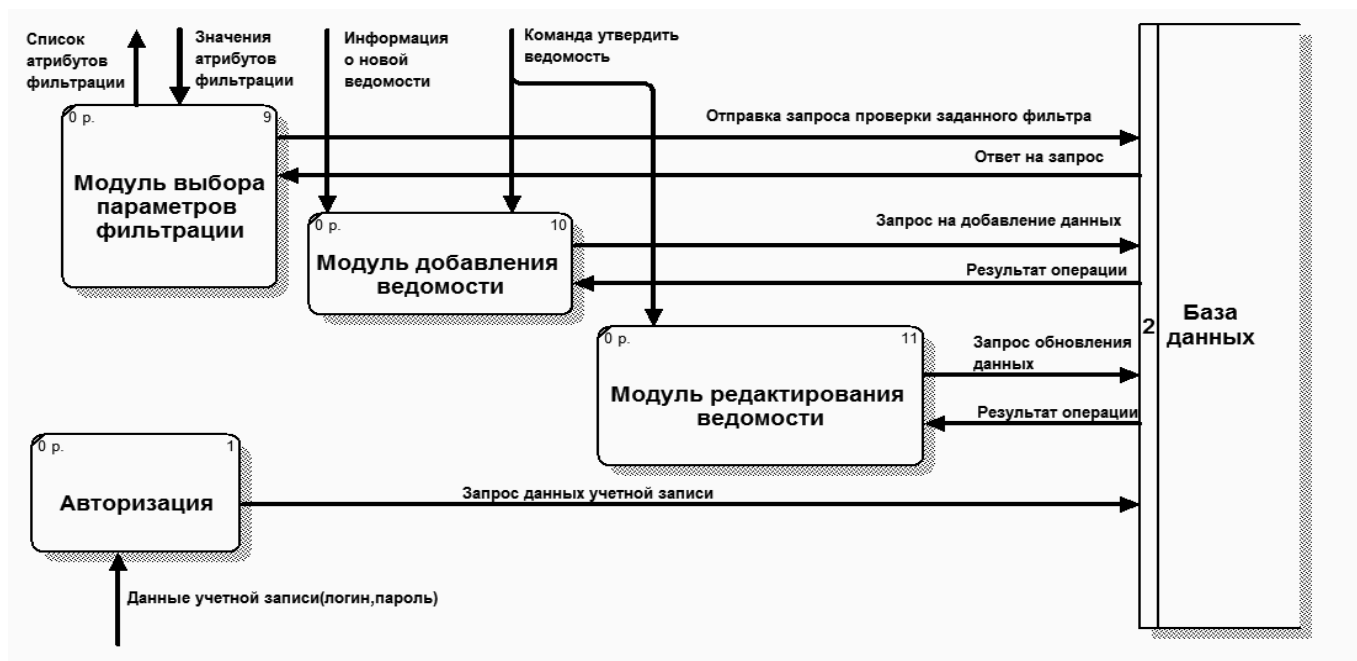


Рис. 2. Диаграмма второго уровня

Модель потоков данных разрабатываемой системы

В мобильном приложении, входными данными от пользователя являются:

- ◆ данные учетной записи (логин, пароль);
- ◆ информация о ведомости;
- ◆ значения атрибутов фильтрации;
- ◆ команда «утвердить» ведомость.

Выходными данными к пользователю являются:

- ◆ список атрибутов фильтрации;
- ◆ сведения о ведомости.

При более укрупненном рассмотрении модели, можно выделить следующие этапы ее формирования: авторизация, модуль выбора, модуль добавления занятия, модуль редактирования занятия.

На этапе авторизации, входными данными являются данные учетной записи (логин, пароль), выходными — запрос данных учетной записи.



Рис. 3. Архитектурная схема мобильного приложения мониторинга посещаемости занятий и успеваемости студентов

На этапе выбор параметров фильтрации, входными данными являются значения атрибутов фильтрации, выходными данными являются отправка запроса проверки заданного фильтра, список атрибутов фильтрации.

На этапе добавления ведомости, входными данными являются информация о новой ведомости, команда утвердить ведомость, результат операции. К выходным относится запрос на добавление данных.

На этапе редактирования ведомости, входными данными являются команда утвердить ведомость, результат операции. Выходными данными являются запрос обновления данных.

Функциональные требования

Ниже описано техническое задание для мобильного приложения и основные требования к программной части, учтены потенциальные роли приложения.

Приложение должно поддерживать следующие роли пользователей:

- ◆ преподаватель;
- ◆ староста;
- ◆ студент.

Роль пользователя должна быть определена приложением автоматически по учетным данным пользователя.

Архитектура программного решения

Архитектурный проект должен включать в себя все требования, скорректированные на предыдущей фазе — системный анализ.

На рисунке 3 приведена архитектурная схема приложения «Мобильное приложение мониторинга посещаемости занятий и успеваемости студентов». В качестве среды для разработки мобильного приложения была выбрана IntelliJ IDEA CommunityEdition 13.0.1. Версия среды разработки CommunityEdition 13.0.1 распространяется бесплатно, имеет хорошую техническую поддержку. IntelliJ IDEA позволяет продуктивнее писать и видоизменять код, «наталкивает» на нужные имена и помогает находить соответствующие методы [2].

Модель данных

Для мобильного приложения используется база данных, импортированная в MySQL. Для управления базой данных используется приложение phpMyAdmin, включенное в состав хостинга, на котором размещена база данных. База данных мобильного приложения приведена к нормальной форме и состоит из 8 связанных между собой отношений. База данных для приложения была спроектирована в ERwinData. На рисунке 4 приведен логический уровень базы данных, который позволяет лучше понять, какие данные будут храниться.

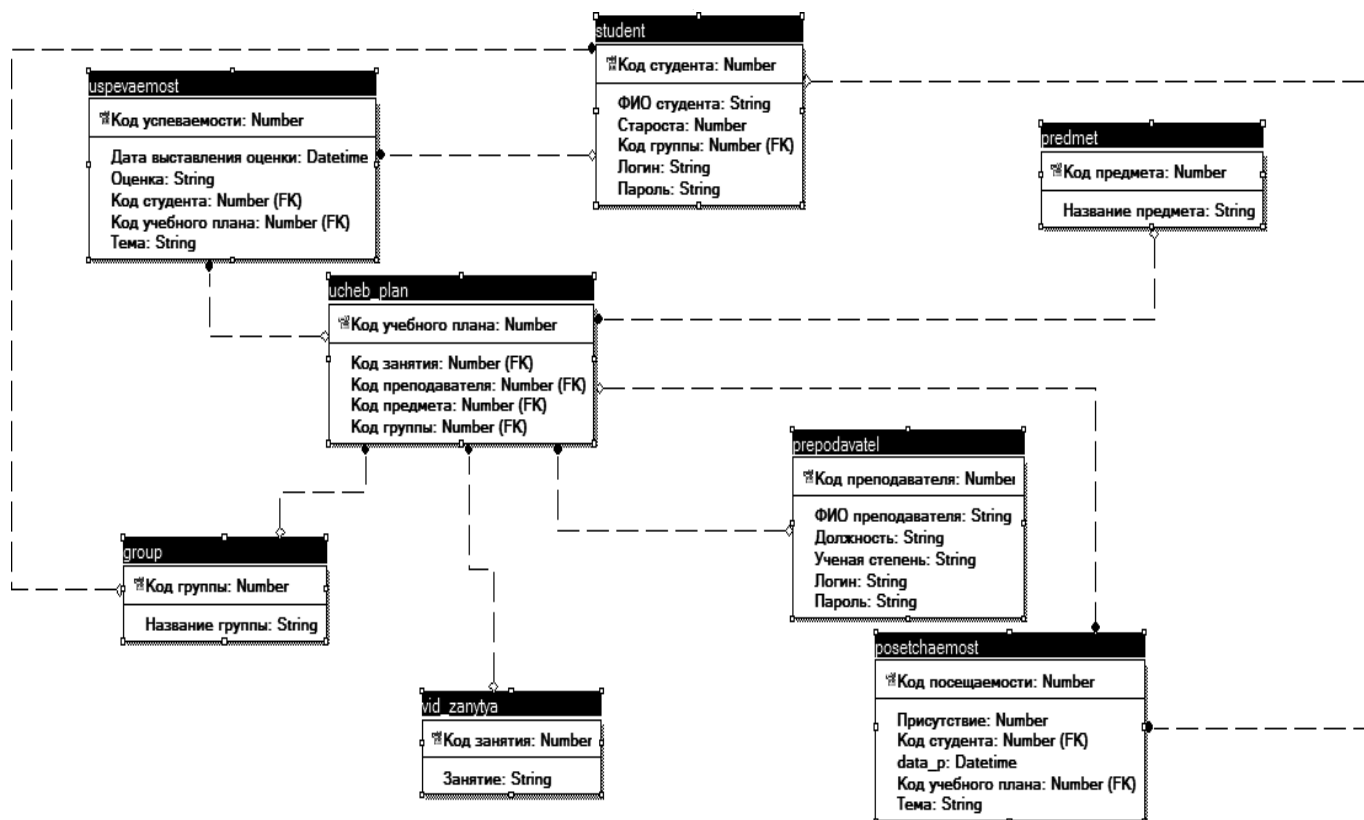


Рис. 4. Логический уровень базы данных



Рис. 5. Интерфейс экрана авторизации пользователя

Проектирование интерфейсов

На рисунке 5 изображен интерфейс экрана авторизации пользователя. Основой служит `LinearLayout`, который задает расположение элементов на экране мобильного устройства, компонент `ScrollView` изначально не виден, но он необходим при малом разрешении экрана. Компонент `TextView` служит для вывода статического

текста, компоненты `EditText` и `Button` служат ввода и отправки введенных данных.

Запуск приложения

Приложение запускается нажатием на иконку программного решения на экране мобильного устройства. Для использования приложения необходим доступ в интернет.



Рис. 6. Авторизация

Авторизация

Для того, чтобы приступить к работе с приложением, пользователю необходимо авторизоваться, как показано на рисунке 6 и нажать кнопку «Вход». Пункт меню в верхней части экрана содержит краткую информацию о данном экране. Если установить флажок «запомнить», приложение сохранит учетные данные.

После успешной авторизации происходит переход на экран параметров фильтрации в зависимости от роли авторизованного пользователя.

В приложении есть параметры фильтрации для преподавателя, добавление, редактирование и просмотр ведомости, параметры фильтрации для старосты, параметры фильтрации для студентов.

Чтобы завершить работу приложения, необходимо перейти к экрану параметров фильтрации и нажать кнопку «Васк» на мобильном устройстве, после чего подтвердить выбор.

Тестирование

Для того, чтобы протестировать соответствия мобильного приложения в соответствии с поставленными целями, составлен план испытаний:

- ◆ проверка авторизации;
- ◆ проверка в случае обрыва соединения с интернетом;
- ◆ проверка добавления ведомости;
- ◆ проверка редактирования ведомости преподавателем;
- ◆ проверка редактирования ведомости старостой;
- ◆ проверка экрана просмотра ведомости.

В результате проверки авторизации выполнен вход случайно выбранных пользователей. Результаты оказа-

лись безошибочны. При вводе неправильных учетных данных выдавалось соответствующее сообщение.

В случае с загрузкой данных, при обрыве соединения с интернетом, данные загружаются не полностью, но на этот случай есть повторное соединение, что находить решение проблемы.

Для проверки добавления ведомости было выполнено 30 добавлений для каждого вида занятия под несколькими пользователями. Результат показал, что все ведомости добавляются корректно, данные записываются в базу без потери.

Чтобы проверить возможность редактирования преподавателем ведомости, было запущено приложение и осуществлен вход под пользователем «Преподаватель». Были заданы параметры фильтрации, после чего перешли на экран списка ведомостей. Выбрали произвольную ведомость и открыли её, данные корректно загрузились с сервера. Была изменена тема, и оценка одного студента, после чего данные сохранили. Ведомость без ошибок обновилось с новыми заданными данными. После провели еще пару экспериментов, с другими параметрами фильтра. Проверили возможность редактировать утверждённые занятия. Результаты не выявили ошибок [3].

Чтобы проверить возможность редактирования старостой ведомости, было запущено приложение и осуществлен вход под пользователем «староста». Были заданы параметры фильтрации, после чего перешли на экран списка занятий. Была выбрана и открыта произвольная ведомость, данные корректно загрузились с сервера. Была изменена дата и количество пропущенных часов студентов, после чего данные сохранены. Ведомость без ошибок обновилось с новыми заданными данными. Проверена невозможность редактировать утверждённые занятия. Результаты не выявили ошибок. Экран просмотра ведомости активируется в случае, если

редактирование запрещено. Проверка проводилась с двух мобильных устройств, на одном авторизовались под старостой, на другом под студентом. Были заданы параметры фильтрации и перешли к списку ведомостей. В случае со старостой, как и должно быть, осуществлялся переход на экран просмотра ведомости, если занятие не утверждено. В случае со студентом, всегда был переход на экран просмотра ведомости, как и должно быть. Результаты не выявили ошибок, каждый пользователь переходит на экран просмотра.

Заключение

В ходе работы была разобрана предметная область, рассмотрены программы-аналоги, выявлены их слабые и сильные стороны, которые помогли в построении модели разрабатываемого мобильного приложения

Определена среда разработки будущего приложения на основании сравнения достоинств и недостатков под конкретную задачу работы. Так же были поставлены цели, которые необходимо выполнить для успешного выполнения работы [4].

Результатом работы стало в полной мере функционирующее мобильное приложение мониторинга посещаемости занятий и успеваемости студентов, которое позволяет редактировать и просматривать ведомости занятий пользователям в зависимости от роли.

В дальнейшие планы развития проекта входит доработка серверной части системы, предусматривающая создание web-интерфейса для построения различных отчетов, а также механизмов интеграции с другими системами учебного заведения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лысенко А. Н. Система социально-экономической безопасности региона: сущность, структура, угрозы, механизм управления // Управление устойчивым развитием. 2019. № 2 (21). С. 32–39.
2. Юркова О.Н., Голикова А. М., Сологубов А. К. Подходы к разработке специального программного обеспечения систем управления принятия решений в социальных и экономических системах в условиях неопределенности и нечеткости исходной информации. // Высокие технологии и инновации в науке: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции (Санкт-Петербург, Ноябрь 2018). — СПб.: ГНИИ «Нацразвитие», 2018. — С. 133–138
3. Юркова О. Н. Разработка автоматизированной системы управления студенческим общежитием // Актуальные вопросы и основы международного сотрудничества в сфере высоких технологий: сборник статей междунар. научн.-практ. конф. — Стерлитамак, 2017. — С. 199–203
4. Юркова О.Н., Слепцова М. А. Разработка специального программного обеспечения систем управления и механизмов принятия решений для управления студенческими общежитиями // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки». — 2019. — № 3. — С. 60–62

© Юркова Ольга Николаевна (yurkova_olga@mail.ru), Казаков Олег Дмитриевич (kod8383@mail.ru),

Новосельцева Евгения Игоревна (zhenechka.novoselceva@mail.ru), Зеленский Олег Сергеевич (zelenskiyoleg2000@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ И ПАТОГЕНЕЗ РАЗВИТИЯ ЛИМФОМЫ БЕРКИТТА: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

EPIDEMIOLOGY AND PATHOGENESIS OF BURKITT'S LYMPHOMA: LITERATURE REVIEW

**E. Bokova
S. Vostrikova
A. Grinev**

Summary. Burkitt's lymphoma (BL) is one of the most common pediatric cancers. The aim of the article is to review literature sources on the BL epidemiology, pathogenic mechanisms that determine the association of endemic BL with Epstein–Barr virus (EBV) infection and tropical malaria, and diagnostics of BL. The following tumor progression factors were identified as the key ones: T-lymphocyte dysfunction caused by *P. falciparum* invasion, inducing EBV reinfection, expression of activation-induced cytidine deaminase (AID) and c-myc oncogene translocation. Further scientific research of molecular-genetic mechanisms of BL progression is needed in order to develop new methods of early BL diagnostics.

Keywords: Burkitt's lymphoma; endemic; Epstein-Barr virus; malaria; *Plasmodium falciparum*.

Бокова Елизавета Олеговна

ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный
медицинский университет имени И. М. Сеченова»
Минздрава России (Сеченовский Университет)
eobokova@gmail.com

Вострикова Софья Михайловна

ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный
медицинский университет имени И. М. Сеченова»
Минздрава России (Сеченовский Университет)
vostrikova.sofya@yandex.ru;

Гринев Александр Борисович

К.б.н., доцент, ФГАОУ ВО «Первый Московский
государственный медицинский университет имени
И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский
Университет)
sagrinev@yandex.ru

Аннотация. Лимфома Беркитта (ЛБ) — одно из самых распространенных онкологических заболеваний у детей. Целью данной статьи является обзор источников литературы по эпидемиологии ЛБ, механизмам развития заболевания, которые обуславливают взаимосвязь эндемической формы ЛБ с инфекцией, вызванной вирусом Эпштейна-Барр (ВЭБ), и тропической малярией, а также диагностике ЛБ. Выделены основные факторы развития опухоли: нарушение функций Т-клеток малярийным плазмодием, реактивация ВЭБ-инфекции, экспрессия индуцируемой активацией цитидинаминазы (AID) и транслокация онкогена MYC. Необходимы дальнейшие исследования молекулярно-генетических механизмов развития ЛБ для разработки новых методов ранней диагностики ЛБ.

Ключевые слова: лимфома Беркитта; вирус Эпштейна-Барр; малярия; *Plasmodium falciparum*; малярийный плазмодий.

Введение

Лимфома Беркитта (ЛБ) является одной из разновидностей неходжкинских лимфом, патогенез которой основан на онкогенном нарушении дифференцировки зрелых В-лимфоцитов. Данная опухоль обладает высокой степенью злокачественности [3], а также составляет 80% В-клеточных неходжкинских лимфом у детей [19].

Формы лимфомы Беркитта

На основании географической распространенности, уровня заболеваемости и факторов риска развития новообразования выделяют три клинические формы лимфомы Беркитта: эндемическую, спорадическую

и ВИЧ-ассоциированную. Эндемическая форма встречается преимущественно в голоэндемичных по малярии районах Африки и Папуа — Новой Гвинеи [21, 29]. В данных регионах ЛБ составляет 50% всех диагностируемых детских опухолей [30]. В недавнем исследовании, проведенном в Республике Малави, было показано, что в период с 2011 по 2014 годы 74 из 114 лимфом (65%), выявленных у детей в возрасте от 2 до 16 лет, были эндемическими ЛБ [7]. Ежегодная заболеваемость ЛБ в экваториальной Африке составляет примерно 4–5 случаев на 100.000 детей. Было установлено, что пик заболеваемости приходится на возраст 6 лет, при этом заболеваемость в два раза выше у мальчиков, чем у девочек [21].

Спорадическая форма ЛБ встречается в не эндемичных по малярии районах с относительно низким

риском заболевания, таких как Северная Америка, Северная и Восточная Европа, Восточная Азия: ежегодная заболеваемость в данных регионах составляет 2 случая на 1.000.000 детей. По статистике, в Северной Америке и Западной Европе спорадическая ЛБ составляет от 1 до 2% всех лимфом, диагностируемых у взрослых, и 30–40% неходжкинских лимфом у детей. Пик заболеваемости приходится на 11 лет в детском и 30 лет во взрослом возрасте, при этом у лиц мужского пола ЛБ встречается в 3,5 раз чаще, чем у женского [30].

Форма ЛБ, ассоциированная с иммунодефицитом, наблюдается, в основном, у носителей ВИЧ-инфекции. Guesch-Ongey M. et al. провели анализ баз данных пациентов за 1980–2005 годы, согласно которому показатель заболеваемости ВИЧ-ассоциированной формой ЛБ среди жителей США составил 22 случая на 100.000 человек. В упомянутом исследовании отмечается два пика заболеваемости: в детском (примерно в 10 лет) и во взрослом (40–51 и/или ≥ 60 лет) возрасте. Коэффициент заболеваемости ВИЧ-ассоциированной ЛБ у лиц мужского пола был в 1,6 раз выше, чем у лиц женского пола [11].

Влияние инфекции, вызванной вирусом Эпштейна-Барр, на развитие лимфомы Беркитта

На данный момент точно не установлено, из какого типа В-клеток развивается ЛБ [21]. Одни авторы полагают, что данное новообразование развивается из В-лимфоцитов герминативного центра [14], другие — что исходными являются В-клетки памяти [31]. В 2005 году Bellan et al. предположили, что источник ЛБ напрямую зависит от носительства ВЭБ. При отсутствии вирусной инфекции новообразование чаще всего возникает из В-клеток герминативного центра, в то время как сопутствующая ВЭБ-инфекция индуцирует развитие ЛБ из В-клеток памяти [2].

Стоит отметить, что эндемическая ЛБ в 90–95% случаев развивается на фоне персистирующей инфекции, вызванной вирусом Эпштейна-Барр [15], в то время как при спорадической форме вирус обнаруживается в среднем лишь у 30% пациентов (в Бразилии процент случаев ЛБ, ассоциированной с ВЭБ, может достигать 52,6% [26], в Аргентине и в Индии — 47 и 80%, соответственно [28], в Японии — 8% [22], а при ВИЧ-ассоциированной — у 40% [17]). Было высказано предположение, что повышенная выработка антител к ВЭБ может быть одним из ранних диагностических маркеров эндемической лимфомы Беркитта [1].

У здорового человека ВЭБ-инфекция персистирует в периферических В-клетках памяти в форме латентной

инфекции, способствуя увеличению продолжительности жизни В-лимфоцитов [14, 21]. При сниженном иммунном ответе клетки памяти могут подвергаться злокачественной трансформации.

Единственным белком, перманентно экскретируемым эндемической ЛБ, является протеин Epstein-Barr virus nuclear antigen-1 (EBNA-1) [21]. Было высказано предположение, что тест с использованием антигена к EBNA может быть простым способом проверки на наличие генома вируса Эпштейна-Барр, что впоследствии упростит диагностирование эндемической формы лимфомы Беркитта, ассоциированной с ВЭБ [16]. Было установлено, что EBNA-1 наряду с другими белками (BDLF3, LMP-1 и EBNA-3C) способен влиять на функционирование убиквитин-протеасомной системы, что необходимо для выживания и репликации вирусов в клетках [8]. В настоящий момент обсуждается возможность использования ингибиторов протеасом в терапии опухолей, ассоциированных с ВЭБ [12].

Роль малярийного плазмодия в патогенезе лимфомы Беркитта

Вскоре после первого описания эндемической формы ЛБ в 1958 году было отмечено совпадение географической распространенности лимфомы Беркитта и интенсивной трансмиссивной передачи малярии паразитами *Plasmodium falciparum*. Показано, что случаи заболевания эндемической ЛБ практически отсутствуют в Индии, где большинство малярийных инфекций вызывается *P. vivax*, а не *P. falciparum*, что указывает на вовлеченность последнего в патогенез ЛБ [25].

По результатам анализа 303 случаев эндемической формы ЛБ и 274 не эндемических форм, было установлено, что среди пациентов с эндемической ЛБ наблюдается более высокая встречаемость малярии и большее генетическое разнообразие *P. falciparum* по сравнению с контрольной группой [13]. В другом исследовании было установлено, что в регионах со стабильно высоким уровнем передачи возбудителя тропической малярии показатели заболеваемости эндемической ЛБ выше, чем в регионах, в которых передача *P. falciparum* спорадическая или вовсе отсутствует [27].

Несмотря на большое количество гипотез, раскрывающих причинно-следственные связи во взаимодействии между инфицированием *P. falciparum* и развитием эндемической ЛБ, взаимосвязь данных событий на молекулярном уровне до сих пор остается не до конца изученной [31]. Существует несколько гипотез, объясняющих роль *P. falciparum* в развитии ЛБ. Некоторые исследователи предполагают, что поликлональный рост В-клеток и реактивация ВЭБ-инфекции при заражении



Рис. 1. Взаимодействие малярийного плазмодия вида *P. falciparum* и вируса Эпштейна-Барр, приводящее к развитию эндемической лимфомы Беркитта.

P. falciparum повышают риск транслокации онкогена *MYC* и, соответственно, развития ЛБ [29]. Другие авторы считают, что причиной подобного влияния плазмодия на патогенез ЛБ является нарушение иммунного ответа Т-лимфоцитов в ответ на ВЭБ-инфекцию, приводящее к реактивации ВЭБ в инфицированных В-клетках и снижению контроля над вирусом (рис. 1) [21].

Было доказано, что малярия влияет на иммунный ответ детского организма при ВЭБ-инфекции, воздействуя на В-клетки [6, 23]. Ключевым фактором во взаимодействии ВЭБ, малярии и ЛБ считается экспрессия гена индуцируемой активацией цитидинаминазы (AID) в В-лимфоцитах герминативного центра [24, 31]. Экспрессия данного гена регулирует иммунный ответ клетки хозяина, влияя на переключение синтеза антител и соматические гипермутации тяжелой цепи при созревании иммуноглобулинов [21, 24]. С одной стороны, данные механизмы обеспечивают устойчивость организма к патогенам. С другой стороны, гиперсекреция AID может быть фактором риска развития лейкозий и лимфом, в част-

ности, индуцируя транслокацию *MYC*, играющую роль в патогенезе ЛБ [24]. При экспериментальном заражении структур лимфатических узлов *P. falciparum* в тканях было обнаружено большое число клеток, экспрессирующих AID и большое количество В-лимфоцитов герминативного центра, инфицированных ВЭБ. Установлено, что заражение *P. falciparum* влияет на два основных фактора риска развития ЛБ: индуцирование AID в В-клетках герминативного центра и увеличение частоты заболевания ВЭБ, стимулируя транслокацию *MYC* [32].

Перспективы научного поиска

Необходимо отметить, что вопрос взаимодействия ВЭБ и *P. falciparum* в патогенезе ЛБ является перспективным направлением для дальнейшего изучения. *P. falciparum* селективно абсорбирует витамин А из клетки хозяина, что стимулирует рост и биологическую активность паразита [9, 20]. Нарушение обмена витамина А играет значимую роль в патогенезе многих онкологических заболеваний [5]. Известно, что ретиноиды об-

ладают оксидативным, цитотоксическим, мутагенным, тератогенным действием, а также могут стимулировать апоптоз [4]. Была предложена теория, согласно которой аккумулированный в гепатоцитах хозяина витамин А используется паразитом в качестве дестабилизатора клеточных мембран, что способствует его инвазии в эритроциты, вызывая анемию [18].

Воздействие ретиноевой кислоты на лимфатическую ткань приводит к нарушению функционирования Т-лимфоцитов (рис. 1). Последующее снижение иммунного ответа обуславливает реактивацию ВЭБ-инфекции, стимулирующей рост В-клеток герминативного центра. Данная пролиферация повышает экспрессию индуцируемой активацией цитидинамины (AID), которая в свою очередь вызывает транслокацию онкогена *MYC*. В 2005 году Greiner et al. использовал показатели секреции AID для дифференциальной диагностики ходжкинских лимфом и ЛБ [10], что демонстрирует возможность использования показателя секреции AID и, возможно, других звеньев патогенеза ЛБ в диагностических целях.

Заключение

Лимфома Беркитта является распространенным заболеванием, составляющим около 80% В-клеточных

неходжкинских лимфом, диагностируемых в детском возрасте. Наиболее распространенной является эндемическая форма ЛБ, которая в большинстве случаев ассоциирована с ВЭБ-инфекцией. Значительную роль в патогенезе эндемической ЛБ в районах с интенсивной передачей тропической малярии играют как вирусный, так и протозойный факторы. Звенья данного взаимодействия не до конца изучены на данный момент. Одним из описанных механизмов, предлагающих свежий взгляд на роль двух этих патогенов в развитии ЛБ, является нарушение обмена витамина А в клетке хозяина в ответ на заражение малярией: ретиноевая кислота, воздействуя на лимфатическую ткань хозяина, нарушает функционирование Т-лимфоцитарного звена иммунитета. Данные события создают благоприятные условия для реактивации ВЭБ-инфекции, что в свою очередь стимулирует рост В-клеток герминативного центра. Дальнейшие изменения в клетках хозяина (экспрессия AID и транслокация онкогена *MYC*) напрямую индуцируют развитие лимфомы Беркитта. Перспективным материалом для дальнейших исследований является вопрос роли гипервитаминоза А в патогенезе эндемической лимфомы Беркитта, а также возможности применения знаний о молекулярно-генетических механизмах, приводящих к развитию ЛБ, в диагностике данного заболевания.

ЛИТЕРАТУРА

- Asito A.S. et al. Elevated anti-Zta IgG levels and EBV viral load are associated with site of tumor presentation in endemic Burkitt's lymphoma patients: a case control study // *Infectious agents and cancer*. — 2010. — Т. 5. — №. 1. — С. 13.
- Bellan C. et al. Immunoglobulin gene analysis reveals 2 distinct cells of origin for EBV-positive and EBV-negative Burkitt lymphomas // *Blood*. — 2005. — Т. 106. — №. 3. — С. 1031–1036.
- Bennett M.H. et al. Classification of non-Hodgkin's lymphomas // *The Lancet*. — 1974. — Т. 304. — №. 7877. — С. 405–408.
- de Oliveira M. R. Vitamin A and retinoids as mitochondrial toxicants. *Oxidative Med Cell Longev* 2015; 140267–140213. — 2015.
- Doldo E. et al. Vitamin A, cancer treatment and prevention: the new role of cellular retinol binding proteins // *BioMed research international*. — 2015. — Т. 2015.
- Donati D. et al. Identification of a polyclonal B-cell activator in *Plasmodium falciparum* // *Infection and immunity*. — 2004. — Т. 72. — №. 9. — С. 5412–5418.
- El-Mallawany N.K. et al. Beyond Endemic Burkitt Lymphoma: navigating challenges of differentiating childhood lymphoma diagnoses amid limitations in pathology resources in Lilongwe, Malawi // *Global pediatric health*. — 2017. — Т. 4. — С. 2333794X17715831.
- Full F. et al. Gammaherpesviral tegument proteins, PML-nuclear bodies and the ubiquitin-proteasome system // *Viruses*. — 2017. — Т. 9. — №. 10. — С. 308.
- Gouado I. et al. Influence of malaria on the serum levels of vitamin A, zinc and calcium of children in Douala-Cameroon // *African Journal of Biotechnology*. — 2007. — Т. 6. — №. 7.
- Greiner A. et al. Differential expression of activation-induced cytidine deaminase (AID) in nodular lymphocyte-predominant and classical Hodgkin lymphoma // *The Journal of Pathology: A Journal of the Pathological Society of Great Britain and Ireland*. — 2005. — Т. 205. — №. 5. — С. 541–547.
- Guech-Ongey M. et al. AIDS-related Burkitt lymphoma in the United States: what do age and CD4 lymphocyte patterns tell us about etiology and/or biology? // *Blood, The Journal of the American Society of Hematology*. — 2010. — Т. 116. — №. 25. — С. 5600–5604.
- Hui K.F., Tam K. P., Chiang A. K.S. Therapeutic strategies against Epstein-Barr virus-associated cancers using proteasome inhibitors // *Viruses*. — 2017. — Т. 9. — №. 11. — С. 352.
- Johnston W.T. et al. Relationship between *Plasmodium falciparum* malaria prevalence, genetic diversity and endemic Burkitt lymphoma in Malawi // *Scientific reports*. — 2014. — Т. 4. — №. 1. — С. 1–5.
- Küppers R. B cells under influence: transformation of B cells by Epstein-Barr virus // *Nature Reviews Immunology*. — 2003. — Т. 3. — №. 10. — С. 801–812.
- Lemos M.P. et al. Pathology-based research in Africa // *Clinics in laboratory medicine*. — 2018. — Т. 38. — №. 1. — С. 67–90.
- Lindahl T. et al. Relationship between Epstein-Barr virus (EBV) DNA and the EBV-determined nuclear antigen (EBNA) in Burkitt lymphoma biopsies and other lymphoproliferative malignancies // *International journal of cancer*. — 1974. — Т. 13. — №. 6. — С. 764–772.

17. Linke-Serinsöz E., Fend F., Quintanilla-Martinez L. Human immunodeficiency virus (HIV) and Epstein-Barr virus (EBV) related lymphomas, pathology view point // Seminars in diagnostic pathology. — WB Saunders, 2017. — Т. 34. — № . 4. — С. 352–363.
18. Mawson A. R. The pathogenesis of malaria: a new perspective //Pathogens and global health. — 2013. — Т. 107. — № . 3. — С. 122–129.
19. Minard-Colin V. et al. Non-Hodgkin lymphoma in children and adolescents: progress through effective collaboration, current knowledge, and challenges ahead // Journal of Clinical Oncology. — 2015. — Т. 33. — № . 27. — С. 2963.
20. Mizuno Y. et al. In-vitro uptake of vitamin A by Plasmodium falciparum //Annals of Tropical Medicine & Parasitology. — 2003. — Т. 97. — № . 3. — С. 237–243.
21. Molyneux E.M. et al. Burkitt's lymphoma //The Lancet. — 2012. — Т. 379. — № . 9822. — С. 1234–1244.
22. Namiki T. et al. Clinical and genetic characteristics of Japanese Burkitt lymphomas with or without leukemic presentation //International journal of hematology. — 2003. — Т. 77. — № . 5. — С. 490–498.
23. Njie R. et al. The effects of acute malaria on Epstein-Barr virus (EBV) load and EBV-specific T cell immunity in Gambian children //The Journal of infectious diseases. — 2009. — Т. 199. — № . 1. — С. 31–38.
24. Park S. R. Activation-induced cytidine deaminase in B cell immunity and cancers //Immune Network. — 2012. — Т. 12. — № . 6. — С. 230–239.
25. Pramanik R., Paral C. C., Ghosh A. Pattern of solid malignant tumours in children — a ten-year study //Journal of the Indian Medical Association. — 1997. — Т. 95. — № . 4. — С. 107–8, 115.
26. Queiroga E.M. et al. Burkitt lymphoma in Brazil is characterized by geographically distinct clinicopathologic features //American journal of clinical pathology. — 2008. — Т. 130. — № . 6. — С. 946–956.
27. Rainey J.J. et al. Spatial distribution of Burkitt's lymphoma in Kenya and association with malaria risk //Tropical Medicine & International Health. — 2007. — Т. 12. — № . 8. — С. 936–943.
28. Rao C.R. et al. Association of Burkitt's lymphoma with the Epstein-Barr virus in two developing countries //Leukemia & lymphoma. — 2000. — Т. 39. — № . 3–4. — С. 329–337.
29. Rochford R., Moormann A. M. Burkitt's lymphoma //Epstein Barr Virus Volume 1. — Springer, Cham, 2015. — С. 267–285.
30. Saleh K. et al. Burkitt and Burkitt-Like Lymphomas: a Systematic Review //Current Oncology Reports. — 2020. — Т. 22. — № . 4. — С. 1–9.
31. Thorley-Lawson D.A., Gross A. Persistence of the Epstein-Barr virus and the origins of associated lymphomas //New England Journal of Medicine. — 2004. — Т. 350. — № . 13. — С. 1328–1337.
32. Torngbor C. et al. A multifactorial role for P. falciparum malaria in endemic Burkitt's lymphoma pathogenesis //PLoS pathogens. — 2014. — Т. 10. — № . 5.

© Бокова Елизавета Олеговна (eobokova@gmail.com),

Вострикова Софья Михайловна (vostrikova.sofya@yandex.ru), Гринев Александр Борисович (sagrinev@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Первый МГМУ им. И. М. Сеченова

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ДИАГНОСТИКЕ РАКА ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

MODERN APPROACHES TO THYROID CANCER DIAGNOSIS

**I. Verzakova
S. Putenikhin
G. Gumerova
O. Verzakova**

Summary. Thyroid cancer (BG) is a pressing problem of clinical oncology. The author emphasizes the relevance of this study due to the increase in the number of patients. The author focuses on studying the issue of diagnostics through the lens of ultra-tailed diagnostics. The author analyzed the data of 174 patients who were shown to carry out an ultralight study. The author has proposed and developed an algorithm for carrying out complex HF tumors using compression elastography.

Keywords: thyroid cancer, ultrasound diagnosis, cancer diagnosis, oncology.

Верзакова Ирина Викторовна

Д.м.н., Башкирский государственный медицинский университет, г. Уфа

Путенихин Сергей Юрьевич

*Аспирант, Башкирский государственный медицинский университет, г. Уфа
putenihin1970@yandex.ru*

Гумерова Гульнара Тагировна

К.м.н., доцент, Башкирский государственный медицинский университет, г. Уфа

Верзакова Ольга Владимировна

К.м.н., доцент, Башкирский государственный медицинский университет, г. Уфа

Аннотация. Рак щитовидной железы (ЩЖ) представляет актуальную проблему клинической онкологии. Автором подчёркивается актуальность данного исследования в связи с ростом числа заболевших. Автор акцентирует внимание на изучении вопроса диагностики через призму ультразвуковой диагностики. Автором проанализированы данные 174 пациентов, которым было показано проведение ультразвукового исследования. Автором предложен и разработан алгоритм проведения комплексного опухолей ЩЖ с применением компрессионной эластографии.

Ключевые слова: рак щитовидной железы, УЗИ-диагностика, диагностика рака, онкология.

Введение

Диагностика таких социально значимых заболеваний как рак щитовидной железы, представляет собой актуальную проблему современной медицины. С целью выбора верной тактики лечения необходимо проводить и совершенствовать существующие методики диагностики рака щитовидной железы [5].

Результаты ультразвукового исследования (УЗИ) по оценке состояния ЩЖ и лимфатических узлов (л/у) различны и во многом зависят от размеров образований, их локализации, качества аппаратуры и опыта исследователя. Все это свидетельствует о необходимости дальнейшего совершенствования методов диагностики РЩЖ. Наличие или отсутствие метастатических регионарных л/у определяет выбор метода лечения и объем хирургического вмешательства. [6].

Одним из приоритетных методов для принятия решения о необходимости морфологического исследования ткани из узлов ЩЖ, л/у и других анатомических структур

шей, а также определения тактики хирургического лечения является метод комплексного УЗИ с применением эластографии [11].

Все это обосновывает актуальность темы настоящего исследования.

Материал и методы

В период с 2015 по 2019 г. с использованием линейного датчика 7,5–13,0 МГц были обследованы 174 пациента (45 мужчин, 129 женщин). Возраст пациентов варьировался от 20 до 72 лет (средний возраст составил 39 ± 7 лет).

Исследование проводилось с использованием режима серой шкалы, тканевых гормонов, адаптивного колорайзинга, спектральной импульсной доплерографии, цветового доплеровского картирования и компрессионной эластографии. С целью изучения возможности мультипараметрического УЗИ с применением соноэластографии (СЭГ) в диагностике первичных и рецидив-

ных новообразований для определения природы изменений в ЩЖ и л/у шеи всем пациентам выполняли УЗИ в В-режиме и цветового доплеровского картирования с последующим проведением СЭГ: узлов ЩЖ; ткани ЩЖ, свободной от узлов; л/у шеи; тонкоигольную аспирационную биопсию узлов и участков этих анатомических структур с наибольшей жесткостью и наименьшей эластичностью.

Качественную оценку жесткости образования осуществляли визуально с помощью цветовой шкалы.

Количественное измерение эластичности/жесткости тканей проводили путем замораживания эластографического изображения на экране и подсчета коэффициента жесткости (SR), который вычисляется как соотношение процента деформации (SE) двух областей.

Окрашивание изучаемых объектов в красно-зеленые оттенки цветовой шкалы указывало на схожесть их жесткости, что подтверждалось значениями SR, близкими к 1. Преобладание синих тонов в картине л/у и выявление высоких значений SR ткани л/у указывало на высокую вероятность их метастатического поражения.

Далее сравнивали количественные показатели жесткости ткани л/у с аналогичные показатели первичного узла ЩЖ и между собой.

У пациентов, включенных в группу исследования, было выявлено 328 узлов ЩЖ и 331 л/у. В группу узловых образований входили 24 узла в ложе ЩЖ после тиреоидэктомии. Три и более узлов отмечалось у 50 (29%) пациентов, 2 узла у 30 (17%) пациентов, единичный узел отмечался у 94 (54%) пациентов. Все узлы в ЩЖ и все взятые для исследования л/у были морфологически верифицированы.

При морфологическом исследовании узлов ЩЖ 115 (35,06%) узлов были отнесены к злокачественным опухолям, 83 (25,3%) узла — к аутоиммунному тиреоидиту, 15 (4,57%) узлов расценены как аденомы и 115 (35,06%) узлов оказались коллоидными, паренхиматозными, коллоидно-паренхиматозными зобами.

В результате ретроспективного исследования мы разбили все морфологически подтвержденные узлы ЩЖ на 3 группы. В I группу вошли 115 (35,06%) злокачественных узлов ЩЖ, выявленных при помощи комплексного УЗИ с применением компрессионной эластографии и подтвержденных при помощи ТАБ у 109 (62,64%) пациентов, обследованных впервые на догоспитальном этапе, и у 6 (3,45%) человек после хирургического лечения по поводу злокачественного новообразования (ЗНО) ЩЖ.

Во II группу были отобраны 213 (64,94%) доброкачественных узлов, выявленных у 59 (33,91%) пациентов с доброкачественными изменениями и образованиями в ЩЖ, что было подтверждено морфологическими исследованиями.

При обнаружении трех и более узлов при выборе узла для проведения ТАБ в первую очередь приоритет был отдан узлам с традиционными эхопризнаками, характерными для злокачественных узлов и узлам с большим SR, который определялся при проведении СЭГ.

Третья группа была сформирована из выявленных 99 (29,9%) метастатических л/у.

В IV группу были включены 232 (70,1%) л/у с доброкачественной гиперплазией.

Все выявленные узлы ЩЖ были распределены по категориям TI-RADS, предложенным американской радиологической ассоциацией.

Результаты

В I группе из 115 внесенных для анализа опухолей в режиме эластографии определили 109 образований. Эти случаи были отнесены к группе истинно положительных результатов исследования. Шесть ЗНО ЩЖ в режиме эластографии не визуализировались, но были подтверждены при цитологическом исследовании. При вычислении эффективности метода данные случаи (6) отнесены к ложноотрицательным значениям. Истинно отрицательные случаи отмечены у 59 пациентов при выполнении УЗИ в режиме СЭГ, изображения соответствовали неизменной ткани ЩЖ, что совпало с цитологическим заключением. Данная группа была отнесена к истинно отрицательным значениям. Ложноположительных случаев при выполнении УЗИ в режиме СЭГ было выявлено 2, они были расположены в области перешейка и прилегали к трахее, что совпало с результатами цитологического заключения.

Результаты наших исследований по оценке классических УЗ-признаков злокачественности узлов ЩЖ совпали с данными как зарубежных, так и отечественных авторов. По американской классификационной системе TI-RADS в категорию TR3 с незначительным подозрением на малигнизацию вошло 68 (20,8%) узлов ЩЖ, из которых доброкачественных образований было 68 (18,9%), а ЗНО — 6 (1,82%). В категорию TR4 с умеренным подозрением на малигнизацию вошло 89 (27,1%) узлов, из них доброкачественных образований насчитывалось 74 (22,58%), а ЗНО 15 (4,57%). В категорию TR5 вошел 171 узел ЩЖ, среди которых было выявлено доброкачественных образований 77 (23,47%), а ЗНО 94 (28,66%).

Нами отмечены определенные сложности в работе с данной классификацией, связанные с подсчетом баллов для каждого узла, кроме того, в ней не учитывается такой важный критерий злокачественности, как нечеткость контуров узла.

Подавляющее большинство злокачественных опухолей ЩЖ (98 узлов — 85,2%) имели холодные тона при окрашивании, что по классификации E. Ueno соответствовало шкалам D и E. Доброкачественные узлы (211/99%), напротив, соответствовали шкалам A и B с преобладанием мягких или теплых тонов (красно-зеленые). Сомнительные случаи определяли в шкалу C.

В нашем исследовании мы сравнили характеристики диагностических признаков метастатически измененных л/у шеи при РЩЖ в классических и эластографических показателях (99 л/у). Так, в категории метастатически измененных л/у с SR5 и более (38 л/у) все 100% л/у этой группы (38) были с нарушением соотношения длина/толщина/ширина и пониженной эхогенности, 11 (29%) л/у оказались с неровными контурами, 8 (21%) имели нечеткие контуры, 24 (63%) л/у были с гиперэхогенными включениями и кистами, 30 (79%) имели структуру, сходную со структурой опухолевого узла в ЩЖ, у 9 (24%) л/у было 2 и более хаотично расположенных сосудов. Метастатически измененные л/у с SR менее 1 (6 л/у) имели нарушение соотношения длина/толщина/ширина в 33,3% случаев (2 л/у), пониженную эхогенность в 67% случаев (4 л/у), все 100% л/у данной группы не имели неровности и нечеткости контуров, только 1 (17%) л/у был с гиперэхогенными включениями и кистами, всего лишь 3 (50%) л/у имели структуру, сходную со структурой опухолевого узла в ЩЖ, и ни у одного из л/у не было выявлено 2 и более хаотично расположенных сосудов.

Проведенный анализ показал, что метастатические л/у (87/87,9%) имели показатели SE, близкие к показателям первичного узла (разница не превышала 0,3 единицы). При этом они имели синие тона по цветовой шкале эластограммы. SR при сравнении с мягкими тканями шеи и неизменными л/у превышал 3 условные единицы.

Выявленное сходство структуры метастатических л/у шеи с опухолевым узлом в ЩЖ значительно облегчало поиск этих л/у.

В ходе исследования было обращено внимание, что показатели SR раковых узлов в 85% и метастатически пораженных л/у в 55,6% случаев были близки по значениям и превышали в большинстве случаев 3 условные единицы. Поскольку сравнение патологических участков проводилось с одними и теми же зонами мягких тканей шеи высказано предположение о возможности сравнения патологических очагов (основного узла и подозрительного на метастатический процесс л/у) между собой.

Таким образом, анализ данного материала дал нам возможность добавить к эхоэмиотике метастатических л/у шеи, полученной с помощью стандартных УЗ-методик, показатели SR узлов по данным СЭГ

Обсуждение

Результаты нашего исследования по оценке классических УЗ-признаков злокачественности в л/у шеи при РЩЖ совпали с данными литературы [12, 13]. Также показатели SR, по данным литературных источников превышающие 5, считаются наиболее значимыми для подтверждения метастатического поражения л/у [12, 13]. По нашим данным, превышение $SR > 4$ указывает на высокую вероятность метастатического поражения л/у при ЗНО ЩЖ и указывает на необходимость выполнения ТАБ.

Однако мы выделяем еще пограничные состояния: это категории 2–3 и 3–4 при выявлении классических УЗ-признаков злокачественности, что указывает на необходимость выполнения ТАБ. Все это позволяет точно определить место для проведения тонкоигольной аспирационной биопсии л/у шеи.

Результаты проведенного исследования показали, что при выявлении лимфаденопатии в 1–5 регионарных группах, наряду с определением таких УЗ-признаков злокачественности узла в ЩЖ, как округлая форма, пониженная эхогенность узла, наличие в нем жидкостных включений или кальцинатов, а также схожесть УЗ-картины л/у с УЗ-картиной основного ракового узла в ЩЖ, высокоинформативный результат дает выполнение СЭГ. Выделение л/у повышенной жесткости ($SR > 4$ усл. ед.) является показанием к обязательному проведению ТАБ. Подозрительными являются результаты категорий 2–3 и 3–4 и при выявлении классических УЗ-признаки злокачественности указывают на необходимость выполнения ТАБ.

На основании проведенного исследования составлен алгоритм расширения стандартного УЗИ с оценкой выявленных узлов ЩЖ и л/у шеи с помощью компрессионной эластографии.

Заключение

Таким образом, в нашем исследовании мы показали, что разработанный алгоритм проведения комплексного УЗИ опухолей ЩЖ с применением компрессионной эластографии в диагностике первичных и рецидивных новообразований ЩЖ, а также оценке состояния л/у шеи, увеличивает возможности в дифференцировке злокачественных и доброкачественных образований ЩЖ. На этом основании изменен алгоритм диагностической тактики проведения ТАБ, сужены показания для проведения пункционной биопсии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Романчишен А.Ф. и др. Результаты хирургического лечения диффузного токсического зоба у взрослых, детей и больных мужского пола // Современные аспекты хирургической эндокринологии: Мат. XI (XIII) Рос. симпозиум с междунар. участ. по хирург. эндокринологии, 15–18 июля 2013. СПб., 2013. С. 216–226.
2. Cerci C., Cerci S. S., Eroglu E. Thyroid cancer in toxic and nontoxic multinodular goiter // J. Postgrad. Med. — 2017. — V. 53. — N3. — p. 157–160.
3. Erbil Y. Graves'disease, with and without nodules, and the risk of thyroid carcinoma // J. Laryngol. Otol. — 2018. — V. 122. — p. 291–295.
4. Giles S. Y. The risk factors for malignancy in surgically treated patients for Graves' disease, toxic multinodular goiter, and toxic adenoma // Surg. — 2018. — V. 144. — N6. — p. 1028–1036.
5. Cappelli C., Braga M., de Martino E. Outcome of patients surgically treated for various forms of hyperthyroidism with differentiated thyroid cancer: experience at an endocrine center in Italy // Surg. Today. — 2016. — V. 36. — N2. — p. 125–130.
6. Behar R. et al., Grave's disease and thyroid cancer // Surgery. — 1986. — Vol. 100 — № 6. — p. 1121–1127.
7. Mazzaferri E.L., Treating differentiated thyroid carcinoma: Where do we draw the line? // Mayo Clin. Proc. — 1991. — Vol. 66 — № 1. — P. 105–111.
8. Романчишен А.Ф., Диагностика и обоснование хирургической тактики лечения новообразований щитовидной железы. // Дисс. докт. — Л. 1989. — 459 с.
9. Alzahrani AS, Ceresini G & Aldasouqi SA. Role of ultrasonography in the differential diagnosis of thyrotoxicosis: a noninvasive, cost-effective, and widely available but underutilized diagnostic tool. // Endocrine Practice — 2017. — p. 567–578.
10. Bogazzi F, Tomisti L, Bartalena L, Aghini-Lombardi F & Martino E. Amiodarone and the thyroid: 2012 update. // Journal of Endocrinological Investigation. — 2017. — p.340–348.
11. Goichot B., Leenhardt L., Massart C. et al. Consensus Work-Group Diagnostic procedure in suspected Graves' disease. // Annales d'Endocrinologie. — 2018. — 79. — p. 608617.
12. Haugen BR, Alexander EK, Bible KC et al. Management guidelines for adult patients with thyroid nodules and differentiated thyroid cancer. American Thyroid Association // Thyroid. — 2016. — 26. — p. 1–133.
13. Basharat R, Bukhari MH, Saeed S & Hamid T. Comparison of fine needle aspiration cytology and thyroid scan in solitary thyroid nodule. // Pathology Research International. — 2016.
14. Elnaggar MN, Jbeili K, Nik-Hussin N, Kozhippally M & Pappachan JM Amiodarone-induced thyroid dysfunction: a clinical update. //Experimental and Clinical Endocrinology and Diabetes. — 2018. — 126. — p. 333–341.
15. Hao Fu, Lin Cheng, Yuchen Jin, Libo Chen Thyrotoxicosis with contaminant thyroid cancer. // Endocrine-Related Cancer. — 2019. — 26. — p. 395–413

© Верзакова Ирина Викторовна, Путенихин Сергей Юрьевич (putenihin1970@yandex.ru),
Гумерова Гульнара Тагировна, Верзакова Ольга Владимировна.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Башкирский государственный медицинский университет

КЛИНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МНОЖЕСТВЕННОГО (ПОЛИЗОНАЛЬНОГО) ТРОМБОЭМБОЛИЧЕСКОГО ПОРАЖЕНИЯ

MULTIPLE (MULTI-SITED) THROMBOEMBOLISM: A CLINICAL MODEL

O. Degtyarev
A. Lageza
K. Demin
S. Sagatelyan

Summary. INTRODUCTION. In clinical medicine, simulation of pathologies serves as the primary method of pathophysiology and pathogenesis research. Transferability of experimental data into routine clinical practices is a criterion indicating adequacy of the created model. Classification and analysis of individual medical cases lay the path to development of an optimal method to study the pathogenic process. Massive micro-thromboembolism of the arterial bloodstream in the pancreatobiliary area results in blood supply disconnection from the existing arterial vessels and collateral circulation formed earlier representing an essential factor in acute ischemic injury of pancreatic parenchyma. Blood supply of the organ appears to be insufficient in shock-induced hypotension state. TARGET. Prove and study the possibility of multiple thromboembolic lesions of the pancreatobiliary zone with passage through the «pulmonary» filter. MATERIAL AND METHODS. Based on the analysis of 93 fatal outcomes of general in-patient care cases in the context of acute pancreas ischemia research, necrosis of pancreatic parenchyma was revealed in 8 cases. Among these occasions, the key role in the development of pancreatic ischemia belonged to multiple thromboembolism manifestations in 5 cases. Clinical model of multiple thromboembolism was formed using 41 fatal case records as the basis. RESULTS. In accordance with the performed analysis of materials and defined purpose of the created clinical model, the probability of multiple thromboembolism including the arterial bed of the pancreatobiliary area (celiac trunk, hepatic artery, splenic artery, pancreaticoduodenal branches) was proven as well as the probability of pancreatic necrosis development resulting from PBA micro-thromboembolism. The source causing micro-thromboembolism may have different locations and pathogenesis. CONCLUSION. Probable permeability of «pulmonary filter» between the source of thromboembolism risk and the target organ was proven.

Keywords: clinical model, thromboembolism of the pancreas, necrosis of the pancreas, «pulmonary filter», acute ischemic pancreatopathy.

Дегтярев Олег Леонидович

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет Минздрава России»

o.degtyareff2015@yandex.ru

Лажеза Аркадий Борисович

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет Минздрава России»

lagezaab@list.ru

Демин Константин Алексеевич

Аспирант, ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет Минздрава России»

kostadem@inbox.ru

Сагателян Сусан Александровна

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет Минздрава России»

susanna251093@gmail.com

Аннотация. Введение. Моделирование патологии в клинической медицине — основной метод в изучении патофизиологии и патогенеза. Возможность переноса экспериментальных данных в сферу клинической рутинной практики является критерием адекватности сформированной модели. Метод систематизации и анализа конкретных клинических случаев — путь к созданию наиболее эффективного метода изучения патологического процесса. Массивное микротромбоэмболическое поражение артериального сосудистого русла панкреатобилиарной зоны приводит к выключению из кровоснабжения имеющихся артериальных притоков и сформированных ранее путей окольного кровообращения, что является важным фактором острого ишемического повреждения паренхимы поджелудочной железы. Кровоснабжение органа оказывается неэффективным (недостаточным) в условиях шокового гипотонического состояния. ЦЕЛЬ. Доказать и изучить возможность множественного тромбоэмболического поражения панкреатобилиарной зоны с прохождением «легочного» фильтра. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ. На основании анализа 93 летальных исходов пациентов общесоматических стационаров, в контексте изучения острой ишемии поджелудочной железы, некроз паренхимы поджелудочной железы выявлен в 8 случаях. Из них ведущая роль в ишемизации поджелудочной железы в 5 случаях играло множественное тромбоэмболическое поражение. Клиническая модель множественного тромбоэмболического поражения сформирована на 41 клиническом случае, закончившемся летальным исходом. РЕЗУЛЬТАТЫ. Согласно проведенному анализу материала и поставленным задачам сформированной клинической модели, доказана возможность множественного тромбоэмболического поражения, включая артериальное русло панкреатобилиарной зоны, доказана возможность развития некроза поджелудочной железы вследствие микротромбоэмболизации артерий панкреатобилиарной зоны. Источник тромбоза может иметь различную локализацию и патогенетическую причину. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Доказана возможность



Введение

Изучение ишемии органов, вызванной эмболами, началось более 150 лет назад. Первооткрывателем эмболии можно считать немецкого ученого Rudolf Virhov (1847 г.) [1]. В 1854 г. им были введены в научную литературу термины «эмбол» и «эмболия». Эмболический материал неоднороден: красные тромбы (фибрин-зависимые, богатые эритроцитами), белые тромбы (агрегации тромбоцитов) и пузырьки газа, образующиеся вследствие кавитации за счет работы искусственного клапана с выходом газа из крови [2]. При инфекционном эндокардите эмболы представляют собой фрагменты рыхлых клапанных вегетаций [3, 4].

Острый травматический панкреатит — многофакторное этапное осложнение травматической болезни. Основной причиной, наряду с непосредственным повреждением паренхимы поджелудочной железы (ПЖ), является ишемическое повреждение органа при сочетанной шокогенной травме. Важным элементом ишемизации поджелудочной железы является микроэмболизация панкреатобилиарной зоны (ПБЗ) в раннем периоде травматической болезни (жировые эмболы, фрагменты эндотелиальной выстилки сосудов, конгломераты форменных элементов крови, микрофрагменты разрушенных мягких тканей) [5].

Циркуляторно-гипоксические повреждения органов — это следствие сочетанного воздействия микроэмболизации и развития синдрома ДВС с блокадой капиллярного русла тромбами (и эмболами) полностью прекращает перфузию в соответствующем регионе, что в зависимости от чувствительности клеток к кислородной недостаточности приводит к парабиозному состоянию тканей, вплоть до ишемических паренхиматозных некрозов; постгипоксическая органопатия, нередко приводящая к полиорганной недостаточности [6].

Шоковым изменениям вследствие нарушения микроциркуляции более подвержены так называемые «шоковые» органы — легкие, почки, поджелудочная железа, печень [7].

При массивном разрушении тканей (множественные переломы, обширные раны, размозжения тканей) в кровотоке большого круга кровообращения (бассейн ниж-

прохождения «легочного фильтра» от источника тромбоопасности до органа — мишени.

Ключевые слова: клиническая модель; тромбоемболия поджелудочной железы; некроз поджелудочной железы; «легочной фильтр»; острая ишемическая панкреатопатия.

ней полый вены) происходит массивный выброс травматических эмболов.

Сосуды легких, выполняя одну из важных функций малого круга кровообращения, действуют как фильтр для удаления из циркулирующей крови частиц, появляющихся в результате тех или иных патологических процессов.

Между артериями и венами малого круга существуют, артериовенозные шунты, прямые связи, в обход альвеолярных капилляров; такие анастомозы обнаруживаются вблизи терминальных воздухоносных пространств и имеют диаметр до 500 мкм [8].

Шунтирование кровотока — важный признак шока

В связи с этим, тромбоемболы размером до 500 мкм могут, в ситуации шокового шунтированного кровотока, минуя капиллярную сеть легких, попасть в систему артериального кровотока органов жизнеобеспечения.

Многочисленные и многовариантные эксперименты с моделированием ишемического повреждения поджелудочной железы, в условиях редуцированного кровообращения, на магистральных сосудах (артерии, вены) ПБЗ у животных (собаки, кошки, крысы), проводимые с 70-х годов 20 века до настоящих дней, малоинформативны и малоприемлемы в плане переноса экспериментальных данных на научно-медицинское и практическое клиническое применение при патологии человека [9–13].

Полностью адаптировать экспериментальный материал на животных к клинической медицине и медицинской науке нельзя в полной мере.

В контексте изучения методов прогноза и лечебной профилактики патологии поджелудочной железы при сочетанной шокогенной травме, нами сформирована и изучена панкреатопатия терминальных состояний [14–24]. Для этого теоретически обоснована и создана клиническая модель острого ишемического повреждения поджелудочной железы (патент РФ № 2681264) и модель множественного (полизонального) тромбоемболического поражения (МНТЭпор), как фоновая и самостоятельная причина острой ишемической панкреатопатии (ОИПП), на основании клинико-лабораторно-патолого-анатомических дан-

ных конкретных клинических случаев общесоматических стационаров, закончившихся летальным исходом.

Задачи исследования

1. Выявить случаи множественного (полизонально-го) тромбоемболического (микроэмболического) поражения с определением источника тромбоопасности и наличие органов-мишеней.
2. Доказать возможность тромбоемболического поражения и микроэмболизации артериального русла ПБЗ (ветви чревного ствола (ЧС) — селезеночная артерия (СА), печеночная артерия (ПА), панкреатодуоденальные артерии как ветви печеночной артерии (ПА) и верхней брыжеечной артерии (ВБА)).
3. Доказать возможность развития некротических форм (ОИПП), обусловленной микроэмболизацией артериального русла ПБЗ на фоне первично редуцированного кровотока (ПРК) и развившегося вторично редуцированного кровотока (ВРК), как проявление терминального состояния.
4. Изучить возможность множественности тромбоемболического поражения и микроэмболизации с прохождением «легочного» фильтра.

Материалы и методы исследования

На основании проведенного анализа «Клинической модели острого ишемического повреждения поджелудочной железы» (изучено на примере ретроспективного анализа историй болезни умерших больных терапевтического, кардиологического, неврологического и хирургического отделений МБУЗ ЦГБ г. Батайска, $n = 93$), нами были сделаны выводы: некротические формы острого ишемического повреждения поджелудочной железы в условиях критической ишемии ПБЗ у пациентов встречаются с той же частотой и у той же возрастной и соматической категории, что и у пострадавших с сочетанной шокогенной травмой. Из этого следует вывод — причиной некротических форм панкреатопатии с различными вариантами выраженности проявления экзокринной (ферментемия) и эндокринной (гипергликемический инсулинопотребный синдром) недостаточности, является критическая ишемия панкреатобилиарной зоны — вторично редуцированный кровоток микроциркуляторного русла, как исход гипотонического синдрома на фоне первично редуцированного кровотока с атеросклеротическим поражением висцеральных непарных артерий аорты, часто усугубляемый микроэмболизацией стенозированных висцеральных артериальных ветвей ПБЗ.

На основании проведенного анализа «Клинической модели острого ишемического повреждения поджелудочной железы» некротические формы ОИПП отмечены в 8 случаях.

При углубленном анализе некротических форм ОИПП, истинный некроз паренхимы поджелудочной железы по схеме — ПРК ПБЗ-острая сердечно-сосудистая недостаточность (ОССН)-ВРК с декомпенсацией кровоснабжения ПЖ с исходом в ишемический некроз отмечен в 3 случаях. В оставшихся 5 случаях некротических форм ОИПП ведущую роль в ишемизации ПЖ играло множественное (**полизональное**) тромбоемболическое поражение. Тромбоемболическими источниками были: атероматозно-язвенное поражение аорты — 1, межтрабекулярные тромбы полостей сердца на фоне ИБС с нарушения ритма сердца (НРС) по типу фибрилляции предсердий — 3, тромбоз искусственного митрального клапана (МК) — 1.

В связи с проведенным анализом причин некротических форм ОИПП, нами проведено дополнительное исследование в объеме формирования клинической модели множественного (**полизонального**) тромбоемболического поражения. Построение модели основано на ретроспективном изучении клинических случаев ($n=41$) общесоматических стационаров МБУЗ ЦГБ г. Батайска, закончившихся летальным исходом.

Ограничения вводимые в формируемую клиническую модель

Основополагающим и обязательными в подборе анализируемых групп выдвинут критерий: проведение и наличие акта патолого-анатомического и судебно-медицинского вскрытия с характеристикой основной причины смерти, визуализация структуры поджелудочной железы, аорты с ее висцеральными ветвями зоны кровоснабжения поджелудочной железы, определения источника тромбоопасности и выявление зон тромбоемболического (ТЭ) поражения, как основополагающий критерий доказательности.

Обязательным критерием доказательной базы в формировании изучаемой группы были два фактора: 1) наличие источника тромбоемболической угрозы и 2) аутопсийные данные, подтверждающие наличие множественного или изолированного тромбоемболического поражения.

Результаты исследования

Проведен анализ 41 истории болезни в рамках изучения тромбоемболических осложнений ($n=41$). Группа изучения разбита на подгруппы:

- ◆ множественные (полизональные) поражения с наличием ОИПП (13 случаев),
- ◆ изолированные тромбоемболические поражения (19 случаев),
- ◆ множественные (полизональные) поражения без наличия ОИПП (9 случаев).

В подгруппе множественных (полизональных) поражений с наличием ОИПП (n = 13) комбинированная ОИПП отмечена в 3 случаях. Пример: Пациент 51 года, источник ТЭ угрозы — тромбоз искусственного МК сердца, протезирование по поводу ревматического порока, органы-мишени — ТЭ мозговых артерий с исходом в ишемическое ОНМК, ТЭЛА с исходом в инфаркт-пневмонию, ТЭ-микроэмболизация артериальных ветвей ПБЗ — инфаркт селезенки и комбинированная ОИПП с исходом в некроз ПЖ.

Эзокринный тип ОИПП отмечен в 1 случае — пример: пациент 29 лет, источник ТЭ угрозы — хроническая наркомания с внутривенным путем введения наркотических препаратов в локтевые вены, полипозно-язвенный эндокардит МК, органы-мишени — ТЭ мозговых артерий с исходом в ишемическое ОНМК, ТЭ ветвей правой почечной артерии с исходом в инфаркт почки, ТЭ ветвей СА с исходом в инфаркт селезенки.

Эндокринный тип ОИПП отмечен в 9 случаях.

Пример 1: Пациент 81 года, источник ТЭ угрозы — ИБС, НРС — фибрилляция предсердий, органы-мишени — тромбоз подвздошной, бедренной артерии (выполнена тромбэктомия), тромбозы бедренной и подвздошной вен слева, ТЭЛА, ТЭ-микроэмболизация артериальных ветвей ПБЗ — инфаркт селезенки и эндокринная ОИПП с исходом в некроз ПЖ (легочный «фильтр» пройден).

Пример 2: Пациент 79 лет, источник ТЭ угрозы — атероматозно-язвенное поражение аорты с тромбозом, органы-мишени — ТЭ мозговых артерий с исходом в ишемическое ОНМК, некроз тонкого, толстого кишечника, ОИПП с исходом в некроз ПЖ.

Изолированное ТЭ поражение отмечено в 19 случаях. Патология по источнику и органам-мишеням распределена следующим образом:

- ◆ тромбофлебит (флеботромбоз) с ТЭЛА — 15 случаев,
- ◆ тромбофлебит (флеботромбоз) с тромбозом легочного ствола — 2 случая,
- ◆ ПИКС с формированием аневризмы левого желудочка сердца с пристеночным тромбом — ТЭ мозговых артерий с исходом в ишемическое ОНМК — 1 случай,

- ◆ острый инфаркт миокарда — ТЭЛА — 1 случай.

Множественное (полизональное) тромбэмболическое поражение без ОИПП выявлено в 9 случаях. Пример: Пациент 71 года, источник ТЭ угрозы — флеботромбоз, органы-мишени — ТЭЛА, ТЭ мозговых артерий с исходом в ишем. ОНМК (легочной «фильтр» пройден).

Обсуждение результатов исследования

Некротические формы ОИПП (согласно данным аутопсии) отмечены в 5 случаях сочетания терминального гипотонического состояния и множественного (полизонального) тромбэмболического поражения. Во всех случаях выявленного некроза поджелудочной железы на аутопсии был преморбидный ПРК ПБЗ с атеросклеротическим поражением аорты и висцеральных артерий. Воздействие на магистральный кровоток гипотонического состояния с централизацией кровотока на фоне редукации кровообеспечения ПБЗ с эмболизацией и микроэмболизацией кровеносных сосудов ПЖ (в том числе и имеющихся коллатералей) привела к острому ишемическому поражению ПЖ с исходом в некроз.

На основании полученных результатов сделаны выводы:

1. Доказана возможность множественного (полизонального) тромбэмболического (микроэмболического) поражения.
2. Доказана возможность тромбэмболического поражения и микроэмболизации артериального русла ПБЗ (ветви ЧС — СА, ПА, панкреатодуоденальные артерии как ветви ПА и ВБА).
3. Доказана возможность развития некротических форм ОИПП, обусловленной микроэмболизацией артериального русла ПБЗ на фоне ПРК и развившегося ВРК, как проявление терминального состояния.
4. Источник тромбэмболического множественного поражения может иметь различную локализацию и патогенетическую причину.
5. Доказана возможность множественности тромбэмболического поражения и микроэмболизации с прохождением «легочного» фильтра.

Конфликт интересов отсутствует.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильева А.В., Тергулов Ю.Э., Мангушева М.М., Мамедов Х.И., Постников А.В., Тергулов А.Ю. Биофизические характеристики микроэмболов у пациентов с острыми нарушениями мозгового кровообращения // Практическая медицина. 2014. № 3. С. 76–80.
2. Georgiadis D., Lindner A., Zeirz S. Intracranial microembolic signals in patients with artificial heart valves: Drowning in numbers. // Eur. J. Med. Res. 1998. Vol. 3. P. 99–102.

3. Warlow C.P., Dennis M. S., Jan van Gijn, Hankey A. Stroke practical guide to management. // Oxford. 1996. Vol. 6. P. 183–190.
4. Markus H.S., Brown M. M. Differentiation between different pathological cerebral embolic materials using transcranial Doppler in an in vitro model // Stroke. 1993. Vol. 24. P. 1–5.
5. Подоляко В.Л., Сергеев В. В., Воскобойникова Е. В., Кузнецов А. А. Патоморфология шоковых изменений как один из критериев определения давности травмы // Судебно-медицинская экспертиза. 2010. № 1. С. 10–13.
6. Зильбер А. П. Полиорганная недостаточность как новый вид патологии: клиническая физиология, интенсивная терапия, профилактика. В кн.: Актуальные проблемы медицины критических состояний. Петрозаводск. 2000. Вып. 7. С. 71–91.
7. Шустер Х.П., Шенборн Х, Лауэр Х. Шок: возникновение, распознавание, контроль, лечение. М: Медицина. 1981. 112с.
8. Механика кровообращения: переводное издание / Каро, Т. Педли, Р. Шротер, У. Сид; пер. с англ. Е. В. Лукошковой, А. Н. Рогозы; под ред. С. А. Регирера, В. М. Хаятина. — М.: Мир, 1981. — 624 с. Пер. изд.: The mechanics of the circulation / C. G. Caro, T. J. Pedley, R. C. Schroter, W. A. Seed. — New York; Toronto, 1978.
9. Гречко О.А. О клиническом значении потенциальных свойств кровеносного русла поджелудочной железы. // Казанский медицинский журнал. 1971. № 3. С. 44.
10. Тотоев Н. М. Возрастные особенности снабжения долек поджелудочной железы человека. // Вопросы теоретической и клинической медицины. Нальчик. 1972. Вып. II. С. 153.
11. Тимакова З.Ф., Бикмуллина С. К. Морфологические изменения поджелудочной железы в условиях выключения передней брыжеечной артерии из кровообращения. // Вопросы анатомии сосудистой системы в норме и патологии. Свердловск, 1969. С. 22.
12. Кинжибалов Г. Ф. Кровеносное русло поджелудочной железы в условиях коллатерального (редуцированного) кровообращения. // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. Ленинград. 1972. Том LXII. № 4. С. 24.
13. Звенигородская Л.А., Самсонова Н. Г., Топорков А. С. Хроническая ишемическая болезнь органов пищеварения: алгоритм диагностики и лечение. // Фарматека. 2010. № 2. С. 78–82
14. Власенко А.В., Добрушина О. Р., Яковлев В. Н., Шабунин А. В., Алексеев В. Г., Шестаков Д. А., Долгосарибу А. К. Анализ причин летальности пострадавших с тяжелой сочетанной травмой в отделении реанимации многопрофильного стационара. // Общая реаниматология. 2009/ № 5(6). С. 31
15. Золотокрылина, Е. С. Постреанимационная болезнь // Анестезиология и реаниматология. 2000. № 6. С. 68–73
16. Василенко, Н. И. Некоторые причины развития артериальной гипоксемии в постреанимационном периоде у больных с кровопотерей и травмой // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. 1981. № 4. С. 41–45.
17. Рябов, Г. А. Синдромы критических состояний М. Медицина. 1994. 168стр.
18. Селезнев С.А., Худайберенов Г. С. Травматическая болезнь. Ашхабад. Ылым. 1984. 224стр.
19. Шанин; В. Ю. Патофизиология критических состояний. СПб. 2003. 436 стр.
20. Lu Yen-Ta, Hellewell P. G., Evans T. W. Ischemia-reperfusion lung injury: contribution of ischemia, neutrophils and hydrostatic pressure // Am. J. Physiol. 1997. Vol. 223. P. 46–54.
21. Сапожникова М.А., Евсеев А. Ф., Михайлова Г. В., Баранова М. В. Патогенез ведущих осложнений сочетанной травмы.// Судебно-медицинская экспертиза механических повреждений. Респ. Сборник научных трудов. М. 1988. С. 12–14.

© Дегтярев Олег Леонидович (o.degtyareff2015@yandex.ru),

Лагеза Аркадий Борисович (lagezaab@list.ru), Демин Константин Алексеевич (kostadem@inbox.ru),

Сагателян Сусан Алексановна (susanna251093@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСОВ АНКЕТИРОВАНИЯ О ГИГИЕНЕ ПОЛОСТИ РТА У ДЕТЕЙ РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП

STUDY OF QUESTIONNAIRE QUESTIONS ABOUT ORAL HYGIENE IN CHILDREN OF DIFFERENT AGE GROUPS

**V. Zhurbenko
A. Karlash
A. Gorlova**

Summary. The hygienic state of the oral cavity is a significant risk factor for the development of dental diseases. Oral hygiene is the first and leading link in the prevention of periodontal tissue diseases and dental caries. The article assesses the quality of individual oral hygiene in children of different age groups, studies the dental education of children and their parents, and develops a list of recommendations for the prevention of major dental diseases.

Keywords: oral hygiene, prevention of dental diseases, children.

Журбенко Вероника Александровна

ФГБОУ ВО Курский Государственный Медицинский
Университет Минздрава России
prepvermed@mail.ru

Карлаш Анастасия Евгеньевна

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО Курский Государственный
Медицинский Университет Минздрава России

Горлова Анастасия Андреевна

ФГБОУ ВО Курский Государственный Медицинский
Университет Минздрава России

Аннотация. Гигиеническое состояние полости рта является существенным фактором риска развития стоматологических заболеваний. Именно гигиена полости рта является первым и ведущим звеном профилактики заболеваний тканей пародонта и кариеса зубов. В статье дана оценка качества индивидуальной гигиены полости рта у детей разных возрастных групп, проведено изучение стоматологической просвещенности детей и их родителей и разработка перечня рекомендаций по профилактике возникновения основных стоматологических заболеваний.

Ключевые слова: гигиена полости рта, профилактика стоматологических заболеваний, дети.

Введение

Наиважнейшей составляющей профилактики стоматологических заболеваний является гигиена полости рта, как индивидуальная, так и профессиональная [1,23]. Регулярная качественная чистка зубов, удаление мягких и твердых зубных отложений поддерживают естественный процесс созревания эмали зубов [7,10,13]. Индивидуальная гигиена полости рта у детей — это первая и главная мера в предотвращении развития основных стоматологических заболеваний (кариес, гингивит и др.) [2,3,4]. К сожалению, стоматологическому просвещению в нашей стране уделяется мало внимания, отсюда появляется неграмотность родителей в данном вопросе. А ведь именно на них ложится основной груз ответственности за надлежащее выполнение чистки зубов детьми [5,6]. Задача же врача-стоматолога в том, чтобы обучить правилам индивидуальной гигиены в первую очередь родителей, а затем и детей, разъяснить возможные последствия несоблюдения рекомендаций, а также регулярно проводить профессиональную гигиену полости рта, помогая при этом в выборе средств гигиены [1,8,21]. Важно также помнить о том, что необходимо осуществлять программы стоматологического

просвещения не только среди родителей, но и среди работников детских дошкольных и школьных учреждений.

Биологически активные компоненты, входящие в состав различных средств гигиены, насыщают ткани зуба и пародонта солями фосфатов, кальция, микроэлементами, витаминами, усиливая их устойчивость к негативным воздействиям микрофлоры [2,11,12]. Ежедневный массаж десен при проведении чистки зубов способствует усилению обменных процессов, улучшению кровообращения в тканях пародонта [13,14,15].

Индивидуальная гигиена подразумевает под собой интенсивное и регулярное удаление зубных отложений, остатков пищи с поверхностей зубов и десен пациентом с помощью разнообразных средств гигиены, как основных, так и вспомогательных [16,17]. Для достижения наиболее эффективной очистки полости рта используются разнообразные средства и предметы по уходу за полостью рта [5,18,19,20]. В последнее время их выбор стал весьма широк и многообразен [21,22]. Он представлен различными видами щеток и паст, флоссами, флоссетами, зубочистками, жевательными резинками, ёршиками, ополаскивателям, эликсирами [23, 24].

Целью данной работы была оценка качества индивидуальной гигиены полости рта у детей разных возрастных групп и разработка перечня рекомендаций по профилактике возникновения основных стоматологических заболеваний.

Материалы и методы. На базе **частной стоматологической клиники ООО «Центр ортодонтии № 1»** города Курска было осмотрено 160 человек в возрасте от 1 года до 17 лет. От родителей (законных представителей) всех осмотренных детей получено письменное добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Осмотренные дети были распределены по возрастным группам (таблица 1).

Как видно из таблицы, к первой группе отнесли детей до 1 года. Ко **второй** — детей от 1 до 2 лет. В **третью группу** вошли дети от 2 до 5 лет. Четвертую группу составили 6–11-летние дети. В последнюю группу отнесли подростков от 12 до 17 лет.

Все осмотренные на приеме присутствовали с родителями, которых предварительно анкетировали для оценки стоматологической просвещенности. Для каждого ребенка был разработан план профилактических мероприятий с учетом выявленного стоматологического статуса.

План обследования пациентов был следующий: стоматологический осмотр с применением индексов КПУ, ICDAS, Loe-Silness (1967) в модификации I. Kuzmina и соавт. (1995), Carvalho и соавт. (1989) в модификации I. Kuzmina и соавт. (1995), стоматологическое просвещение (беседа с детьми и их родителями, презентации, игры); обучение гигиене полости рта (на фантомах и манекенах); контролируемая чистка зубов (с использованием таблеток, окрашивающих зубной налёт); ежедневное применение средств гигиены полости рта (как основных, так и вспомогательных), профессиональная чистка полости рта. При обнаружении кариозных полостей детей направляли на терапевтическое лечение.

После проведенного осмотра и анкетирования, была проведена профессиональная гигиена полости рта с применением широкого спектра предметов и средств гигиены, даны рекомендации в соответствии с таблицей 3. Каждому родителю и ребенку была проведена демонстрация на макете по проведению чистки зубов.

Спустя полгода после первого стоматологического обследования все осмотренные были приглашены для повторного посещения врача-стоматолога.

Результативность разработанной программы оценивали по изменению показателей состояния твердых тканей зубов, а также тканей пародонта и гигиены полости рта. Для того чтобы оценить состояние твердых тканей зубов применяли индексы КПУз. Кроме того, определяли стадию кариозного поражения, применяя критерии ICDAS (международная система определения кариеса зубов).

Состояние десны оценивали с помощью индекса Loe-Silness (1967) в модификации I. Kuzmina и соавт. (1995). Гигиеническое состояние полости рта определяли по индексу Carvalho и соавт. (1989) в модификации I. Kuzmina и соавт. (1995).

Результаты исследования и обсуждения

Среди опрошенных и осмотренных детей 55% (88 человек) процентов составляли девочки, а 45% (72 человека) мальчики, соответственно.

Анализируя вопрос о частоте проведения индивидуальной гигиены полости рта у всех осмотренных детей, было выявлено: 2 раза в день — 79 человек (49,5%), 1 раз в день — 28 человек (17,5%), несколько раз в день — 32 человека (20%), не чистят вовсе 21 человек (13%).

Анализ вопроса анкетирования о частоте смены зубной щетки показал следующее: 1 раз в месяц у 10 человек (6%), 1 раз в три месяца — 41 человек (26%), 1 раз в полгода — 71 человек (44%), 1 раз в год — 38 человек (24%).

При этом по возрастным группам процентное соотношение было следующим: родители меняют зубные щетки 18-ти детям (90%) из 20-ти в возрасте от 0 до 1 года 1 раз в год, 2-м детям 1 раз в полгода (10%). 9-ти детям (45%) от 1 до 2 лет меняют щетку 1 раз в год, 11-ти детям (55%) меняют раз в полгода. 3-м (15%) детям в возрасте от 2 до 5 лет зубную щетку меняют 1 раз в 3 месяца, 2-м (10%) 1 раз в месяц, 13-ти детям (65%) 1 раз в полгода, 2-м (10%) 1 раз в год. 8-ми (16%) детям в возрасте 6–11 лет зубную щетку меняют 1 раз в три месяца, 2-м детям (4%) 1 раз в месяц, 37-ти (74%) 1 раз в полгода, 3-м (6%) 1 раз в год. 30-ти (60%) подросткам в возрасте от 12 до 17 лет родители меняют зубную щетку 1 раз в три месяца, 6-ти (12%) 1 раз в месяц, 8-ми (16%) 1 раз в полгода, 6-ти (12%) 1 раз в год.

На вопрос о том, когда родители начали проводить детям индивидуальную гигиену полости рта 30 человек (19%) ответили, что начали чистить зубы детям после появления первого молочного зуба, 52 человек (32%) — по достижении ребенком одного года, 78 чело-

век (49%) — когда прорезались все молочные зубы. Никто из опрошенных не знал о необходимости обработки полости рта у детей до появления первого зуба.

При анализе состояния тканей пародонта было выявлено, что 77,5% (93 человека) отмечают жалобы на появление кровоточивости при чистке зубов. Это было связано с присутствием воспаления десны в виде катарального гингивита, обусловленного наличием большого количества мягкого зубного налёта.

Также нами был проанализирован вопрос из анкеты об использовании дополнительных средств гигиены. Полученные данные представлены на рисунке 1.

На выбор средств для индивидуальной гигиены полости рта оказывает влияние следующее: 14% опрошенных руководствуются советами врача-стоматолога, 21% опрошенных опираются на данные услышанной или просмотренной рекламы, 24% порошковых выбирают по рекомендациям знакомых, а 41% опрошенных руководствуются самостоятельным выбором.

При первичном стоматологическом осмотре была выявлена высокая интенсивность кариеса зубов. Средний показатель индекса КПУ среди детей в возрасте от 12 до 17 лет составил $6,96 \pm 0,37$, при этом количество кариозных зубов было равно $6,15 \pm 0,33$, пломбированных — $0,76 \pm 0,22$, удаленных — $0,05 \pm 0,03$. Таким образом, компонент «К» в структуре индекса КПУ составил 88,5%.

При оценке стадии кариозного процесса по критериям ICDAS было выявлено, в среднем, $14,60 \pm 0,74$ поверхностей с начальными кариозными поражениями (коды 1 и 2) и $8,53 \pm 0,96$ поверхностей с кариозными полостями в эмали и дентине (коды 3–6). Средние показатели индексов гигиены и гингивита при исходном осмотре составили $1,38 \pm 0,09$ и $1,01 \pm 0,11$ соответственно.

Результаты осмотра, проведенного через 6 мес. после начала программы профилактики, показали тенденцию к уменьшению количества начальных кариозных поражений с кодом 1 ($8,90 \pm 0,60$ до $8,15 \pm 0,57$, $p > 0,05$) и кодом 2 ($5,70 \pm 0,22$ до $5,53 \pm 0,26$, $p > 0,05$). Помимо этого, за это время было выявлено значительное снижение показателей индекса гингивита ($1,01 \pm 0,11$ до $0,69 \pm 0,09$, $p < 0,05$) и количества зубного налёта ($1,38 \pm 0,09$ до $1,03 \pm 0,09$, $p < 0,01$) у детей. Что говорит о том, что дети и их родители в достаточной мере усвоили основные рекомендации по проведению индивидуальной гигиены полости рта. Многие из них начали пользоваться дополнительными средствами гигиены. Родители, не знавшие о том, в каком возрасте необходимо начинать ухаживать за полостью рта у детей, начали осуществление представленных им рекомендаций.

При заключительном осмотре количество поверхностей с начальными кариозными поражениями составило $10,86 \pm 0,68$ и было достоверно ($p < 0,001$) ниже, чем в начале исследования. В среднем, $3,74 \pm 0,42$ поверхности, которые при исходном осмотре регистрировали кодами 1 или 2, после проведения комплекса профилактических мероприятий были оценены как интактные (код 0).

В структуре индекса КПУз за период исследования произошло перераспределение в сторону увеличения компонента «П» до $4,84 \pm 0,43$ ($p < 0,001$) и уменьшения компонента «К» до $2,07 \pm 0,32$ ($p < 0,001$), компонент «У» остался неизменен. Доля кариозных, пломбированных и удаленных зубов составила 29,7, 69,5 и 0,8% соответственно. Доля «П» также выросла за счет того, что многие дети на первичном осмотре были направлены к стоматологу-терапевту с целью санации полости рта.

Количество зубного налёта у детей снизилось по сравнению с первоначальным показателем на 51,4% ($1,38 \pm 0,09$ до $0,67 \pm 0,08$, $p < 0,001$). Также в течение 3 мес. наблюдалось достоверное снижение значения индекса гингивита ($1,01 \pm 0,11$ до $0,38 \pm 0,07$, $p < 0,001$), таким образом, эффективность программы профилактики для уменьшения воспалительных явлений в тканях пародонта составила 62,4%.

Опираясь на полученные данные, можно сказать, что уровень стоматологической просвещенности родителей и детей относительно индивидуальной гигиены полости рта весьма невысок. Но после проведения бесед, уроков гигиены, стоматологического осмотра, профессиональной, а также индивидуальной контролируемой чистки зубов, уровень стоматологической просвещенности весьма вырос. На основании полученных данных, нами была проработана концепция по индивидуальному выбору средств гигиены в зависимости от принадлежности к возрастной группе и состояния полости рта (таблица 2).

После проведенного осмотра и анкетирования, была проведена профессиональная гигиена полости рта с применением широкого спектра предметов и средств гигиены, даны рекомендации в соответствии с таблицей 2. Каждому родителю и ребенку была проведена демонстрация на макете по проведению чистки зубов.

Выводы

Полученные результаты осмотра и анкетирования по вопросам индивидуальной гигиены полости рта у детей разных возрастных групп говорит о необходимости повышения уровня стоматологической просвещенности среди родителей, детей, работников детских воспитательных учреждений и школ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Максимовский Ю.М., Митронин А. В. Терапевтическая стоматология / М.: Гэотар-Медиа, 2012. — 322 с.
2. Богданова, О. А. Профилактические меры обходятся дешевле / О. А. Богданова // Профилактическая стоматология. 2009. — № 34. — С. 34.
3. Терапевтическая стоматология: учебник: в 3 частях. Ч. 3. Заболевания слизистой оболочки полости рта, — под ред. проф. Г. М. Барера. — Москва: ГЭОТАР-Медиа. — 2010. — 245 с.
4. Шаковец, Н. В. Кариес зубов у детей раннего возраста: учеб.-метод. пособие \ Н. В. Шаковец. — Минск: БГМУ, 2011. — С. 44.
5. Кучма, В. Р. Гигиена детей и подростков: учебник / В. Р. Кучма. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2009. — 480 с.: ил. — Библиогр.: с. 473
6. Акторен О., Туна-Инс Е. Б. Профилактика кариеса: новые подходы к терапии // Клиническая стоматология. — 2015. — № 1. — С. 16–19.
7. Макеева И.М., Болезни зубов и полости рта: учебник / И. М. Макеева, С. Т. Сохов, М. Я. Алимова, В. Ю. Дорошина, А. И. Ерохин, И. А. Сохова — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. — 248 с.
8. Алексеева И.А., Кисельникова Л. П. Состояние питания и поражаемость кариесом у детей подросткового возраста // Институт стоматологии. — 2012. — № 4. — С. 74–75.
9. Ландинова, В. Д. Вспомогательные средства гигиены полости рта / В. Д. Ландинова, Е. С. Таболина, Е. И. Фукс // Институт стоматологии. 2010. -№ 46. -С. 12–15.
10. Детская стоматология / под ред. Р. Р. Велбури, М. С. Даггала, М.-Т. Хози; пер. с англ. под ред. Л. П. Кисельниковой. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. — 456 с.
11. Гигиенист стоматологический — специалист по профилактике стоматологических заболеваний у населения: учеб.-метод. пособие / под ред. А. М. Хамадеевой; ГОУ ВПО «СамГМУ». — Самара: Офорт, 2012. — 166 с. — Библиогр.: с. 161–163.
12. Журбенко В.А., Саакян Э. С. Гигиена полости рта как метод профилактики заболеваний пародонта // Актуальные проблемы и достижения в медицине: Мат. Международной научно — практической конференции. — Самара, 2015. — С. 152–154.
13. Кисельникова Л.П., Зуева Т. Е., Алибекова А. А. и др. Стоматологическая заболеваемость дошкольников и школьников г. Москвы // Образование, наука и практика в стоматологии: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. — М., 2011. — С. 70–71.
14. Кабирова, А. Н. Дополнительные средства гигиены / А. Н. Кабирова // Медицинский алфавит 2009. — № 9. — С. 25–27.
15. Калашникова, И. О. Результаты неправильного ухода за полостью рта / И. О. Калашникова // Стоматология сегодня. — 2009. № 6. -С. 18–19.
16. Брызгалов, И. К. Флоссы, профилактика кариеса / И. К. Брызгалов // Стоматология. — 2010. № 2 (66).-С. 33–36.
17. Топольницкий О.З Стоматология детского возраста: учебник: в 3 ч. / О. З. Топольницкий О. З. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. — Ч. 2. Хирургия. — 320 с.: ил.
18. Кузьминская О.Ю., Рутковская Л. В., Малышева Е. А. Современные аспекты патогенетической профилактики кариеса зубов у детей // Стоматология детского возраста и профилактика. — 2012. -№ 1. — С. 48–51.
19. Шашина Е. А. Гигиенические аспекты кариеса зубов и его профилактика / Е. А. Шашина [и др.] // Стоматология. — 2016. — № 5. — С. 81–84.
20. Максимова О. П. Стоматология детского возраста на современном этапе // Клиническая стоматология. — 2012. — № 3. — С. 38–41.
21. Кунин, А. А. Современные возможности профилактики стоматологических заболеваний / А. А. Кунин, И. А. Беленова, О. Б. Селина и др. // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. — 2010. Т. 7. -№ 1.-С. 188–191.
22. Виноградова Т. Ф. Стоматология детского возраста \ Т. Ф. Виноградова. М.-Медицина, 2010. — С. 49–50.
23. Грудянов А. И. Средства и методы профилактики воспалительных заболеваний пародонта / А. И. Грудянов. М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2012. — 96 с.
24. Кунин, А. А. Актуальность и обеспечение поддерживающей гигиены полости рта / А. А. Кунин, Е. А. Андреева // Дентал юг» 2009. -№ 5(46). — С. 36–39.

© Журбенко Вероника Александровна (prepvermed@mail.ru),

Карлаш Анастасия Евгеньевна, Горлова Анастасия Андреевна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ДИАГНОСТИКИ ОСНОВНЫХ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

CURRENT STATE OF THE ISSUE OF DIAGNOSIS OF MAJOR DENTAL DISEASES

**L. Ziulkina
K. Frolova
A. Efremova
S. Akimova**

Summary. In modern dentistry, the diagnostic process occupies one of the most important positions, being a standard, integral part of any comprehensive medical examination, and forms the basis for planning and conducting treatment for major dental diseases. Based on the analysis of specialized literature on this topic, the prospects for using new methods and innovative diagnostic technologies were identified, additional opportunities and advantages were revealed in comparison with traditional methods of the diagnostic process. In this aspect, the article outlines the problem of improving dental diagnostic care, which will expand the professional competencies of a practicing dentist at a dental appointment and provide adequate training for specialists. The article provides professional terms that allow you to analyze the status of the investigated issues in the diagnosis of major dental diseases.

Keywords: oral microbiocenosis, rapid diagnosis, molecular genetic method, x-ray method, diagnosis of dental diseases.

Зюлькина Лариса Алексеевна

*Д.м.н., доцент, Пензенский государственный университет, Пенза
stomatologfs@yandex.ru*

Фролова Кристина Евгеньевна

*Старший преподаватель, Пензенский государственный университет, Пенза
kristina.frolova.1983@mail.ru*

Ефремова Анастасия Владимировна

*Ассистент, Пензенский государственный университет, Пенза
nastasya.efremova.87@list.ru*

Акимова Светлана Анатольевна

*Старший преподаватель, Пензенский государственный университет, Пенза
kaprizka-ks@mail.ru*

Аннотация. В современной стоматологии диагностический процесс занимает одно из важнейших положений, являясь стандартной, неотъемлемой частью любого комплексного медицинского обследования, составляет основу планирования и проведения лечения основных стоматологических заболеваний.

На основании проведенного анализа специализированной литературы, посвященной данной тематике, были выявлены перспективы использования новых методов и инновационных технологий диагностики, раскрыты дополнительные возможности и преимущества по сравнению с традиционными методами диагностического процесса.

В данном аспекте в статье обозначена проблема совершенствования стоматологической диагностической помощи, что позволит расширить профессиональные компетенции практикующего врача-стоматолога на стоматологическом приеме и обеспечить адекватную подготовку специалистов. В статье приводятся профессиональные термины, позволяющие проводить анализ состояния исследуемых вопросов диагностики основных стоматологических заболеваний.

Ключевые слова: микробиоценоз полости рта, экспресс-диагностика, молекулярно-генетический метод, рентгенологический метод, диагностика стоматологических заболеваний.

Введение

Современные научные взгляды на диагностический процесс обосновано связывают с разработкой и внедрением в стоматологическую практику комплекса модернизированных и инновационных диагностических методик.

В настоящее время в стоматологии стали применяться современные диагностические методы, позволяющие с высокой точностью выявить основные стоматологические заболевания на ранних стадиях, что, в свою очередь, служит основанием для более эффективного и качественного лечения пациентов.

Приоритетом на этапе диагностического процесса является исследование микробиоценоза полости рта. Бактериальное сообщество полости рта имеет большое значение для иммунной защиты организма. Оно играет ведущую роль в защите человеческого организма от различных заболеваний. Правильное и углубленное изучение биологических свойств микрофлоры полости рта, особенностей и патогенеза качественного и количественного бактериального состава, и особенностей неспецифических и защитных механизмов подтверждает, что иммунитет слизистой оболочки полости рта обладает значительным влиянием на формирование общего иммунитета человека. При нарушении баланса бактериального сообщества слизистых оболочек и беспрепятственном размножении бактерий снижается реактивность организма, ослабляются клеточные и гуморальные факторы защиты слизистой оболочки. Это приводит к развитию воспалительных заболеваний [1,2,3].

Микробиологический фактор определяет развитие не только инфекционных заболеваний, но и обуславливает иммунологическую реактивность организма. Он является ведущим в развитии аутоиммунных, аллергических, онкологических и других заболеваний. Большое значение имеет углубленное изучение состава и свойств микробиоценоза человека, а также выявление связи бактериального сообщества ротовой полости с различными заболеваниями. В связи с этим активно проводятся исследования, направленные на его изучение. Оценивается уровень «микробиологической нагрузки», определяются характеристики реакции иммунной системы в условиях влияния факторов внешней и внутренней среды [1,2,3].

Изучение микрофлоры полости рта осложняется большим количеством видов, их требовательными к питанию потребностями и медленным ростом вместе со сложностями идентификации видов бактерий. Чтобы понять этиологию многих заболеваний полости рта и зубов и интерпретировать результаты микробиологи-

ческого анализа клинических образцов, важно знание микроорганизмов, которые составляют резидентную флору в различных экологических нишах полости рта. При заболеваниях слизистой оболочки полости рта материалом для исследования служит налет с языка, слизистой оболочки щеки. Соскоб берут с элементов поражения слизистых и других участков [4,5,6].

В современной стоматологии для определения патологической микрофлоры полости рта применяются лабораторные анализы (микробиологические, иммунологические, биохимические и другие). С их помощью выявляются возбудители заболеваний пародонта и слизистой оболочки полости рта (бактериальная, грибковая и вирусная инфекция).

Существуют следующие методы лабораторных исследований: бактериологическое исследование с последующей бактериологической дифференциацией и типированием микроорганизмов; определение чувствительности патогенов на антибиотики; морфологическое исследование (гистология, цитология) с использованием микроскопии; молекулярно-биологические методы исследования (полимеразная цепная реакция и гибридизация).

При ПЦР исследуются не живые бактерии, а молекулы бактерий. Это очень точные, но дорогие методы. Их рассмотрение заслуживает особого внимания [7,8].

Диагностические флуоресцентные методы являются перспективными технологиями, которые могут быть использованы для выявления кариеса, зубного налета, зубного камня и опухолей полости рта. Флуоресценция — это процесс поглощения света короткой длины волны, что приводит к испусканию излучения на большей длине волны. Это испускаемое излучение называется флуоресценцией. В настоящее время применяется методика DIAGNO dent, она используется в мониторинге прогрессии или купирования кариеса, сравнивая показания пациента от посещения к посещению [7,8].

Метод полимеразной цепной реакции (ПЦР) — исследование, широко распространенное сейчас в клинической диагностике. При нем происходит имитация естественной репликации нуклеиновых кислот. Оно позволяет получать фрагментированные ДНК последовательности, в количествах достаточных для обнаружения и измерения. Методика позволяет напрямую выявить геном инфекционного агента, являющегося возбудителем заболевания. Она выявляет возбудителя на стадиях его размножения, когда его в тканях и биологических жидкостях так мало, что он не обнаруживается никакими другими методами. В ходе реакции происходит экс-

понациально прогрессирующий синтез определенных последовательностей ДНК-мишени *in vitro*. Этот метод позволяет генерировать несколько копий молекулы ДНК путем ферментативной амплификации последовательности ДНК-мишени. Она позволяет быстро реплицировать ДНК *in vitro*. Усиливает выработку мельчайших количеств генетического материала до миллионов копий за несколько часов. Обеспечивает быструю и надежную идентификацию фрагментов ДНК, таких как генетические маркеры, инфекционные агенты, раковые клетки. В настоящее время ПЦР диагностика является методом, широко используемым в стоматологии и других отраслях медицины.

Этот вид диагностики состоит из трех этапов: подготовка пробы, на этом этапе выделяют ДНК возбудителя из биоматериала, амплификации, подразумевающей умножение ДНК фрагментов, а также регистрация и запись полученных результатов.

Обнаружение продукта умножения цепочек ДНК вируса или бактерии производится методом электрофореза в агарозной гелевой среде или при помощи методики масс спектрометрии [9,10,11].

Real-Time PCR (ПЦР в реальном времени), в отличие от обычной методики производит регистрацию количества ДНК фрагментов возбудителей инфекции полости рта и их умножение. Она позволяет врачу-лаборанту реально наблюдать увеличение количества ДНК при ее амплификации. Технологическая инновация ПЦР, известная как ПЦР в реальном времени, становится все более важной в клинической диагностике и исследовательских лабораториях благодаря ее способности генерировать количественные результаты. Этот метод позволяет быстрее и точнее сопровождать реакцию и представлять результаты, чем обычная ПЦР, которая отображает только качественные результаты. Это метод, при котором флуорозонды связываются со специфическими целевыми областями ампликонов, вызывая флуоресценцию во время ПЦР. Флуоресценция, измеренная в реальном времени, детектируется в цикле ПЦР со встроенным фильтрующим флуорометром [8,9].

Принципы ПЦР в реальном времени: производится измерение количества ДНК молекул после каждого цикла ее умножения; не требуется использование метода электрофореза; снижаются требования, предъявляемые к методике и лабораторным условиям.

Внедрение этого метода в лечебном учреждении помогает сэкономить затраты на лабораторные площади и персонал. Методика обладает большей специфичностью по сравнению с другими методами, применяемыми в настоящее время [8,9].

Развитие современных аспектов диагностического процесса приводит к формированию комбинированных методов диагностики стоматологических заболеваний. Так, особый интерес представляет сочетание методов полимеразной цепной реакции и культивирования широко применяемых в терапевтической стоматологии. Оно позволяет изучать большее количество образцов, взятых из зубного налета и бляшек. Это сочетание методик позволяет уменьшить суммарное время производимых исследований и позволяет повысить их чувствительность.

Это исследование проводится в два этапа: сначала на микробиологические среды засеваются образцы биоматериалов больного, производится первичный культуральный посев, затем полученную культуру изучают при помощи цитополимеразной реакции.

Это сочетание методик снижает проблему гиперчувствительности цитополимеразной реакции, уменьшает вероятность дефектов определения видов возбудителя при культуральных исследованиях [8,9].

Особого внимания на этапе диагностического процесса заслуживает исследование иммунного статуса. Иммунодиагностика в стоматологии используется с целью оценки иммунного статуса у больного, и способности иммунитета бороться с инфекцией ротовой полости.

В настоящее время используются следующие методы для оценки местного иммунитета ротовой полости: измерение уровня содержания лизоцима в смешанной слюне; определение уровня иммуноглобулина А в слюне; исследование функциональной активности полиморфно-ядерных лейкоцитов; изучение системы комплимента; иммунограмма (исследование состояния Т- и В-систем иммунитета). Все эти исследования применяются для изучения защиты организма неспецифической и специфической [12, 13].

Не теряет своей актуальности диагностический метод измерения уровня содержания лизоцима в смешанной слюне. Фермент лизоцим несет основную нагрузку в защите полости рта от болезнетворных агентов. К нему выражена чувствительность у некоторых типов вирусов и грамм положительных бактерий. В настоящее время в большинстве лечебных учреждений применяют нефелометрический способ с целью исследования активности лизоцима смешанной слюнной смеси. Он основан на выявлении скорости просветления тестовой культуры Микрококка. Это происходит под действием ферментативного комплекса, который содержится в слюнном секрете. Он расщепляет мукополисахариды бактериальной мембраны под действием фермента. Смысл этой лабораторной методики состоит в том, что исследуют

уровень начальной оптической плотности в растворе слюнной смеси, в пятнадцать раз разведенной изотоническим раствором с микрококком, после этого смесь оставляют в термостате на десять минут. Затем повторно измеряют оптическую плотность, после чего определяют показатель активности этого фермента [12, 14].

Определение уровня иммуноглобулина А в слюне имеет важное диагностическое значение. Он снижает возможность инфекционных агентов к адгезии на мембране клеток тканей ротовой полости. Снижение уровня секреторного иммуноглобулина А (SIgA) в слюне обычно определяют при прогрессировании инфекций в полости рта. Он устойчив к действию бактериальных протеолитических ферментов. Изменение его концентрации является важным маркером статуса местного иммунитета. Его содержание в слюне выясняется при использовании методики конкурентный иммуноферментный анализ с применением иммуноспецифических сывороток [13,14].

Интересным с точки зрения диагностического процесса является исследование функциональной активности полиморфно-ядерных лейкоцитов (ПМЯЛ). Функциональная активность (ПМЯЛ) — важнейший показатель иммунорезистентности тканей ротовой полости. С помощью данного метода оцениваются резервные функциональные способности фагоцитарных клеток. Его исследуют методикой биохемилюминесцентного анализа. В его основе лежит регистрация активных форм кислорода, которые образуются в процессе фагоцитоза инфекционных агентов. Угнетение фагоцитарной активности ПМЯЛ является одним из факторов патогенеза быстро прогрессирующего пародонтита, поэтому данная методика позволяет косвенно оценить степень выраженности нарушений процесса фагоцитоза и эффективность медикаментозного лечения [13,14].

Особое значение придается исследованию системы комплимента. Данная система представляет собой комплекс протеолитических ферментов и обеспечивает гуморальную защиту тканей ротовой полости. Она включает более двадцати белков. Их механизм активации запускается тремя различными способами.

К ним относятся: классический — происходит реакция на определенный инфекционный агент, связанный с иммуноглобулинами; альтернативный осуществляется без присутствия антител, активаторами служат сами бактерии и клетки организма, зараженные вирусом; лектиновый — запускается при прикреплении белка MBL с поверхностью мембраны инфекционного агента.

При недостаточности белков системы комплимента у больных снижается устойчивость к инфекциям. Активность системы комплимента определяется при помощи

реакции гемолиза с сенсибилизированными эритроцитами барана без определенного элемента этой системы, к ней добавляется биологический материал больного [12, 14].

Одним из главных вопросов в ходе стоматологического обследования и постановки диагноза остается исследование функционального состояния органов и полости рта.

Развитию воспалительных заболеваний в полости рта зачастую способствуют окклюзионные нарушения. В последнее время появились новые методы для выявления подобной патологии. Одним из них является метод измерения LVI-NM-окклюзии. В его основе лежит регистрация изменений состояния лицевых мышц при помощи электромиографии. В ходе его проведения происходит регистрация активности лицевых мышц в ходе реального времени по показаниям ЭМГ. Нарушение смыкания у пациента выявляется при применении диагностической системы K7. В нее включаются одновременно: электромиография, компьютерная гнатогграфия, электросонография, электронейростимуляция.

Для диагностической стимуляции мышц применяется ультранизкочастотная электронейростимуляция (ТЕНС) активирующая XI пару черепно-мозговых нервов, что помогает восстановить функциональный баланс мышц шеи[13,16].

Наиболее значимыми по своей информативности в современной стоматологии остаются рентгенологические методы. Традиционно используемые в стоматологии рентгенологические исследования (внутриротовая дентальная рентгенография и ортопантомография) не дают истинной картины воспалительных процессов, происходящих в органах и тканях зубочелюстной системы. Часто корнями зубов закрываются процессы, происходящие с внутренних сторон челюстей. Невозможно выявить трещины корней. В последнее время применяются методы, лишенные этих недостатков[11,17,18].

Одной из новейших методик рентгенологического исследования в стоматологической практике является конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ). От прочих рентгеновских методик она отличается тем, что больной получает очень низкую лучевую нагрузку (менее 120 мЗв) при исследовании с сохранением высокой информативности и качества снимков. Программное оснащение данной методики позволяет получить трехмерные изображения, что помогает стоматологам осуществить обследование больного в необходимых проекциях. При КЛКТ возможно выполнение многоплоскостных поперечных и трехмерных реконструкций в рамках одного сканирующего цикла. Исследование

не является трудоемким и не доставляет больному никаких неудобств. Недостатками исследования является невозможность определить единицы Хаунсфилда (НУ), которые хорошо определяются при проведении обычного КТ. При этом исследовании плохо просматриваются мягкотканые структуры [19,20,21].

Компьютерная радиовизиография с применением внутриротовой стоматологической видеокамеры позволяет сделать прицельный снимок единственного зуба для обнаружения скрытых кариозных полостей, с минимальным рентгеновским облучением. Для этого применяется внутриротовой датчик. Вместо рентгеновской пленки, в аппарате используют чувствительную фотодиодную чип-микросхему. Методика позволяет в режиме реального времени увидеть мелкие дефекты в ротовой полости, которые незаметны невооруженным глазом. Возможность записывать результаты исследования на диск позволяет посмотреть результаты в динамике и оценить эффективность лечения [20,21,22].

Заключение

Большое количество работ, посвященных изучению существующих методов диагностики состояния органов и тканей полости рта свидетельствуют о высоком интересе авторов к существующей проблеме и актуальности в представленной тематике. Анализ русской и зарубеж-

ной литературы позволяет говорить о необходимости дальнейшего изучения вопросов диагностики основных стоматологических заболеваний.

Требуют уточнения аспекты отсутствия единого комплексного подхода в вопросах диагностики у стоматологических пациентов. Таким образом, современный стоматологический прием должен включать как можно больше диагностических и исследовательских возможностей (методик) с целью более точного выявления основных стоматологических заболеваний на ранних этапах для прогнозирования и моделирования качественных результатов лечения [20,21].

Финансирование. Авторы заявляют о финансировании проведенного исследования из собственных средств.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Funding. The authors claim to have funded the research from their own funds.

Conflict of Interest. The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the publication of this article.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриева Л.А., Велижанина О.В., Ардатская М.Д. Изучение микробиоценоза полости рта при воспалительных заболеваниях пародонта и возможности его коррекции // Медицинский алфавит, 2016, № 8(345), С. 14–20.
2. Захаров А.А., Ильна Н.А. Анализ микрофлоры ротовой полости обследованных людей с различными заболеваниями // Успехи современного естествознания, 2007, № 12, С. 353–355.
3. Царев. В.Н. Микробиология, вирусология и иммунология полости рта // Москва ГЭОТАР-Медиа, 2016.
4. Безрукова И.В., Грудянов А.И. Агрессивные формы пародонтита // М.: МИА, 2002, 112с.
5. Федотова Т.А., Кушнир С.М., Антонова Л.К., Усова Е.В., Лабунский Д.А. Роль дисбаланса микро- и макроэлементов в смешанной слюне детей 5–7 лет для формирования вторичной иммунной недостаточности // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2012, № 7, С. 20–23.
6. Arvin A.M., Moffat J. F., Sommer M., Oliver S., Che X., Vleck S., Zerboni L., Ku C. C. Varicella-zoster virus T cell tropism and the pathogenesis of skin infection // Curr Top Microbiol Immunol, 2010, № 342, P. 189–209. doi:10.1007/82_2010_29.
7. Троицкая Е.В., Корюкина И.П., Цветкова Т.Ю., Софронова Л.В. Диагностическое значение определения концентрации иммуноглобулинов в секрете ротовой полости // Пермский медицинский журнал, 2011, № 28 (3), с.75–79.
8. Vaid, Neha & Bansal, Puja & Bhargava, Kalyani & Bhargava, Deepak. Polymerase chain reaction & its applications in dentistry // European journal of pharmaceutical and medical research, 2016, № 3(12), P. 185–189.
9. Ребрикова Д.В., Саматова Г.А., Трофимова Д.Ю. ПЦР в реальном времени // Москва; Бином. Лаборатория знаний, 2011, С.413–74.
10. Алексахина Т.Ю., Аржанцев А.П., Буковская Ю.В., Васильева А.Ю., Терновой С.К. Лучевая диагностика в стоматологии // М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010, 288с.
11. Сармент Д. Конусно-лучевая компьютерная томография: прикладное использование в стоматологии и смежных областях медицины. Под редакцией Кутяева С.А // Таркомм, 2014, 288с.
12. Михальченко Д.В., Гумилевский Б.Ю., Наумова В.Н., Вирабян В.А., Жидовинов А.В., Головченко С.Г. Динамика иммунологических показателей в процессе адаптации к несъемным ортопедическим конструкциям // Современные проблемы науки и образования, 2015, № 4, С.381.
13. Ефремова А.В., Акимова С.А., Фролова К.Е., Рыжова С.А. Факторы риска как критерии диагностики быстропрогрессирующего пародонтита // Актуальные проблемы медицинской науки и образования (Апмно-2019). Под ред. Митрошина А.Н., Герасченко С.М. Пенза: Пензенский государственный университет, 2019, С.206–208.

14. Железный П.А., Русакова Е. Ю., Щелкунов К. С., Апраксина Е. Ю., Дудленко А. А., Пушилин П. И., Акимова С. Е., Кортс А.Ф., Сартакова И. М. Состояние факторов местного иммунитета полости рта в процессе комплексного ортодонтического лечения // Тихоокеанский медицинский журнал, 2013, № 1(51), С.26–28.
15. Шевченко Е.А., Успенская О. А., Загребин Е. А. Изменение уровня секреторного иммуноглобулина а в ротовой жидкости при лечении хронического рецидивирующего афтозного стоматита на фоне урогенитальной инфекции у женщин разных возрастных групп // Российский стоматологический журнал, 2015, № 5, С.141
16. Ронкин К.З. Использование принципов нейро-мышечной стоматологии при реконструктивном протезировании пациента с патологией прикуса и дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС)// Дентал Маркет, 2006, № 5, С.35–40.
17. Фанакин В.А., Бутюгин И. А., Батанова Е. В. Конусно-лучевая компьютерная томография в детской стоматологии: обзор современной литературы // Проблемы стоматологии, 2014, № 4, С.5–10.
18. Шустова В.А., Шустов М. А. Применение 3D-технологий в ортопедической стоматологии // СПб.: СпецЛит, 2016, 159с.
19. Виха Г. В. Секреторный иммуноглобулин А — маркер адаптации организма человека к внешним воздействиям // Поликлиника, 2013, № 4(1), С.15–17.
20. Sunil Pandey, Mahima Goel, Ravi Nagpal, Ankita Kar, Eliezer Rapsang, Priya Matani. Evaluation of Total Salivary Secretory Immunoglobulin A and Mutans-specific SIgA among Children having Dissimilar Caries Status // The Journal of Contemporary Dental Practice, 2018, № 19(6), P. 651–655 DOI: 10.5005/jp-journals-10024–2314
21. Inod Sargaiyan, Pooja Singh, Deepti Bhardwaj, Sneha Arora, Akash Sharma, Makrand Sapat. Real — time pcr: an important diagnostic tool in dentistr ijocr. Oral Cavity Flora // Manual for dental faculty students of higher medical educational establishment of III–IV levels of accreditation: Comp. by Hancho O. V.— Poltava. [Электронный ресурс] URL: <http://elib.umsa.edu.ua/jspui/handle/umsa/3558> (Accessed Jun 15,2010).

© Зюлькина Лариса Алексеевна (stomatologfs@yandex.ru), Фролова Кристина Евгеньевна (kristina.frolova.1983@mail.ru),
 Ефремова Анастасия Владимировна (nastasya.efremova.87@list.ru), Акимова Светлана Анатольевна (kaprizka-ks@mail.ru).
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



г. Пенза

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПАРОДОНТА (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

MODERN METHODS OF INFLAMMATORY PERIODONTAL DISEASES DIAGNOSIS (LITERATURE REVIEW)

**P. Ivanov
L. Ziulkina
E. Udaltsova
T. Gerasimova
A. Bulavina**

Summary. Literature review that analyzes the advanced capabilities of modern methods for diagnosing of inflammatory periodontal diseases. Literature analysis has shown a tendency to demand constant monitoring in the treatment of periodontitis, and the need for accuracy in the diagnostic process and final diagnosis establishing. We agree with the point of view of the authors of many publications cited in the article, early diagnosis of periodontal diseases in the preclinical stage, as a result of the reversibility of processes, is a favorable prognosis for the patient. The article describes various diagnostic methods that are the "gold standard" in modern Periodontology, as well as methods that have been developing, such as the Florida Probe computer system, the t-scan electronic supracontact assessment system, microscopy, etc. The search for new, more accurate methods of periodontal diseases diagnosing and improving existing methods is a necessary direction for dentistry and medicine in General.

Keywords: periodontitis, periodontal disease monitoring, Florida Probe, T-scan system, matrix metalloproteinase, lipid peroxidation.

Иванов Петр Владимирович

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
sto-kafedra@yandex.ru

Зюлькина Лариса Алексеевна

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»

Удальцова Екатерина Валерьевна

Старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
udaltsovakaterina@mail.ru

Герасимова Татьяна Владимировна

Старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
26nfybnf86@mail.ru

Булавина Алиса Александровна

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
bulavina1a.a@gmail.com

Аннотация. Литературный обзор, в котором проанализированы передовые возможности современных методов диагностики воспалительных заболеваний пародонта. Анализ литературы показал тенденцию к востребованности постоянного мониторинга в терапии пародонтита, необходимость в точности процесса диагностики и достоверности поставленного диагноза. Мы согласны с точкой зрения авторов множества публикаций, цитируемых в статье, ранняя диагностика заболеваний пародонта в доклинической стадии, в следствие обратимости процессов, является благоприятным прогнозом для пациента. В статье описаны различные методы диагностики, являющиеся «золотым стандартом» в современной пародонтологии, так и развивающиеся в последнее время методики, такие как компьютерная система Florida Probe, электронная система оценки супраконтактов T-scan, микроскопия и др. Поиск новых, более точных методов диагностики заболеваний пародонта и совершенствование уже имеющихся является необходимым направлением для стоматологии и медицины в целом.

Ключевые слова: пародонтит, мониторинг заболеваний пародонта, Florida Probe, система T-scan, матричные металлопротеиназы, перекисное окисление липидов.

Заболевания пародонта и методы их диагностики являются актуальной проблемой как в рамках терапевтической стоматологии, так и специализированного направления стоматологии — пародонтологии, это связано с недостатками методов, используемых для ранней диагностики пародонтита. Следует отметить что

в современных условиях наблюдается рост возникновения заболеваний пародонта, данную тенденцию связывают не только с наличием у пациентов неудовлетворительной гигиены полости рта и присутствием красного пародонтопатогенного комплекса микроорганизмов, но и с ухудшением общесоматического здоровья по-

пуляции, связанного с ухудшением экологических показателей и ведением нездорового образа жизни [1,2]. Увеличилось количество пациентов, обращающихся на поздних стадиях, что клинически проявляется в увеличении диагностирования пародонтита в средней и тяжелой степени тяжести, такие изменения в тканях пародонта оказывают максимальный повреждающий эффект на общесоматическое здоровье пациентов и зубочелюстную систему, что проявляется в виде постоянной гипосенсибилизации и формировании хронических очагов пародонтальной инфекции, резорбции костной ткани челюстей и формированию дефектов сложной конфигурации [2,3]. Подобные нарушения требуют обязательного хирургического вмешательства, что в свою очередь имеет ряд сложностей как для пациента, так и для пародонтолога, это связано с использованием дорогостоящих материалов и невозможностью постоянного мониторинга за пациентом в постоперационном периоде. Исходя из вышеперечисленного, следует сделать вывод, что на сегодняшний день поиск альтернативных методов для ранней диагностики и мониторинга пациентов после проведенной терапии, и хирургического лечения остается востребованным [4,5]

Согласно Грудянову А.И. методы для диагностики заболеваний пародонта различного патогенеза и этиологии, можно подразделить на четыре основные группы, которые включают в себя клинические, рентгенологические, лабораторные и функциональные. В группу клинических методик для оценки состояния тканей пародонта, включены методы оценки стоматологического и пародонтологического анамнеза, оценка основного пародонтологического статуса на момент приема пациента, и индивидуальная характеристика анатомо-топографических особенностей тканей пародонта. Целью оценки стоматологического и пародонтологического анамнеза является установление корреляционных связей между общесоматическими факторами, состоянием зубочелюстной системы и возможностью воздействия совокупности выявленных факторов на ткани пародонта. Интенсивность ответа на повреждающий или провоцирующий ВЗП фактор переменна и зависит от местных патофизиологических реакций в ответ на тканевое повреждение или наличие фонового заболевания, которыми могут выступать патологии, связанные с иммунными нарушениями, нарушения углеводного, белкового, минерального обменов, перестройками гормонального фона, генетически обусловленными изменениями [6,7,8]. Исходя из вышеизложенного, ключевым фактором для эффективного лечения и постановки корректного диагноза будет являться комплексность использования всех доступных методов обследования стоматологического больного. Данный подход позволяет проводить оценку конкретного клинического случая более объемно, избегая при этом неоднозначность интерпретирования

разными специалистами [9,10]. Многие авторы делают акцент на важности ранней диагностики развития заболеваний пародонта, так как на доклиническом этапе изменения в тканях пародонта обратимы и при применении эффективной терапии, направленной на купирование основных признаков воспалительных либо дистрофических процессов, ведут к полному выздоровлению пациента [11,12,13]. Для ранней диагностики заболеваний пародонта используется множество методов, однако ни один из них не дает возможности прогнозирования пародонтита на этапе выявления у пациента хронических форм гингивита и предрасполагающих к пародонтиту факторов.

По мнению многих авторов, золотым стандартом для диагностики пародонтита является рентгенологический метод [14,15,16,17]. Данный метод включает в себя применение ортопантомографии (ОПТГ), прицельной рентгенографии, телерентгенографии и конусно-лучевой компьютерной томографии [18,19,20,21]. Ортопантомография является методом выбора как при диагностике заболеваний пародонта, связанных с изменениями в костной ткани в виде резорбции и атрофии, так и при ведении пациента в динамике, после проведенной терапии. Положительными критериями использования ортопантомографии являются: возможность оценки уровня локализации межзубных альвеолярных перегородок, определение ширины и состояния периодонтальной щели, простота проведения исследования, информативность и относительно малая лучевая нагрузка и себестоимость. Вышеперечисленные критерии позволяют широко использовать методику для диагностики различных заболеваний в стоматологии [22,23,24]. Результаты многих исследований говорят о ряде недостатков, которые в первую очередь связаны с искажением костных структур за счет их проекционного наложения, формированием артефактов на пленке либо при визуализации через компьютерное обеспечение при неправильном положении пациента, наличии металлических украшений, металлосодержащих ортопедических конструкций в полости рта, невозможность оценки ткани в объеме [15]. Применение конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) позволяет избежать недостатков, связанных с применением ортопантомографии. КЛКТ при использовании современного оборудования и мощного компьютерного обеспечения позволяет получить тонкие срезы тканей в области исследуемого участка пародонта, таким образом давая возможность оценки не только качества оставшейся костной ткани в области дефекта, но и ее плотности в полутоновых значениях. Ни один из рентгенологических методов не может быть использован для ранней диагностики, в большей степени данные рентгенологического обследования позволяют составить план лечения и выставить пациенту окончательный диагноз.

Следующим важным аспектом в диагностике заболеваний пародонта выступает функциональный метод. Согласно исследованиям Круглова, Н.В., Лукиных Л.М. в научной работе «Опыт использования компьютерной системы Florida Probe для диагностики воспалительных заболеваний пародонта» вышеназванная система заслужено занимает свою нишу в диагностике заболеваний пародонта. Применение данной системы делает возможным не только постановку диагноза, но и наблюдение за репаративными процессами и темпами выздоровления в динамике терапии. В ходе исследований Кругловой Н. В. и Лукиных Л. М., состоящих из выявления и регистрации степени рецессии, глубины пародонтального кармана, объема фуркационных дефектов, оценки состояния костной ткани, кровоточивости десны, характера экссудата из пародонтальных карманов, степени подвижности зубов с использованием системы Florida Probe, было выявлено что точность измерений соответствует до 0,2 мм, что делает этот метод более информативным по отношению к стандартному зондированию. [25].

Петренко К. А. в работе «Эффективность использования компьютерной системы Florida Probe в диагностике воспалительных заболеваний пародонта» приводит данные своих исследований, доказывающих достоинства системы, простоту в применении, отличительную точность измерений, удобство контроля за терапией. В ходе опыта, суть которого заключалась в диагностике пародонтита у пяти случайных людей при помощи стандартного пуговчатого зонда и системы Florida Probe (с целью контроля результатов исследования пациентам проводилась компьютерная томография) выявлено: погрешность исследований при помощи пародонтального зонда составляет до 1,5 мм, что соответственно способствует постановке неверного диагноза. Диагностика была удобной как для врача (отображение результатов на мониторе и экономия времени), так и для пациента (финансовый аспект, касающийся дополнительных методов диагностики, в данном случае в КТ). В процессе лечения такой формы заболевания, как агрессивный пародонтит, на первый план выдвигается проблема максимально эффективной и результативной диагностики

Именно в этом случае Florida Probe выступает настоящим помощником, благодаря своей точности и скорости диагностики [26]. Мягкова Н. В., Закиров Т. В. провели исследование у больного, страдающего агрессивным пародонтитом и результаты, опубликованные в статье «Использование современных минимально инвазивных методов лечения в комплексной реабилитации пациентов с агрессивным пародонтитом» свидетельствуют о том, что данная система сыграла немаловажную роль в достижении ремиссии у пациента. В ходе всего лече-

ния благодаря точным результатам установлен верный диагноз, терапия оказалась высокоэффективной, особенно в комплексе с КЛКТ и ортодонтией [27].

Одним из этиологических факторов развития воспалительных заболеваний пародонта является невыверенные окклюзионные контакты и травматический прикус [28]. При помощи электронной микроскопии доказано, что изменения при травматической окклюзии в клетках связок периодонта (в особенности в циркуляторной) начинаются уже на субклеточном уровне, проявляясь сначала разрушением лизосом, а затем и самой клетки. Для наиболее точного выявления супраконтактов в современной стоматологии используют электронный аппарат T-scan III. Основным преимуществом данного устройства- выступает ультратонкий сенсор, обладающий абсолютной точностью в области выявления особенностей окклюзии пациента. Сенсор передает информацию о характере смыкания зубных рядов на компьютер, который отображает ее в виде двухмерных или трехмерных диаграмм. Метод не только удобен и прост в применении для врача, но также наглядно показывает характер проблемы пациенту. Мустакимова Р.Ф., Салеева Г.Т. В «Роль функциональных методов исследования в комплексной диагностике заболеваний пародонта» сравнили результаты стандартной окклюзиограммы и данные, полученные t-scan. Стандартный анализ окклюзии с использованием артикуляционной бумаги не выявил окклюзионных нарушений. Но данные рентген-диагностики, достоверно передающие снижение высоты костной ткани челюсти, доказывали обратное. Авторы приняли решение повторно исследовать окклюзию пациента при помощи t-scan и результаты сильно отличались. Согласно результатам диагностики, была диагностирована неравномерная перегрузка периодонта зубов с супраконтактами на молярах, при этом жевательный центр был смещен в дистальном направлении [29].

Современную стоматологию невозможно представить без электронной микроскопии. Сейчас на стоматологическом рынке представлено огромное количество разнообразных фирм, предлагающих свои оптические системы. В качестве примера, доказывающего широкий спектр возможностей электронной микроскопии, можно привести исследование, проведенное Ипполитов Е. В., Диденко Л. В., Царев В. Н. и отраженное в работе «Особенности морфологии биопленки пародонта при воспалительных заболеваниях десен (хронический катаральный гингивит, хронический пародонтит, кандидо-ассоциированный пародонтит) по данным электронной микроскопии». Были использованы двухлучевой сканирующий микроскоп Quanta 200 3D (производитель FEI Company, США) и просвечивающий микроскоп JEM 100B (производитель JEOL, Япония). Маркерную ДНК патогенных бак-

терий выявляли путем использования реагентов для полимеразной цепной реакции «МультиДент-5» (производитель «ГенЛаб», Россия) [30]. Пациенты были разделены на несколько групп и в каждой из них, выбрано по 10 человек, контрольная группа состояла из 20 человек, всего в исследовании принимало участие 70 человек. У них проводили забор следующего материала: биопленка в области десневой борозды зубов 1.6, 1.7, 2.6, 2.7, 3.6, 3.7, 4.6, 4.7; материал из наиболее глубокого пародонтального кармана. При помощи сканирующей электронной микроскопии изучали морфологические особенности биопленки и ее количественный и качественный состав. Количество микробных клеточных элементов составило 250 нм для кокковидных и 850 нм для палочковидных форм. В результате проведенных исследований было выяснено, что для каждой нозологии вид микроорганизма и количество последних различается. Так, для хронического катарального гингивита микрофлора представлена преимущественно гемолитическими стрептококками. В свою очередь при хроническом генерализованном пародонтите к существующим колониям микроорганизмов присоединяются палочковидные формы, главным образом состоящих из представителей родов *Porphyromonas*, *Prevotella*. Таким образом, электронная микроскопия позволяет проводить точную дифференциальную диагностику заболеваний пародонта, определяя флору, что в свою очередь может быть полезным при назначении антибактериальной терапии, разработанной с учетом конкретного возбудителя.

Одними из наиболее перспективных исследований на сегодняшний день предстают исследования о так называемых матриксных металлопротеиназах (ММП) и диагностики активности данного фермента. Согласно Ю.В. Дегтярева, Ю.В. Кореновский, О.В. Орешака, О.А. Атабаева в работе «Роль матриксных металлопротеиназ в развитии воспалительных заболеваний пародонта» доказано, что ММП разрушают основной строительный материал тканей пародонта — коллаген, вызывая тем самым разрушение зубодесневого прикрепления. Матриксные металлопротеиназы вместе с остальными протеиназами осуществляют процессы коагуляции белков, реализуют иммунный ответ, участвуют в физиологической перестройке тканей. Этот фермент вырабатывается нейтрофилами, макрофагами, фибробластами, эпителиоцитами соединительной ткани, а также эндотелиоцитами микроциркуляторного русла. Кроме того, одна и та же клетка синтезирует различные виды ММП [31]. Фермент выделяется в неактивной форме (так называемые про-ММП), а после запуска каскада реакций превращается в истинные ММП.

Согласно последним исследованиям выделено более 35 видов ММП. В работе В.В. Жигулина, В.А. Румянцев

«Матриксные металлопротеиназы при пародонтите» приведены сведения о разработке синтетических ингибиторов ММП, расширяя возможности терапии заболеваний пародонта. У пациента показатели ММП в ротовой жидкости можно использовать для оценки гомеостаза полости рта в условиях воспаления [32].

В исследованиях Кравцовой Г.А. «Роль лейкоцитарных протеиназ и немикробных факторов в патогенезе воспалительных заболеваний пародонта» автор упоминает о том, что специалисты Американской академии пародонтологии в своей публикации «Informational report of the pathogenesis of periodontal diseases» **указывают** следующее: «Существуют ситуации, в которых традиционная терапия у пациентов не может позволить предотвратить неблагоприятный исход заболевания. Более результативному лечению способствует использование иммуномодулирующей терапии, направленной на повышение иммунного статуса больных и применение ингибиторов лейкоцитарных протеиназ, предпочтительно в сочетании с антибактериальными и антисептическими препаратами» [33,34]

Зорина О.А., Аймадинова Н.К., Борискина О.А., Шевелев А.Б. провели опыт на базе ТБОУ ВПО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» с целью установить уровень регуляции экспрессии ФНОα и матриксных металлопротеиназ ММП8 и ММП9 в тканях пародонта в норме и при хроническом пародонтите и пришли к следующим результатам. Для исследования были отобраны 288 пациентов в возрасте 21–55 лет без тяжелой сопутствующей соматической патологии: 204 человека с диагнозом хронический генерализованный пародонтит, 84 клинически здоровые. Согласно проведенным исследованиям доказано, что методы определения уровня ММП дают возможность проводить раннее диагностирование предрасположенности к пародонтиту в стадии, когда процесс с участием пародонтопатогенных микроорганизмов уже запущен, но разрушение пародонта еще не началось. Определение уровня ММП может послужить маркером эффективности проведенной терапии [35].

Так же в перечень лабораторных исследований диагностики заболеваний пародонта входит определение уровня перекисного окисления липидов. Центральным звеном в этом процессе являются активные формы кислорода, обладающие донорно-акцепторными свойствами, активно участвующие не только в патогенезе патологических процессов, но и в регуляции ряда физиологических процессов в организме, в частности в метаболизме соединительной ткани и внеклеточного матрикса. В работе Джумаева Х.Д., Армедовой О.Г., Оразова Г.Э., Чарыевой Г.Х., Чарыевой О.Б. «Состояние перекисного окисления липидов при хроническом ка-

таральном гингивите у детей школьного возраста» авторы говорят о том, что наиболее опасным в активации АФК является запуск не только перекисного окисления липидов, но и процессы повреждения ДНК, РНК, белков, в особенности ферментов, участвующих во многих реакциях организма.

Так как заболевания пародонта имеют в большинстве своем затяжное хроническое течение, весь процесс развития патологии строится на балансе двух систем организма — превалирование антиоксидантной системы над перекисным окислением, либо наоборот. Когда защитные силы организма на исходе, развивается перекисный стресс, влекущий за собой необратимые последствия, а именно — гибель клеток эпителия соединительной ткани, разрушение циркуляторной связки пародонта, появление патологической подвижности зуба. Если не предпринимать меры, то этот ряд пополнится нарушением процессов регенерации, формированием пародонтальных карманов и в итоге — резорбцией альвеолярного отростка или части челюсти.

Джумаев Х.Д., Армедова О.Г., Оразов Г.Э., Чарыева Г.Х., Чарыева О.Б. провели исследование, в ходе которого больные были разделены на две группы: в первую группу (I) входили дети с хроническим очаговым катаральным гингивитом (ХКОГ); во вторую (II) группу — дети с хроническим катаральным генерализованным гингивитом ХКГГ, при этом учитывались клинические признаки, жалобы обследуемых, анамнез жизни, основного, сопутствующих и перенесенных заболеваний. При осмотре обращали внимание на состояние прикуса, характер прикрепления уздечек и слизистых тяжей, состояние десневого края, обилие мягких и твердых зубных отложений. Для объективности исследования состояния пародонта определяли индексы: ОНI-S, СРI, интенсивность кровоточивости десен по Мюллемону Кауэллу (SBI), СРITN. Уровень процессов перекисного окисления липидов в ротовой жидкости устанавливали согласно содержанию первичных и конечных продуктов ПОЛ. Исследование показало: при ПОЛ в группе пациентов с хроническим катаральным гингивитом ХКГ выявляется значительная разница в образовании малонового диальдегида (МДА) и гидроперекисей липидов (ГПЛ). Так, концентрация ГПЛ в слюне детей в первой группе увеличилась в 3,1 раза, увеличение во второй группе составило 3,6 раза; в то же время количество малонового диальдегида в ротовой жидкости детей с хроническим катаральным очаговым гингивитом увеличилось на 44%, во второй группе (дети с хроническим катаральным генерализованным гингивитом) увеличение составило 98% [36].

Бутюгин И.А., Волчегорский И.А. в работе «Состояние системы перекисное окисление липидов антиок-

сидантная защита в смешанной слюне у больных хроническим генерализованным пародонтитом» провели клинико-лабораторную диагностику у 99 пациентов от 18 до 59 лет с хроническим генерализованным пародонтитом (55 женщин и 44 мужчины). Обследование осуществлялось в соответствии с клиническим протоколом, с использованием дополнительных методов обследования, таких как: рентгенологическое обследование, анализ ортопантограмм ОПТГ и прицельных внутриротовых снимков. В ходе исследования делался акцент на использование следующих индексов: упрощенный индекс ОНI-S, СРITN, РМА в модификации Рамга, папиллярный индекс кровоточивости РВI, пародонтальный индекс РI по Расселу. В ротовой жидкости обследуемых изучали состояние системы перекисного окисления липидов и работы системы антиоксидантной защиты. Спектрофотометрическим методом с отдельной регистрацией липопероксидов гептановой и изопропанольной фазы липидного экстракта была проведена оценка интенсивности образования продуктов окисления липидов. В процессе исследования было выяснено, что уровень первичных изопропанолрастворимых продуктов (диеновые конъюгаты) перекисного окисления липидов ПОЛ снижался при наличии у пациента хронического генерализованного пародонтита ХГП легкой и средней степени, значительный рост показателей наблюдался у пациентов с тяжелой степенью тяжести пародонтита. Показатели вторичных продуктов перекисного окисления липидов (кетодиены и сопряженные триены) были увеличены при ХГП, чего не наблюдалось в группе клинически здоровых лиц, повышение уровня изопропанолрастворимых продуктов ПОЛ происходило при нарастании воспалительно-деструктивных процессов в тканях пародонта. Анализ показателей антиоксидантной защиты АОЗ ротовой жидкости показал достоверное снижение уровня а-ТК при хроническом генерализованном пародонтите средней и тяжелой степени по отношению к контрольной группе, наибольшее снижение показателей АОЗ отмечалось при ХГП тяжелой степени. [37]. Исходя из вышеизложенного, можно с уверенностью сказать, что в прогрессировании заболеваний пародонта перекисное окисление липидов играет одну из главных ролей. Поэтому, в комплексной терапии существует такое понятие как антиоксидантная терапия, действие которой направлено непосредственно на нивелирование эффектов ПОЛ, препятствие ухудшения состояния тканей пародонта и регенерацию поврежденных участков.

Суммируя вышесказанное, необходимость в поиске альтернативных методов либо усовершенствовании уже имеющихся методов для ранней диагностики заболеваний пародонта продолжает быть актуальным вопросом при постановке диагноза и дальнейшего планирования объема лечебных мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Baelum V, Papapanou PN: CPITN and the epidemiology of periodontal disease. *Community Dent Oral Epidemiol* 1996, 24:367–368.
2. Drum, W. Reforms in the Treatment of Periodontosis / W. Drum // *Quintessence International*. — 1974. — № 5. — P. 47–54.
3. Костригина Е.Д., Зюлькина Л. А., Иванов П. В., «Современный взгляд на этиопатогенез пародонтита [Обзор литературы], Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки., т. 3 (43)–2017–с.118–128.
4. Барер, Г. М. Болезни пародонта. Клиника, диагностика и лечение / Г. М. Барер, Т. Н. Лемецкая. — М., 1996. — 85 с.
5. Балашов, А. К. Исследование десневой жидкости при заболеваниях пародонта (Обзор литературы) / А. К. Балашов // МРЖ. — 1978. — № 6. — С. 5–8.
6. American academy of periodontology, Research, science and therapy committee. Informational report of the pathogenesis of periodontal diseases // *J. Periodontol.* — 1999. — Vol. 70, N4. — P. 457–470.
7. Барабаш, Р. Д. Концепция этиологии и патогенеза заболеваний пародонта / Р. Д. Барабаш // *Стоматология*. — 1987. — № 1. — С. 81–85.
8. Chapple ILC: Periodontal diagnosis and treatment — where does the future lie? *Periodontol* 2000 2009, 51:9–24.
9. Armitage GC: Periodontal diagnoses and classification of periodontal diseases. *Periodontol* 2000 2004, 34:9–21
10. Ефремова А.В., Акимова С. А., Фролова К. Е., Рыжова С. А., «Факторы риска как критерии диагностики быстро прогрессирующего пародонтита» // *Актуальные проблемы медицинской науки и образования (АПМНО-2019)*, 2019– с. 206–208.
11. Акулович, А. В. Применение современных материалов для шинирования / А. В. Акулович // *Стоматология*. — Спец. вып. — 1998. — С. 54.
12. Баранникова, И. А. Индексная оценка состояния пародонта в процессе комплексного лечения больных с генерализованным пародонтитом / И. А. Баранникова, С. А. Заславский, В. В. Свирин // *Стоматология*. — 1990. — № 4. — С. 17–18.
13. Григорьян, А. С. Ключевые звенья патогенеза заболеваний пародонта в свете данных цитоморфометрического метода исследований / А. С. Григорьян, А. И. Грудянов // *Стоматология*. — 2002. — № 1. — С. 5–8.
14. Цепов, Л. М. Диагностика и лечение заболеваний пародонта / Л. М. Цепов, А. И. Николаев. — М.: «МЕДпрессинформ», 2002. — 192 с.
15. Khocht A, Zohn H, Deasy M, Chang KM: Assessment of periodontal status with PSR and traditional clinical periodontal examination. *J Am Dent Assoc* 1995, 126:1658–1665.
16. Chapple ILC: Periodontal disease diagnosis: current status and future developments. *J Dent* 1997, 25:3–15.
17. Offenbacher S, Odle BM, van Dyke TE: The use of crevicular fluid prostaglandin E2 levels as a predictor of periodontal attachment loss. *J Periodontol Res* 1986, 21: 101–112.
18. Loe H, Anerud A, Boysen H, Morrison E: Natural history of periodontal disease in man. Rapid, moderate and no loss of attachment in Sri Lankan labourers 14 to 46 years of age. *J Clin Periodontol* 1986, 13:431–440
19. Claffey N, Nylund K, Kiger R, Garrett S, Egberg J: Diagnostic predictability of scores of plaque, bleeding, suppuration and probing depth for probing attachment loss. 3 1/2 years of observation following initial periodontal therapy. *J Clin Periodontol* 1990, 17:108–114
20. Галегашвили Л.Н., Семелева Ж. А., Костригина Е. Д., Зюлькина Л. А., «Современный подход к планированию лечения пациентов с заболеваниями пародонта» // *Тенденции развития современного естествознания и технических наук*, 2017–с.121–123.
21. Грудянов, А. И. Диагностика в пародонтологии / А. И. Грудянов, А. С. Григорьян, О. А. Фролова. — М.: «Медицинское информационное агентство», 2004. — 104 с.
22. Грудянов, А. И. Заболевания пародонта и вопросы травматической окклюзии в клинике ортопедической стоматологии / А. И. Грудянов, Н. А. Стариков // *Новое в стоматологии*. — 1999. — № 4. — С. 3–18.
23. Воложин, А. И. Теоретическая проблематика на страницах журнала «Стоматология» / А. И. Воложин, А. С. Григорьян // *Стоматология*. — 2002. — № 1. — с. 7–11.
24. Трезубов, В. Н. Классификация методов исследования в стоматологии / В. Н. Трезубов // *Институт стоматологии*. — 2004. — № 4(25). — С. 72–73.
25. Жулев, Е. Н. Клиника, диагностика и ортопедическое лечение заболеваний пародонта / Е. Н. Жулев. — Н. Новгород, 2003. — 276 с.
26. Рублева, В. А. Комплексное лечение пародонтита / В. А. Рублева, Г. Д. Ганюшкина // *Актуальные вопросы современной стоматологии: материалы международного симпозиума*. — Самара, 2000. — С. 68–71.
27. Рыбаков, А. И. Основные аспекты проблемы пародонтоза / А. И. Рыбаков // *Стоматология*. — 1975. — № 2(54) — С. 1–5.
28. Чибисова, М. А. Лучевая диагностика в амбулаторной практике / М. А. Чибисова, А. Л. Дударев, А. А. Кураскуа. — СПб.: «СПбИС», 2002. — 150 с.
29. Чибисова, М. А. Цифровая и пленочная рентгенография в амбулаторной стоматологии / М. А. Чибисова. — СПб.: «МЕДИ», 2004. — 150 с.
30. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use / Y. Arai [et al.] // *Dentomaxillofac. Radiol.* — 1999. — Vol. 4. — № 28. — P. 245–248.
31. Detection of simulated periodontal bone gain by digital subtraction radiography with tuned aperture computed tomography. The effect of angular disparity / O. Chai-U-Dom [et al.] // *Dentomaxillofac. Radiol.* — 2001. — Vol. 2., № 30. — P. 92–97.
32. Application of high resolution microfocus X-ray CT for the observation of human tooth / T. Hayakawa [et al.] // *Dent. Mater. J.* — 2000. — Vol. 1, № 19. — P. 87–95.
33. Dental magnetic resonance tomography in dental radiology (dental MRI) as a method for imaging maxilla-mandibular tooth retention structures / A. Gahleitner [et al.] // *Rofu Fortschr. Geb. Rontgenstr. Neuen. Dildgeb. Verfahr.* — 1998. — Vol. 4, № 169. — P. 424–428.
34. Воробьев, И. Ю. Рентгенография зубов и челюстей / И. Ю. Воробьев. — М.: «Медицина», 1989. — 176 с.
35. Лемецкая, Т. И. Клинико-рентгенологическая характеристика пародонтита в стадии ремиссии / Т. И. Лемецкая // *Иммунологические реакции организма при стоматологических заболеваниях*. — М., 1985. — С. 15–17.
36. Воробьев, И. Ю. Рентгенография зубов и челюстей / И. Ю. Воробьев. — М.: «Медицина», 1989. — 176 с.

37. Tugnait A, Heasman PA: Radiographs in periodontal assessment. In Selection Criteria for Dental Radiography. 3 edition. London, UK: Faculty of General Dental Practice (UK); Horner K, Eaton KA 2013:75–81.
38. Круглова Н.В., Лукиных Л. М. «Опыт использования компьютерной системы florida probe для диагностики воспалительных заболеваний пародонта» /Современные технологии в медицине; 2012–121с-124с
39. К.А. Петренко «Эффективность использования компьютерной системы florida probe в диагностике воспалительных заболеваний» /Международный журнал гуманитарных и естественных наук; 2018–24–29с.
40. Мягкова Н.В., Закиров Т. В. «Использование современных минимально инвазивных методов лечения в комплексной реабилитации пациентов с агрессивным пародонтитом» /Проблемы стоматологии; 2010 год- 44–48 с.
41. Перова М.Д., Гайворонская Т. В., Карпюк В. Б., Тропина А. В. «Характеристика степени замещения пародонтальных дефектов разной топографии после аутотрансплантации васкуляро-стромальноклеточной фракции липоаспирата» /Кубанский научный медицинский вестник 2013 год 142–147с.
42. Мустакимова Р.Ф., Салеева Г. Т. «Роль функциональных методов исследования в комплексной диагностике заболеваний пародонта» /Практическая медицина 2013 75–77с.
43. Ипполитов Е.В., Диденко Л. В., Царев В. Н. «Особенности морфологии биопленки пародонта при воспалительных заболеваниях десен (хронический катаральный гингивит, хронический пародонтит, кандидо-ассоциированный пародонтит) по данным электронной микроскопии». /Клиническая лабораторная диагностика 2015 год 59–63 с.
44. Дегтярева Ю.В., Кореновский Ю. В., Орешака О. В., Атабаева О. А. «Роль матричных металлопротеиназ в развитии воспалительных заболеваний пародонта». Пародонтология. 2018;23(2):11–14.
45. Жигулина В.В., Румянцев В. А., «Матричные металлопротеиназы при пародонтите» /Вестник ТвГУ. Серия «Химия». 2016. No 3. С. 134–144
46. Кравцова Г. А. Роль лейкоцитарных протеиназ и немикробных факторов в патогенезе воспалительных заболеваний пародонта (обзор литературы) //Acta Biomedica Scientifica. 2010. № 6–1.
47. Зорина О.А., Аймадинова Н. К., Борискина О. А., Шевелев А. Б. «Исследование регуляции экспрессии ФНОα и матричных металлопротеиназ MMP8 и MMP9 в ткани пародонта в норме и при хроническом пародонтите» //Российский стоматологический журнал. 2016. № 3.
48. Джумаев Х.Д., Армедова О. Г., Оразов Г. Э., Чарыева Г. Х., Чарыева О. Б. «Состояние перекисного окисления липидов при хроническом катаральном гингивите у детей школьного возраста» //Молодой ученый. — 2017. — № 43. — С. 69–72.
49. Kinane DF, Preshaw PM, Loos BG: Host-response: understanding the cellular and molecular mechanisms of host-microbial interactionsconsensus of the Seventh European Workshop on Periodontology. J Clin Periodontol 2011, 38 (Suppl 11):44–48.
50. Бутюгин И.А., Волчегорский И. А. «Состояние системы перекисное окисление липидов антиоксидантная защита в смешанной слюне у больных хроническим генерализованным пародонтитом» //Клиническая лабораторная диагностика. 2014. № 2.

© Иванов Петр Владимирович (sto-kafedra@yandex.ru), Зюлькина Лариса Алексеевна,
Удальцова Екатерина Валерьевна (udaltsovakaterina@mail.ru), Герасимова Татьяна Владимировна (26nfybnf86@mail.ru),
Булавина Алиса Александровна (bulavina1a.a@gmail.com).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОРРЕКЦИИ ОСТЕОПЕНИИ ПРЕПАРАТАМИ КАЛЬЦИЯ И ВИТАМИНА D У МУЖЧИН С БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМОЙ

THE EFFECTIVENESS OF CORRECTION OF OSTEOPENIA WITH CALCIUM AND VITAMIN D IN MEN WITH BRONCHIAL ASTHMA

**A. Ivchenkova
F. Sadykov
E. Mutalova**

Summary. The purpose of the study: to evaluate the effectiveness of calcium and vitamin D preparations for prevention of reduction of bone mineral density (BMD) in men with bronchial asthma (BA) in combination with osteopenia.

Results. Before treatment, no differences were found between the two groups besides the level of β -cross laps which was significantly higher in the second group ($p=0.0035$). After 1 year of treatment the level of bone resorption marker (β -cross laps) insignificantly decreased and the level of marker of bone formation (total P1NP) insignificantly increased mainly in the second group, while both groups were no longer statistically significantly different in the level of β -cross laps. In two groups were not observed changes in the level of calcium in the blood and no identified reduction in BMD.

Conclusions. Taking calcium and vitamin D medications and recommendations for expansion calcium intake with food for 12 months are equally effective to prevent a decrease in BMD in men with osteopenia and BA. However, the prescription of calcium and vitamin D in a daily dose equivalent to 1,000 mg of calcium and 800 IU of vitamin D₃, leads to a greater decrease in the level of β -cross laps and therefore may be more effective for long-term prevention.

Keywords: bronchial asthma, osteopenia, calcium and vitamin D, bone mineral density, biochemical markers of bone turnover.

Ивченкова Айгуль Фанировна

Соискатель, ФГБОУ ВО «Башкирский
государственный медицинский университет» МЗ РФ
(г. Уфа)

ajordan1@rambler.ru

Садыков Фанир Абдулхакович

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Башкирский
государственный медицинский университет» МЗ РФ
(г. Уфа)

Муталова Эльвира Газизовна

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Башкирский
государственный медицинский университет» МЗ РФ
(г. Уфа)

Аннотация. Цель исследования: оценить эффективность препаратов кальция и витамина D для предупреждения уменьшения минеральной плотности костной ткани (МПКТ) у мужчин с бронхиальной астмой (БА) в сочетании с остеопенией.

Результаты. До лечения пациенты обеих групп не отличались ни по каким показателям, кроме уровня β -cross laps, который был статистически значимо выше во второй группе ($p=0,0035$). Через 1 год наблюдалось статистически незначимое снижение уровня маркера костной резорбции (β -cross laps), а также статистически незначимое повышение уровня маркера формирования костной ткани (total P1NP) преимущественно во второй группе, при этом обе группы перестали статистически значимо отличаться по уровню β -cross laps. В двух группах не наблюдалось изменений в уровне кальция в крови и не было выявлено снижения МПКТ.

Выводы. Приём препаратов кальция и витамина D и рекомендации по расширению потребления кальция с продуктами питания в течение 12 месяцев одинаково эффективны для предупреждения снижения МПКТ у мужчин с остеопенией и БА. Однако приём препаратов кальция и витамина D в суточной дозе, эквивалентной 1000 мг кальция и 800 МЕ витамина D₃, приводит к большему понижению уровня β -cross laps и, следовательно, может быть более эффективным для долгосрочной профилактики.

Ключевые слова: бронхиальная астма, остеопения, препараты кальция и витамина D, минеральная плотность костной ткани, биохимические маркеры костного метаболизма.

Бронхиальная астма (БА) относится к наиболее распространённым заболеваниям, встречается от 3 до 19% взрослого населения Российской Федерации (РФ). Данные статистики свидетельствуют об увеличении заболеваемости, инвалидности и смертности от БА во всем мире [5,8]. Во многих исследованиях доказано, что БА уменьшает среднюю продолжительность жизни у мужчин на 7,7 лет и у женщин на 14,6 лет, является причиной инвалидности в 1,6% случаев и 1,5% всех госпитализации [1].

Развитие остеопороза (ОП) при БА является одним из наиболее типичных и тяжелых осложнений стероидной терапии. Признав роль глюкокортикостероидов в развитии остеопении, авторы тем не менее приводили противоречивые данные о частоте встречаемости как собственно метаболического нарушения, так и выраженности его проявления — остеопении или ОП. Так, частота возникновения ОП колебалась от 4 до 50%, а частота остеопении — от 31,7 до 67% [2,3,9]. Согласно исследованиям через 12 месяцев после дебюта БА относительный риск переломов увеличивается в 1,5 раза [2,9]. Частота низкой минеральной плотности костной ткани (МПКТ) возрастает с 11% при лёгком персистирующем течении БА до 53,5% при среднетяжелом [3].

Остеопоротические переломы бедра наблюдаются у 30% мужчин, а наиболее близкие и отдаленные исходы тяжелее, чем у лиц слабого пола [6,12]. Стоит отметить, стационарная и амбулаторная (на протяжении года) летальность после переломов бедра у представителей сильного пола в два раза выше, чем у лиц слабого пола, и составляет 40% и 20% соответственно. Кроме этого, 50% мужчин с ОП, перенесших переломы бедра, чаще инвалидизируются и нуждаются в повседневной помощи медицинских и социальных работников. Заболеваемость и преждевременная смертность лиц сильного пола в РФ выше, чем в Европе [7]. Рост продолжительности жизни человека приводит к тому, что исследования по выявлению факторов риска и профилактике ОП становятся более актуальными.

Цель исследования: проспективная оценка и сравнительный анализ эффективности расширения содержания кальция в суточном рационе питания до 1000 мг и препаратов кальция и витамина D в дозе, эквивалентной 1000 мг кальция и 800 МЕ витамина D3 в сутки, для профилактики остеопороза у мужчин с остеопенией и бронхиальной астмой.

Материалы и методы

Данное исследование проводилось в 2016–2017 годах. 20 мужчин 60 ± 5,5 лет с БА и остеопенией (–1,5...–2,5 по T-score) рандомизированно разделили на две группы:

- ◆ первая группа — 11 человек, получивших рекомендации по расширению содержания кальция в ежедневном рационе питания до 1000 мг; всем пациентам дали список продуктов, которые наиболее богаты кальцием, с указанием содержания общего холестерина и калорийности на 100 г продукта (приложение 1). Список продуктов составлен по материалам справочника «Химический состав российских пищевых продуктов» [10];
- ◆ вторая группа — 9 человек, принимавших препараты кальция и витамина D в суточной дозе, эквивалентной 1000 мг кальция и 800 МЕ витамина D3 на протяжении 12 месяцев.

Всем пациентам даны были рекомендации по повышению физической активности в зависимости от их социального статуса (увеличение продолжительности ходьбы на 500–1000 м в день, упражнения с утяжелителями не более 2 кг).

Диагноз БА, уровень контроля и степень её тяжести верифицировались согласно современным рекомендациям (GINA, 2017) [11]. Все пациенты с БА получали базисную терапию в соответствии с рекомендациями GINA, 2017 [11]. Критерии исключения из исследования: гиперпаратиреоз; синдром мальабсорбции; онкологические заболевания; болезнь Педжета; почечные остеодистрофии; остеомалация; некомпенсированные гипо- и гипертиреоз; сахарный диабет I типа; выраженные нарушения функции печени; гиперкальциемия; гиперкальциурия; мочекаменная болезнь; тяжелая почечная недостаточность; активный туберкулёз; саркоидоз; гиперчувствительность к компонентам препаратов кальция и витамина D; терапия препаратами, влияющими на костный или минеральный обмен (кальцитонин, бисфосфонаты, фториды, препараты паратиреоидного гормона, антикоагулянты, противосудорожные (кроме бензодиазепинов), высокие дозы (больше 50 тыс. МЕ в неделю) витамина D), за полгода до включения в исследование. Клиническая характеристика пациентов показана в таблице 1.

Клинические и лабораторные обследования были проведены до лечения и после 12 месяцев терапии. Оценивались показатели кальций-фосфорного обмена: ионизированный кальций (Ca²⁺) — колориметрическим фотометрическим методом Арсеназо-111, неорганический фосфор — колориметрическим методом с молибдатом аммония в УФ-диапазоне на анализаторе «AU480» (Beckman coulter, США) и общая щелочная фосфатаза (ОЩФ) — на автоматическом биохимическом анализаторе Hitachi 912 (Япония) с помощью диагностических наборов фирмы «F. Hoffman-La Roche» (Франция). С целью диагностики костного метаболизма использовались биохимические маркёры: β-cross laps (продукт деграда-

Таблица 1. Характеристики пациентов с остеопенией на момент включения в исследование

Показатель		1** (рекомендации по диете)	2** (препараты кальция и витамина D в суточной дозе, эквивалентной 1000 мг кальция и 800 МЕ витамина D3)	p (различия достоверны при p<0,05)
Количество пациентов	n (%)	11 (55%)	9 (45%)	
Средний возраст	годы	61,1±4,4	58,3±5,2	0,854
Средняя длительность БА	годы	14,2±5,3	10,4±5,1	0,789
Аллергическая форма БА	n (%)	1 (5%)	2 (10%)	
Неаллергическая форма БА	n (%)	4 (20%)	3 (15%)	
Смешанная форма БА	n (%)	6 (30%)	4 (20%)	
Контролируемая БА	n (%)	4 (20%)	3 (15%)	
Частично контролируемая БА	n (%)	4 (20%)	5 (25%)	
Неконтролируемая БА	n (%)	3 (15%)	1 (5%)	
Легкая персистирующая БА	n (%)	4 (20%)	4 (20%)	
БА средней тяжести	n (%)	5 (25%)	4 (20%)	
Тяжелая БА	n (%)	2 (10%)	1 (5%)	
Индекс Кетле	кг/м ²	30,3±1,7	27,5±2,6	0,811
Среднее содержание кальция в продуктах питания за сутки	г*	665,2±110,1	750,3±48,5	0,789

* Потребление кальция с продуктами питания за сутки считалось как содержание кальция в молочных продуктах+350 г.

** 1 — первая группа — пациенты, получившие до 1000 мг кальция за сутки с продуктами питания; 2 — вторая группа — пациенты, принимавшие препараты кальция и витамина D в дозе, эквивалентной 1000 мг кальция и 800 МЕ витамина D3 за сутки.

ции коллагена 1 типа) — параметр, характеризующий степень резорбции костной ткани и total P1NP (N-терминальный пропептид проколлагена 1 типа) — маркер формирования костного матрикса, которые исследовали иммуноэлектрохемиллюминесцентным методом на автоматическом анализаторе Elecsys 2010 с помощью диагностических наборов фирмы «F. Hoffman-La Roche» (Франция).

У всех пациентов с БА и остеопенией определяли МПКТ поясничного отдела позвоночника (ПОП) (L I–IV) и шейки бедра (ШБ) двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрией на аппарате Delphi W, Hologic (США).

На всех обследованных пациентов были заполнены специально созданные тематические карты, данные занесены в электронную базу с последующей статистической обработкой с применением программных продуктов Microsoft Excel и Statistica 12.6. Показатели даны были в виде значений средних арифметических (M) и величин стандартных ошибок средних арифметических (m). Для установления достоверности различий между сравнива-

емыми группами использовался критерий Стьюдента (t), согласно которому различия считались достоверными, если уровень значимости (p) < 0,05.

Результаты

Пациенты в обеих группах статистически значимо не различались по возрасту, росту (p=0,62), весу (p=0,47), индексу Кетле и длительности БА как до лечения, так и после года терапии (таблица 1).

В течение года лечения пациенты первой группы стали потреблять больше кальция с продуктами питания (1000 ± 190 мг, p=0,003 по сравнению с исходным уровнем).

Первоначально не было выявлено статистически значимых различий между группами в показателях фосфорно-кальциевого обмена и ОЩФ. Но при анализе динамики показателей за 12 месяцев наблюдения у пациентов, получавших 1000 мг кальция и 800 МЕ витамина D3, было обнаружено повышение уровня неорганического

Таблица 2. Динамика лабораторных показателей за 12 месяцев терапии

Показатели (норма)	Группа терапии		Группа терапии		Достоверность различий за год		Достоверность различий между (1) и (2) группами	
	(1) 2016г	(1) 2017г	(2) 2016г	(2) 2017г	в (1) гр	во (2) гр	за 2016г	за 2017г
Ca ²⁺ (1,03–1,29 ммоль/л)	1,09±0,05	1,07±0,065	1,095±0,025	1,1±0,065	0,72	0,34	0,88	0,6
Неорганический фосфор (0,87–1,45 ммоль/л)	1,03±0,08	1,1±0,05	1,04±0,13	1,2±0,075	0,27	0,025	0,6	0,1
ОЩФ (0–270 ед/л)	219±31	189±45	198±18,5	182±8,5	0,48	0,01	0,82	0,88
β-cross laps (0,01–0,6 нг/мл)	0,35±0,04	0,3±0,02	0,61±0,03	0,5±0,01	0,23	0,18	0,004	0,25
total P1NP (16,3–73,9 нг/мл)	44,8±0,02	46,7±0,04	45,1±0,01	47,±0,03	0,23	0,22	0,033	0,32

Таблица 3. Динамика минеральной плотности костной ткани за год лечения

Отдел скелета	Группа лечения		Группа лечения		Изменение МПКТ,%		Достоверность различий между (1) и (2) группами	
	(1) 2016г	(1) 2017г	(2) 2016г	(2) 2017г	в (1) гр	во (2) гр	за 2016г	за 2017г
ПОП, г/см ²	1,110±0,132	1,141±0,137	1,060±0,094	1,069±0,092	-0,5	0,6	0,53	0,559
ШБ, г/см ²	0,907±0,056	0,907±0,053	0,961±0,051	0,973±0,081	-0,2	0,8	0,29	0,689

фосфора (p=0,03) и снижение ОЩФ (p=0,01). Содержание Ca²⁺ в сыворотке крови не изменилось за 12 месяцев терапии в обеих группах пациентов (таблица 2).

На этапе включения в исследование уровень β-cross laps был статистически значимо больше у пациентов второй группы по сравнению с первой (p=0,0035). После года терапии не было обнаружено статистически значимого изменения уровней маркёров костного метаболизма, но уменьшение β-cross laps во второй группе было достаточным для исчезновения значимых различий между первой и второй группами (p=0,25). Так, на фоне увеличения содержания кальция в рационе питания наблюдалось понижение уровня маркёра костной резорбции (β-cross laps) в первой группе на 14% (p=0,23), а во второй группе также статистически незначимо, но на 23,7% (p=0,18). Уровень маркёра формирования костной ткани (total P1NP) вырос на 7,5% (p=0,23) в первой группе, а у пациентов второй группы также статистически незначимо, но на 7,6% (p=0,22) (таблица 2).

За год наблюдения не было отмечено значимого понижения МПКТ в исследованных отделах скелета в обеих группах пациентов, но наблюдалась некоторая тенденция к увеличению МПКТ во второй группе (таблица 3).

Обсуждение

Низкоэнергетические переломы при ОП развиваются в результате как качественных, так и количественных нарушений кортикальных и трабекулярных костей [13].

МПКТ можно легко и безболезненно измерить при помощи двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии [12], но более доступной неинвазивной оценкой костного обмена в настоящее время является определение маркёров костного метаболизма [4]. Эффективность используемых на сегодняшний день маркёров костного метаболизма оценивали при сравнении их уровней с результатами прямой оценки синтеза и резорбции костной ткани, выполняемых при гистоморфометрии гребня подвздошной кости. Полученные выводы позволили судить об адекватности современных маркёров для оценки скорости ремоделирования костной ткани [4]. Кроме того, несколько крупных проспективных исследований продемонстрировали то, что увеличение маркёров костной резорбции ассоциируется с повышенным риском вертебральных и экстравертебральных переломов, в том числе и независимо от уровня МПКТ [12,13,14]. Таким образом, полученное в нашей работе даже статистически незначимое понижение уровня β-cross laps можно рассматривать как благоприятное влияние препаратов кальция на метаболизм костной ткани у мужчин с БА. Но особенно интересно то, что, хотя исходно уровень был значимо выше во второй группе пациентов, после года терапии он не отличался от группы, получившей рекомендации по питанию. Кроме того, во второй группе статистически значимо уменьшился уровень ОЩФ. Таким образом, приём препаратов кальция (1000 мг) и витамина Д (800 МЕ) способствовал понижению уровня маркёра костной резорбции (β-cross laps), и возможно, перспективнее для профилактики ОП на более длительный срок.

Наименование продукта	Содержание кальция в мг на 100 г продукта	Содержание холестерина в мг на 100 г продукта	Калорийность (ккал на 100 г продукта)
Молочные продукты			
Молоко пастеризованное 1%	126	0	32
Молоко стерилизованное 3,2%	121	9	60
Кефир 1,0%	120	3	40
Кефир 3,2%	120	9	59
Творог нежирный	120	2	110
Творог 9%	164	27	169
Творог 18%	150	60	236
Молоко сгущённое с сахаром нежирное	317	0	259
Молоко сгущённое с сахаром 8,5% жирности	365	30	328
Йогурт 1,5% жирности	124	5	57
Йогурт 3,2%	122	9	68
Сливки пастеризованные 20% жирности	86	80	207
Сметана 20% жирности	84	130	293
Сыр Пошехонский	1000	80	344
Сыр Голландский	1000	80	350
Сыр Российский	880	88	364
Сыр Прибалтийский	1080	27	207
Брынза (овечье молоко)	780	75	260
Сулгуни	650	61	286
Пломбир	159	44	232
Яйцепродукты			
Яйцо целое куриное	55	570	157
Рыба			
Шпроты в масле (консервы)	300	72	363
Горбуша в томатном соусе (консервы)	340	50	130
Горбуша солёная	40	83	169

Выводы

1. Как увеличение в рационе питания продуктов, богатых кальцием, так и приём препаратов кальция (1000 мг) и витамина Д (800 МЕ) одинаково эффективны для профилактики понижения МПКТ в исследованных отделах скелета на протяжении 12 месяцев наблюдения у мужчин с БА.
2. Приём препаратов кальция (1000 мг) и витамина Д (800 МЕ) также обеспечивает небольшой антирезорбтивный эффект, который может иметь более благоприятный результат при долгосрочной профилактике.

3. Увеличение в рационе питания кальция до 1000 мг в сутки не повышает содержание кальция в крови у мужчин с БА.

Приложение 1

Состав продуктов основан на следующем: Химический состав российских пищевых продуктов / Под редакцией член-корр. МАИ проф. И. М. Скурихина и академика проф. В. А. Тутельяна; Институт питания РАМН; Одобрено учёным советом ГУ НИИ питания РАМН и межведомственным научным советом по медицинским проблемам питания [10] (таблица 3).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бродская, О. Н. Гормоны в лечении бронхиальной астмы: мифы и реальность / О. Н. Бродская // Астма и аллергия. — 2016. — № 3. — С. 13–14.
2. Головач, И. Ю. Глюкокортикоид-индуцированный остеопороз: исторические аспекты и современные подходы к профилактике и лечению / И. Ю. Головач // Фарматека. — 2015. — № 4–15. — С. 50–55.
3. Горягина, М. А. Остеопороз, как следствие лечения ингаляционными кортикостероидами / М. А. Горягина // Медицина. — 2017. — Т. 2, № 3. — С. 15–16.
4. Клинические рекомендации по профилактике и ведению больных с остеопорозом. Издание 2-е, дополненное / под редакцией проф. О. М. Лесняк; коллектив авторов Алексева Л. И. [и др.]; Российская ассоциация по остеопорозу. — Ярославль: ИПК «Литера», 2016. — 24 с.
5. Остеопороз у больных бронхообструктивной патологией / И. Е. Жила [и др.] // Фарматека. — 2015. — № 4–15 — С. 46–49.
6. Остеопороз у мужчин: актуальность проблемы / Ю. В. Полякова [и др.] // Успехи геронтологии. — 2015. — Т. 28, № 1. — С. 77–79.
7. Пашенцева, А. В. Остеопороз у мужчин / А. В. Пашенцева, А. Ф. Вербовой // Фарматека. — 2016. — № 16 (329). — С. 17–22.
8. Платицына, Н. Г. Клинико-функциональные особенности остеопороза у больных хроническими неинфекционными заболеваниями / Н. Г. Платицына, М. В. Болотнова // Университетская медицина Урала. — 2015. — № 2–3. — С. 51–53.
9. Платицына, Н. Г. Структура и частота встречаемости остеопенического синдрома у пациентов с хроническими неинфекционными заболеваниями (бронхообструктивной и сердечно-сосудистой патологией) / Н. Г. Платицына, М. В. Болотнова // Остеопороз и остеопатии. — 2016. — № 2. — С. 75.
10. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. член-корр. МАИ, проф. И. М. Скурихина и академика РАМН, проф. В. А. Тутельяна. — М.: ДеЛи Принт, 2002. — 236 с.
11. Global Initiative for Asthma (GINA). Updated 2017 // <http://ginasthma.org>
12. Osteoporotic vertebral fractures as part of systemic disease / L. Oei [et al.] // Journal of clinical densitometry. — 2016. — Vol. 19, № 1. — P. 70–80.
13. Trabecular bone score in patients with chronic glucocorticoid therapy-induced osteoporosis treated with alendronate or teriparatide / K. G. Saag [et al.] // Arthritis and rheumatology. — 2016. — Vol. 68, № 9. — P. 2122–2128.
14. Whittier, X. Glucocorticoid-induced osteoporosis / X. Whittier, K. G. Saag // Rheumatic disease clinics of North America. — 2016. — Vol. 42, № 1. — P. 177–189.

© Ивченкова Айгуль Фанировна (ajordan1@rambler.ru),

Садыков Фанир Абдулхакович, Муталова Эльвира Газизовна.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Уфа

ИЗУЧЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ, ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕЧЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА ОПТИМИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНОГО ЛЕЧЕНИЯ ОДОНТОГЕННОГО ВЕРХНЕЧЕЛЮСТНОГО СИНУСИТА

A STUDY OF THE PREVALENCE, PECULIARITIES AND EFFICIENCY OF OPTIMIZATION METHOD OF COMPLEX TREATMENT OF ODONTOGENIC MAXILLARY SINUSITIS

**L. Latyushina
L. Malysheva
A. Piotrovich
Yu. Pavlienko
N. Shirshova**

Summary. The purpose of the study. To investigate the prevalence, characteristics of clinical course of chronic odontogenic maxillary sinusitis depending on the duration of the disease and evaluation of the efficiency of optimization method of complex treatment of patients with this pathology.

Materials and methods. For the period from 2011 to 2019 the study includes several stages: definition of the frequency of occurrence of odontogenic maxillary sinusitis in the absence of clinical symptoms by retrospective analysis of 100 computer tomograms of patients; a prospective survey of 34 patients with an established diagnosis J 32.0, with different duration of the disease; a randomized, short-term, prospective, simple blind, placebo-controlled study to assess the effectiveness of topical immunotherapy in combination with gentle variant of maxillary sinusotomy in 44 patients.

Result. The first stage of the research revealed 88% of patients changes in the maxillary sinus, while 84,1% was detected radiological signs of odontogenic etiology of violations. Clinical and microbiological signs of a long-lasting inflammation were revealed in the examined patients with chronic odontogenic maxillary sinusitis with a protracted and continuous course during and by the end of treatment, leading in some cases to an unfavorable outcome of the disease. A positive effect of cycloferon in combination with a sparing maxillary sinusotomy on the clinical course, microbiological and immunological parameters of the postoperative period of chronic odontogenic maxillary sinusitis in patients with a disease period of up to 2 months was revealed.

Латюшина Лариса Сергеевна

Д.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский
государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации,
г. Челябинск
latyushinal@mail.ru

Малышева Людмила Юрьевна

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский
государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации,
г. Челябинск
malu_doc@mail.ru

Пиотрович Альбина Викторовна

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский
государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации,
г. Челябинск
pialvik@mail.ru

Павлиенко Юлия Викторовна

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский
государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации,
г. Челябинск
pavlienko74@mail.ru

Ширшова Наталья Евгеньевна

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский
государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации,
г. Челябинск
shirshova74@yandex.ru

Аннотация. Цель исследования. Изучить распространенность, особенности клинического течения хронического одонтогенного верхнечелюстного синусита в зависимости от срока заболевания и оценить эффективности метода оптимизации комплексного лечения пациентов с данной патологией.

Материалы и методы. За период с 2011 по 2019 г.г. проведено исследование, включающее несколько этапов: определение частоты встречаемости одонтогенного верхнечелюстного синусита при отсутствии клинической симптоматики путем ретроспективного анализа 100 компьютерных томограмм пациентов; проспективное обследование 34 пациентов с установленным диагнозом J 32.0, с различным сроком заболевания; рандомизированное, краткосрочное, проспективное, простое, «слепое», плацебо-контролируемое исследование по оценке эффективности топической иммунотерапии в комбинации с щадящим вариантом верхнечелюстной синусотомии у 44 пациентов.

Conclusion. The study allowed us to draw conclusions about the high prevalence of chronic odontogenic maxillary sinusitis, which occurs without clinical symptoms. In all examined patients with chronic odontogenic maxillary sinusitis, the prolonged course of the inflammatory process and adverse outcomes of complex treatment (9.5%), more pronounced when the disease lasted more than 2 months, were determined. Topical immunotherapy with cycloferon in combination with sparing maxillary sinusotomy in patients with a protracted course of chronic odontogenic maxillary sinusitis contributes to a favorable course and outcome of the disease, reduces the number of postoperative complications. A gentle operation technique helps to reduce the rehabilitation period, and a locally administered immunopreparation through the cytokine network activates the effector potential of cells of the inflammatory focus and helps to reduce its total seeding.

Keywords: chronic odontogenic maxillary sinusitis, topical immunotherapy, cycloferon.

Верхнечелюстной синусит — одно из наиболее распространенных заболеваний человека, далеко не полностью учитываемое медицинской статистикой. При изучении заболеваемости синуситами, ряд авторов пришли к выводу, что удельный вес больных, госпитализированных по поводу болезней околоносовых пазух, составляет примерно 2/3 от общего количества пациентов специализированных стационаров [4,5]. Количество пациентов с хроническим одонтогенным верхнечелюстным синуситом (ХОВЧС) ежегодно увеличивается и в ряде научных работ этот факт связывают со значительным ростом числа оперативных вмешательств, по установке дентальных имплантатов на верхней челюсти (установка имплантатов, синус-лифтинг, различные варианты костной пластики). Ряд авторов регистрируют учащение случаев неверной маршрутизации пациентов — больные зачастую обращаются к оториноларингологу и лечатся в ЛОР-стационарах [4,7,8].

По-прежнему остается нерешенным вопрос о частоте встречаемости одонтогенных синуситов — по литературным данным на его долю приходится от 12 до 50%

Результат. Первый этап исследования позволил выявить у 88% пациентов изменения в верхнечелюстном синусе, при этом у 84,1% были обнаружены рентгенологические признаки одонтогенной этиологии выявленных нарушений. У обследуемых пациентов с хроническим одонтогенным верхнечелюстным синуситом (ХОВЧС) при затяжном и континуальном течении в процессе и к концу лечения были выявлены клинико-микробиологические признаки длительно сохраняющегося воспаления, приводящее в ряде случаев к неблагоприятному исходу болезни. Выявлено положительное влияние циклоферона в комплексе с щадящей верхнечелюстной синусотомией на клиническое течение, микробиологические и иммунологические показатели послеоперационного периода ХОВЧС у пациентов со сроком болезни до 2-х месяцев.

Заключение. Проведенное исследование позволило сделать выводы о большой распространенности хронического одонтогенного верхнечелюстного синусита, протекающего без клинической симптоматики. У всех обследуемых пациентов с ХОВЧС определялось затяжное течение воспалительного процесса и неблагоприятные исходы комплексного лечения (9,5%), более выраженные при сроках болезни более 2-х месяцев. Топическая иммунотерапия циклофероном в сочетании с щадящей верхнечелюстной синусотомией у пациентов с затяжным течением ХОВЧС способствует благоприятному течению и исходу заболевания, снижает число послеоперационных осложнений. Щадящая методика операции способствует сокращению реабилитационного периода, а локально введенный иммунопрепарат через цитокиновую сеть активизирует эффекторный потенциал клеток воспалительного очага и способствует снижению его общей обсемененности.

Ключевые слова: хронический одонтогенный верхнечелюстной синусит, топическая иммунотерапия, циклоферон.

случаев от общего числа пациентов с воспалением верхнечелюстного синуса. По мнению некоторых исследователей, подобный разброс относительных значений обусловлен не истинным соотношением одонтогенных и риногенных гайморитов, а особенностями обследования больных, также ростом числа пациентов со «стертой» клинической симптоматикой. Недостаточная осведомленность врачей в смежных вопросах стоматологии и оториноларингологии нередко приводит к диагностическим ошибкам, что, в свою очередь, ведет к стандартному подходу в выборе метода лечения, в том числе, к неоправданному расширению показаний к радикальному хирургическому лечению. При этом, статистические данные демонстрируют, что основное число пациентов с одонтогенными синуситами составляют люди трудоспособного возраста, что, несомненно, подчеркивает социально-экономическую составляющую этой проблемы [4,7,8].

Известно, что одонтогенное воспаление верхнечелюстного синуса имеет значительное отличие от риногенного — наличие соустья между полостью рта и верхнечелюстным синусом, что приводит к постоянной

контаминации пазухи оральной микрофлорой и, в свою очередь, влияет на параметры мукозального иммунитета синуса и полости рта, прежде всего, создавая неблагоприятные условия для оперативного лечения и процессов заживления послеоперационной раны. Неоспоримым является тот факт, что ведущим методом лечения ХОВЧС с оро-антральным сообщением (свищом) является хирургический, ведь соустье всегда требует пластического закрытия. Этому посвящено множество работ, в которых предлагаются различные методики закрытия оро-антральных сообщений, однако процент осложнений не снижается [1,2,5,7,8].

Цель исследования

Изучение распространенности, особенностей клинического течения хронического одонтогенного верхнечелюстного синусита в зависимости от срока заболевания и оценка эффективности метода оптимизации комплексного лечения пациентов с данной патологией.

Материалы и методы

На клинических базах кафедры хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии ФГБОУ ВО ЮУГМУ Минздрава России было за период с 2011 по 2019 г.г. проведено исследование, включающее несколько этапов: определение частоты встречаемости одонтогенного верхнечелюстного синусита при отсутствии клинической симптоматики путем ретроспективного анализа компьютерных томограмм пациентов; проспективное обследование 34 пациентов с установленным диагнозом J 32.0, с различным сроком заболевания; рандомизированное, краткосрочное, проспективное, простое, «слепое», плацебо-контролируемое исследование по оценке эффективности топической иммунотерапии в комбинации с щадящим вариантом верхнечелюстной синусотомии у 44 пациентов.

Ретроспективный фрагмент работы проводили по данным 100 компьютерных томограмм (конусно-лучевой томограф ORTHOPHOS SL 3D с программным обеспечением SDEXIS4, Dentsply Sirona) пациентов, обратившихся с целью профилактического осмотра, не предъявляющих активных жалоб со стороны стоматологического статуса и верхнечелюстных синусов. Оценивали: состояние слизистой оболочки синуса; наличие инородного тела по плотности, соответствующего пломбирочному материалу или имплантату в полости синуса; признаки хронического периодонтита премоляров и моляров верхней челюсти, наличие радикулярных кист верхней челюсти; целостность нижней костной стенки верхнечелюстных синусов в области верхушек корней зубов с признаками хронической одонтогенной инфекции, отсутствие костной стенки

в проекции удаленных зубов; состояние носовых раковин и остиомаеального комплекса [6]. При оценке последнего особое внимание уделялось естественному соустью верхнечелюстной пазухи, поскольку его проходимость обеспечивает физиологическую аэрацию верхнечелюстного синуса, в то время как блокирование данного анатомического образования требует его искусственного расширения или наложения дополнительного соустья в носовом ходе во время синусотомии [1,2,5,7,8].

Проспективное обследование проводилось у 34 пациентов с установленным диагнозом ХОВЧС, оро-антральное сообщение (свищ) (средний возраст- 34 [28; 52,75] года; 23 женщины (56%) и 11 мужчин (44%), получавших одинаковый по объему и характеру комплекс базисных лечебных мероприятий: плановое оперативное вмешательство — гайморотомия, с пластическим закрытием оро-антрального сообщения и общепринятое медикаментозное лечение. У 20 (53%) пациентов продолжительность заболевания была менее 2-х месяцев (затяжное течение); у 14 (47%) — от 2-х месяцев и более (континуальное течение). Изучали: клинические данные пациентов — жалобы, анамнез заболевания и жизни; одонтогенный источник инфицирования; стоматологический статус; клиническое течение послеоперационного периода и число осложнений; степень общей обсемененности верхнечелюстного синуса (КОЕ/мл в виде логарифма числа микробов, материал собирали со стенок пазухи во время оперативного лечения и на 10-е сутки в области соустья в нижнем носовом ходе (при радикальной синусотомии) или в зоне среднего носового хода, при щадящем варианте оперативного вмешательства) [1,2,5,7,8].

На третьем этапе проводилось изучение эффективности местного применения меглумина акридоната — циклоферона (регистрационный номер № 001049/01–2002, НТФФ «Полисан», СПб.) в сочетании с щадящей верхнечелюстной синусотомией (без формирования соустья с нижним носовым ходом, при удовлетворительной оценке остео-маеального комплекса). Были сформированы две группы пациентов с ХОВЧС со сроком заболевания до 2-х месяцев: группа сравнения, с традиционным комплексом лечебных мероприятий (n=20; средний возраст 34 [28; 53] года; мужчин — 7 (35%); женщин — 13 (65%) и основная группа, пациентам которой во время оперативного вмешательства и раннем послеоперационном периоде проводилась топическая иммунотерапия циклофероном по разработанной схеме [3] (n=24; средний возраст 33 [29; 52,5] года; мужчин — 6 (25%); женщин — 18 (75%)). Больные обеих групп соответствовали критериям включения и исключения, были сопоставимы по возрастному и гендерному признакам. Оценку эффективности осуществляли на основании

Таблица 1. Уровень цитокинов (пкг/мл) отделяемого верхнечелюстного синуса у пациентов с ХОВЧС, Med

Группы пациентов	Срок исследования	ИФ -α	ИФ -γ
1) Основная группа (n= 20)	2 сутки	7,98 [6,41; 11,0]*	0,02 [0,005; 0,087] *
	6 сутки	16,7 [10,85;28,17] ¥^	0,18 [0,002; 0,105] ¥^
	12 сутки	12,35 [9,78;13,67] *¥^	0,09 [0,016; 0,19] *¥^^
2) Группа сравнения (n=24)	2 сутки	8,3 [6,52; 10,3]*	0,02 [0,003;0,09] *
	6 сутки	9,9 [8,35; 12,14] *	0,009 [0,002;0,105] *
	12 сутки	10,95 [8,99;12,74] *	0,02 [0,006; 0,09] *
3) Контроль (n= 14)		18,4 [15,9; 30,2]	0,2 [0,03; 0,29]

Примечание — статистическая значимость $p \leq 0,05$ различий по критериям Вилкоксона и Манна-Уитни. * — статистическая значимость различий пациентов с группой контроля; ¥ — статистическая значимость различий между основной и группой сравнения (сроки лечения соответствуют); ^ — статистическая значимость различий на 2-е и 6-е сутки лечения; ^^ — статистическая значимость различий на 2-е и 12-е сутки лечения.

клинических показателей течения послеоперационного периода, дополняя их микробиологическими и иммунологическими показателями содержимого пазухи (2, 6 и 10–12 сутки послеоперационного периода, уровни ИФ-α; ИФ-γ определяли ИФА, тест системы ООО «Цитокин», СПб). В контрольной группе было 14 добровольцев без соматической и стоматологической патологии, давших согласие на забор биологического материала, сопоставимых с больными по гендерным и возрастным признакам.

Статистическую обработку проводили при помощи пакета прикладных программ «Biostat» и «STATISTICA 6.0», используя критерии χ^2 , Уилкоксона, Манна-Уитни (при $p \leq 0,05$).

Результаты исследования

Первый этап исследования позволил выявить у 88 (88%) пациентов изменения в верхнечелюстном синусе, при этом у 74 обследуемых (84,1%) были обнаружены рентгенологические признаки одонтогенной этиологии выявленных нарушений: хронический периодонтит зубов, корни которых выступают в полость или прилегают к нижней стенке верхнечелюстного синуса с нарушением ее целостности — 58 человек (78,3%); радикуляр-

ная киста верхней челюсти — 2 (2,7%); инородное тело верхнечелюстной пазухи (пломбирочный материал, имплантат, корень зуба) — 12 (16,3%); дефект дна верхнечелюстной пазухи в позиции ранее удаленного зуба — 2 (2,7%). У 65 человек (87,8%) с рентгенологическими признаками одонтогенного верхнечелюстного синусита явных повреждений остиомеатального комплекса не выявлено, в то время как у 9 обследуемых (12,2%) была обнаружена непроходимость естественного соустья верхнечелюстного синуса.

В процессе проспективного исследования было определено, что одонтогенной причиной ХОВЧС чаще всего являлись хронические очаги одонтогенной инфекции зубов 1.6; 2.6–55,1% от общего числа случаев, затем по убыванию 1.7; 2.7–20,8%, 1.8; 2.8–13,8%, 1.4; 2.4–6,9%, 1.5; 2.5–3,4%. Разницы в поражении правой и левой верхнечелюстной пазухи не отмечалось. Показатели общей обсемененности у пациентов обеих групп имели статистически значимые различия ($p < 0,05$) исходно и в динамике лечения: у больных с длительностью ХОВЧС до 2-х месяцев исходные показатели были — 4 [3; 5] КОЕ/мл, а в группе пациентов с континуальным — 5,5 [4,5; 6] КОЕ/мл; на 10-е сутки послеоперационного периода соответственно 1,5 [1;2,5] КОЕ/мл и 2 [1,5;2] КОЕ/мл.

Клиническое течение раннего послеоперационного периода наиболее неблагоприятно протекало у пациентов с ХОВЧС со сроком заболевания более 2-х месяцев — в среднем до 7 [6; 7] суток ($p \leq 0,05$ между группами) у данной категории больных регистрировались гиперемия и отек слизистой оболочки в области краев раны, болевой синдром (с затяжным течением — до 5 [5; 6] суток). Тем не менее, в обеих группах пациентов в среднем на 5 [4; 5] сутки послеоперационного периода было зарегистрировано расхождение швов в области постоперационной раны с рецидивом оро-антрального сообщения: у 1 пациента с затяжным течением (2%) и 3-х пациентов (6,1%) с континуальным течением, в целом, количество осложнений составило 9,5%. Таким образом, у всех обследуемых пациентов с ХОВЧС, вне зависимости от срока давности болезни, в процессе и к концу лечения были выявлены клинико-микробиологические признаки длительно сохраняющегося воспаления, приводящее в ряде случаев к неблагоприятному исходу болезни. Исходя из вышеуказанного, у пациентов с ХОВЧС были выявлены показания к местной иммуностропной терапии, прежде всего нацеленной на повышение эффективности механизмов врожденного иммунитета локального очага воспалительной реакции.

В процессе третьего этапа исследования было выявлено положительное влияние циклоферона в комплексе с щадящим вариантом верхнечелюстной синусотомии на клиническое течение послеоперационного периода ХОВЧС у пациентов со сроком болезни до 2-х месяцев. У больных, которым проводилась локальная иммунотерапия, в более ранние сроки послеоперационного периода купировались признаки воспаления, в частности, наблюдалось исчезновение отека мягких тканей лица (сутки) — 3 [2; 3], при 5 [3; 5] в группе сравнения, ($p < 0,05$ между группами); гиперемии и отека слизистой оболочки в области краев раны. В группе пациентов, получавших циклоферон, побочных реакций, гнойно-воспалительных осложнений выявлено не было — на 10–12 сутки раны заживали первичным натяжением. Обратило на себя внимание раннее купирование болевого синдрома у пациентов основной группы. Стоит отметить, что у 1 пациента (5%) группы сравнения было зарегистрировано осложнения в послеоперационном периоде

заболевания. Топическая иммунокоррекция индуктором интерферона способствовала полной деконтаминации у больных с затяжным течением хронического синусита (1-е сутки — 4 [3,5; 5] КОЕ/мл; 10-е сутки — 0, $p \leq 0,05$ с исходными данными). Под действием циклоферона в основной группе наблюдалось значительное повышение уровня ИФ- α и ИФ- γ к 6-му дню лечения, к 12-му дню эти показатели снижались, но статистически значимо были выше, чем в группе сравнения (табл. 1).

Подобный профиль уровня интерферонов может свидетельствовать о максимальном влиянии циклоферона в короткие сроки после его применения и снижении его влияния после прекращения введения.

Обсуждение и выводы

Проведенное исследование позволило сделать выводы о большой распространенности хронического одонтогенного верхнечелюстного синусита, протекающего без клинической симптоматики. Обнаруженные при исследованиях компьютерных томограмм изменения со стороны верхнечелюстного синуса и их связь с одонтогенным источником требуют от врача стоматолога проведения дополнительных методов обследования пациентов, а изучение состоятельности остео-меатального комплекса — рационально спланировать оперативное вмешательство. Исследование клинических особенностей течения ХОВЧС и микробиологической составляющей заболевания у пациентов с различной длительностью заболевания позволили заключить, что у всех пациентов определялось затяжное течение воспалительной процесса и неблагоприятные исходы комплексного лечения, более выраженные при сроках болезни более 2-х месяцев. Топическая иммунотерапия циклофероном в сочетании с щадящей верхнечелюстной синусотомией у пациентов с затяжным течением ХОВЧС способствует благоприятному течению и исходу заболевания, снижает число послеоперационных осложнений. Щадящая методика операции способствует сокращению реабилитационного периода, а локально введенный иммунопрепарат через цитокиновую сеть активизирует эффекторный потенциал клеток воспалительного очага и способствует снижению его общей обсемененности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анютин, Р.Г. Щадящая гайморотомия у больных с перфоративным одонтогенным гайморитом / Р.Г. Анютин, И.А. Романов // Рос. ринология.— 1998, — № 2, — С. 34.
2. Латушина, Л. С. Динамика микробиологических показателей и уровня цитокинов у пациентов с хроническим одонтогенным верхнечелюстным синуситом при различной давности заболевания / Л. С. Латушина, Л. Ю. Малышева, И. И. Долгушин // Российский иммунологический журнал.— 2015.— № 3 (1).— С. 123–125.

3. Патент № 2460528 Российская Федерация, мпк А 61 К. Способ местной иммунотерапии хронического одонтогенного верхнечелюстного синусита / Малышева Л. Ю., Долгушин И. И., Латышина Л. С.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Челябинская государственная медицинская академия» Минздрава России. — № 2010143928/15; заявл. 26.10.2010; опубл. 10.09.2012, Бюл. № 25. — 7с.
4. Пискунов И.С., Бобрышев С. В., Казначеев В. И., Швачко Н. А. Послеоперационные изменения и гипогенезия верхнечелюстных пазух: дифференциально-диагностические критерии при компьютерной томографии. *Russian Electronic Journal of Radiology*. 2012;4(2):127–130.
5. Пискунов, С. З. Щадящее хирургическое лечение одонтогенных гайморитов / С. З. Пискунов, Т. Г. Быканова // *Российская ринология*. — 1999. — № 4. — С. 15–17.
6. Серова Н.С., Евсеева Е. В., Клещевникова К. Ю., Ковалинин В. В., Слепушкина А. В. Конусно-лучевая компьютерная томография в диагностике одонтогенных верхнечелюстных синуситов. *Эндодонтия Today*. 2015;2:68–71.
7. Сысолятин С. П. Одонтогенный верхнечелюстной синусит: вопросы этиологии. *Стоматолог*. 2012;6:32–9
8. Сысолятин П.Г., Сысолятин С. П. Повреждение верхнечелюстных пазух, их лечение. *Российская ринология*. 2000;4:37.

© Латышина Лариса Сергеевна (latyushinal@mail.ru), Малышева Людмила Юрьевна (malu_doc@mail.ru),
Пиотрович Альбина Викторовна (pialvik@mail.ru), Павлиенко Юлия Викторовна (pavlienko74@mail.ru),
Ширшова Наталья Евгеньевна (shirshova74@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



«Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

КЛИНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ СУТОЧНОГО МОНИТОРИРОВАНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ РАЗВИТИЯ ПРЕЭКЛАМПСИИ У БЕРЕМЕННЫХ С ГИПЕРАНДРОГЕНИЕЙ И ИЗБЫТОЧНОЙ МАССОЙ ТЕЛА

CLINICAL RELEVANCE OF AMBULATORY FOR PREDICTING THE DEVELOPMENT OF PREECLAMPSIA IN OVERWEIGHT PREGNANT WOMEN WITH HYPERANDROGENISM

**E. Manukhina
N. Sakvarelidze
A. Ispas**

Summary. This paper presents the results of the examination of 70 overweight female patients with hyperandrogenism. Those women got pregnant after a complex post-syndrome treatment with metabolic correction. When performing ambulatory blood pressure monitoring inpatient session, certain similar patterns of blood pressure fluctuations were found. Patients had blood pressure fluctuations, a two-phase rhythm "day-night", and morning and evening blood pressure peak. During the daytime, systolic pressure was $140,2 \pm 2,1$ mm Hg, diastolic pressure was $89,0 \pm 2,1$ mm Hg. In the night, systolic pressure was $136,5 \pm 2,8$ mm Hg, diastolic pressure was $84 \pm 6,3$ mm Hg. The average value of pulse pressure in patients was 53 mm Hg, the range of pulse pressure fluctuations among women in this group was 21–57 mm Hg. In obstetric practice, ambulatory blood pressure monitoring has a high diagnostic value.

Keywords: hyperandrogenism, obesity, ambulatory blood pressure monitoring, preeclampsia, antihypertensive therapy.

Манухина Екатерина Игоревна

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Московский медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова»

Сакварелидзе Николай Юрьевич

К.м.н., ФГБОУ ВО «Московский медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова»; заместитель главного врача, ГБУЗ ГКБ имени В. П. Демикова

Испас Анастасия Анатольевна

*Соискатель, ФГБОУ ВО «Московский медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова»
ispasanastasia@mail.ru*

Аннотация. В данной работе проведено обследование 70 пациенток с гиперандрогенией и избыточной массой тела, беременность у которых наступила после комплексного посиндромного лечения, с коррекцией метаболических нарушений. При проведении суточного мониторинга АД в стационарных условиях выявили суточное колебание АД, двухфазный ритм «день-ночь» и два пика подъёма утренний и вечерний. В дневные часы в средние показатели систолического АД составили $140,2 \pm 2,1$ мм рт.ст., диастолического АД $89,0 \pm 2,1$ мм рт.ст. В ночные часы средние показатели систолического АД составили $136,5 \pm 2,8$ мм рт.ст., диастолического АД $84 \pm 6,3$ мм рт.ст. Средняя величина пульсового АД составила 51,5 мм рт.ст., диапазон колебаний в этой группе женщин был от 21–57 мм рт.ст. Проведение суточного мониторинга АД в акушерской практике имеет высокое диагностическое значение.

Ключевые слова: гиперандрогения, избыточная масса тела, суточное мониторирование АД, преэклампсия, антигипертензивная терапия.

Гиперандрогения это гормональное нарушение, обусловленное изменением секреции и метаболизма андрогенов, которое занимает лидирующую позицию среди патологий, что отрицательно влияют на репродуктивное здоровье женщины [4,8,7]. Изучению различных аспектов гиперандрогении у беременных женщин посвящены немалочисленные научные работы, так как, эти пациентки относятся к группе риска по развитию осложнений гестационного процесса [1,8]. Споры по поводу наблюдения, лечения и своевременного родоразрешения пациенток с данной патологией, не утихают по сей день. Одно из наиболее распространённых осложнений беременности у женщин с гиперандрогенией и избыточной массой тела является преэклампсия

[10]. Проблема преэклампсии связана с высоким уровнем материнской и перинатальной смертности, трудностями в оценке степени её тяжести, необходимости в досрочном родоразрешении, а также отсутствием единой концепции возникновения данного осложнения беременности. В настоящее время в России, несмотря на то, что в последние десятилетия наблюдается снижение абсолютного числа родов, из года в год частота преэклампсии увеличивается, достигая 16–21%. В структуре летальности беременных, преэклампсия занимает 3 место, по данным отечественных авторов, на ее долю приходится 15–25% случаев материнской смертности. При преэклампсии, преждевременные роды имеют место в 20–30% случаев, перинатальная смертность со-

ставляет 560‰, в 3–4 раза превышая популяционную смертность [2,6]. Важнейшим фактором, определяющим течение преэклампсии, является ее сочетание с различными экстрагенитальными заболеваниями. Сочетанная преэклампсия, в частности, преэклампсия на фоне метаболического синдрома, протекает более тяжело, чем «чистая» форма и возникает в более раннем сроке.

Цель исследования

Оценить значения показателей суточного мониторинга АД в прогнозировании развития преэклампсии у беременных с гиперандрогенией и избыточной массой тела.

Материалы и методы исследования

В период с 2016 по 2019 гг. на клинической базе кафедры акушерства и гинекологии лечебного факультета МГМСУ им. А.И. Евдокимова, родильном доме при ГКБ № 68, проведено обследование 70 пациенток с гиперандрогенией, беременность у которых наступила после комплексного посиндромного лечения, с коррекцией метаболических нарушений.

В связи с тем, что источник гиперпродукции андрогенов у пациенток, включенных в исследование являются «метаболический синдром (МС)» и «синдром поликистозных яичников (СПКЯ)», в процессе исследования, выбранные пациентки были разделены на две группы:

I группа — 38 беременных с СПКЯ в возрасте от 21 до 35 лет, средний возраст составил 28 +/- 0,5 лет.

II группа — 32 беременных с МС в возрасте от 23 до 37 лет, средний возраст составил 30 +/- 0,5 лет.

Критериями включения в исследование явились: пациентки с избыточной массой тела, клиническими и лабораторными проявлениями гиперандрогении, срок беременности до 5-ти полных недель.

Критерии исключения из исследования:

- ◆ Срок беременности более 5 недель на момент включения в исследование;
- ◆ Многоплодная беременность (более 1-го плода);
- ◆ Патология развития плода (например, врожденные пороки развития плода или внутриутробная задержка развития плода);
- ◆ Анатомические, генетические, иммунологические и другие эндокринные (тяжелые заболевания щитовидной железы, болезнь Иценко-Кушинга, гиперпролактинемия нефункционального генеза) факторы невынашивания беременности;
- ◆ Андрогенпродуцирующие опухоли яичников и надпочечников;

- ◆ Языковой барьер, затрудняющий работу врача-исследователя с пациенткой в рамках проводимого исследования;
- ◆ Любые психологические, эмоциональные проблемы, расстройства, которые могут помешать подписанию информированного согласия.

Все пациентки участвующие в исследовании дали свое письменное согласие. Исследование было одобрено на заседании этической комиссии при больнице.

Контрольная группа состояла из 20 беременных женщин без гиперандрогении в возрасте от 21 до 37 лет, средний возраст составил 29 +/- 0,5 лет, с нормальной массой тела, которые были сопоставимы с женщинами основной группы по социальному статусу, возрасту и наличию экстрагенитальной патологии.

«Суточное мониторирование АД (СМАД)» осуществлялось в стационарных условиях на суточном мониторе артериального давления и частоты пульса МДП-НС-02 «Восход» ООО «ДМС ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ». Производилось беременным в III триместре в сроке 32–38 недель. Регистрация АД и пульса осуществлялась не менее 30 раз: каждые 30 мин в период бодрствования и каждые 60 мин в период ночного сна. Оценка данных СМАД проводилась по следующим параметрам:

- ◆ средние величины, дающие представление об уровне АД за сутки;
- ◆ показатели суточного ритма — разница показаний АД между ночными и дневными часами в процентах от средней дневной величины АД.

Обработка результатов исследования осуществлялась автоматически, с помощью программного обеспечения.

Для расчета степени ночного снижения АД применялась формула:

$$СНСАД(ДАД) = \frac{АД(Д) - АД(Н)}{АД(Д)} \times 100\%$$

где СНС — степень ночного снижения;
САД — систолическое артериальное давление;
ДАД — диастолическое артериальное давление;
АД(Д) — среднее дневное давление;
АД(Н) — среднее ночное давление.

Статистический анализ проводили путем сравнение исследуемых групп общеизвестными методами: частота встречаемости признаков, среднее, дисперсия, рассчитывали среднюю ошибку; применяли корреляционный анализ. Достоверность отличий в группах определяли по t-критерию Стьюдента. Отличия считали достоверным при значениях $p < 0,05$.

Таблица 1. Суточный ритм АД у пациенток исследуемых групп в III триместре

Показатель	I группа n=38	II группа n=32	Контроль n=20
Дневные часы			
САД мм рт.ст.	138,0+/-2,1	142,0+/-2,1	117,0+/-4,2
ДАД мм рт.ст.	88,0 +/- 4,1	90,0 +/- 4,1	75,0+/-5,5
Ночные часы			
САД мм рт.ст.	135,0+/- 2,8	138,0+/- 2,8	103,0+/-4,5
ДАД мм рт.ст.	83,0 +/- 6,3	85,0 +/- 6,3	58,0+/-2,5
Средне суточный ритм			
САДс мм рт.ст.	136,5+/-2,5	140,0+/-2,5	110,0+/-4,4
ДАДс мм рт.ст.	85,5+/-5,2	87,5+/-5,2	66,5+/-4,0

Результаты и их обсуждения

Достоверно известно, что у пациенток с гиперандрогенией и избыточной массой тела, частым осложнением III триместра беременности является преэклампсия. Таким образом, суточное мониторирование АД проводилось в стационарных условиях всем пациенткам включенным в исследование с 32 по 38 неделю беременности.

При проведении исследования мы ориентировались на рекомендуемые нормативы показателей средних значений САД. Нормальные АД днем меньше 135/85 мм рт. ст., ночью — менее 120/70 мм рт. ст. В ночные часы, нормальным считалось снижение АД на 10–20%, недостаточным менее 10%, повышенным больше 20% [5]. В процессе исследования были отмечены некоторые закономерности колебаний АД в течении суток. Как в контрольной группе, так и в основных группах были выявлены: двухфазный ритм «день-ночь», два пика подъёма, утренний и вечерний. При этом суточное колебание АД было выявлено только у пациенток основных групп (таблица 1).

В ночные часы степень снижения систолического АД в I группе составил 8,4%, во II группе — 6,7%, диастолического АД в I группе — 10,1%, во II группе — 8,1%. ($p < 0,05$ среди основных групп).

Понятие «нагрузки давлением» было разработано с целью количественной оценки времени повышения АД в течении суток. «Нагрузка давлением» рассчитывает-

ся, ориентируясь на показатели индекса площади и индекса времени. Следует отметить, что индекс площади «area under curve», определяется площадью фигуры, ограниченной линией нормального и кривой повышенного АД [5,9].

Таким образом, обращает на себя внимание тот факт, что среди пациенток I и II групп практически в равном проценте был отмечен увеличенный индекс систолического и диастолического АД, более 25%. У беременных с СПКЯ увеличенный индекс времени систолического АД был выявлен у 45%, диастолического АД у 28% соответственно. У пациенток с МС увеличенный индекс времени систолического АД был отмечен у 48%, диастолического АД у 29%. Повышение индекса времени при беременности является неблагоприятным фактором, так как у пациенток контрольной группы, показатели индекса времени варьировали от 10 до 20%.

Показатели индекса площади систолического и диастолического АД среди пациенток основных групп достоверно не отличались, но были значительно выше как в течении суток, так в дневное и в ночное время, по сравнению с группой контроля ($p < 0,05$). В среднем, индекс площади систолического АД в основных группах составил 56,22 +/-62,5 усл.ед., диастолического АД — 55,21 +/-64,3 усл. ед.

Полученные данные свидетельствуют о том, что беременные с СПКЯ и МС являются наименее благоприятными группами по сравнению с пациентками контрольной

ной группы, так как показатели “нагрузки давлением” имеет высокое прогностическое значение, давая представления о времени в течении которого сердце работает с двойной нагрузкой. В дополнение, подтверждено, что продолжительное повышение АД при беременности приводит к развитию фетоплацентарной дисфункции и внутриутробной задержке роста плода [2,3,5].

Повышение пульсового давления у женщин с гиперандрогенией при беременности, является сигналом для практикующего акушера-гинеколога, так как, высока вероятность развитие тяжелых гестационных осложнений. В контрольной группе показатели пульсового АД были в пределах 26–44 мм рт. ст. Средняя величина пульсового артериального давления у пациенток I группы составила 50 мм рт.ст., а во II группе — 53 мм рт. ст, диапазон колебаний ПАД в основных группах был от 21–57 мм рт. ст.

L. Hill впервые в 1898 году описал различия АД во время бодрствования и сна. Было доказано, что недостаточное снижение АД во время сна, оказывает отрицательное влияние на работу нервной и сердечно-сосудистой систем. У пациенток из группы риска суточный профиль АД, по сравнению с практически здоровыми пациентками, характеризуется низкой частотой выявления суточных индексов (СИ) «non_dipper» и «night_peaker» [9]. У 45% пациенток контрольной группы был отмечен суточный индекс по систолическому АД «dipper», у остальных «over_dipper». В основных группах были отмечены патологические суточные ритмы АД. Так, в I и во II группе более чем у половины пациенток был выявлен суточный индекс по систолическому АД «dipper», при этом «non_dipper» был отмечен у 19,5% и 20% соответственно. Самыми неблагоприятными оказались показатели суточного индекса по диастолическому АД. Из патологических вариантов кривой «non_dipper» и «night_peaker» были отмечены в равном проценте в обеих группах, 21,5% и 16,8%, соответственно. У оставшихся беременных, тип суточной кривой был «dipper».

Следовательно, беременные группы контроля имели наиболее благоприятный суточный индекс АД по сравнению с пациентками основных групп ($p < 0,05$). Устойчивые подъемы АД в ночное время и повышение суточных индексов потенциально опасны как факторы повреждения органов мишеней, церебральных и миокардиальных «катастроф» [5]. Возможно предположить, что «органом мишенью» в организме женщины при беременности является плод.

При изучении полученных данных, у 24 пациенток (34,2%) развилась преэклампсия, в основном это была умеренно выраженная преэклампсия, из них 9 (12,8%) с СПКЯ и 15 (21,4%) с МС. Тяжелая преэклампсия развилась у 5 пациенток (7,1%), из них 1 (1,4%) с СПКЯ и 4 (5,7%) с МС.

Принимая во внимание полученные результаты СМАД, пациенткам с развившейся преэклампсией была предложена схема лечения, которая проводилась, учитывая российские клинические рекомендации. Женщинам был назначен свободный режим, рекомендована диета, богатая витаминами, микроэлементами, белками. При этом, не было показано ограничение соли, так как снижению АД уменьшение потребляемой соли не способствует, но может привести к нарушению перфузии плаценты и снижению «объема циркулирующей крови (ОЦК)» [3]. Антигипертензивная терапия была общепринятой. Препаратами первой линии использовали центральные α_2 -агонисты, препаратами второй линии — «Антагонист кальция (АК)» и β -адреноблокаторы.

В I группе, на фоне полученного лечения адекватное снижение АД наблюдалось у 7 (10%) пациенток, недостаточное — у 1 (1,4%), подъем АД в ночные часы — у 1 (1,4%) беременной. Во II группе, на фоне полученного лечения адекватное снижение АД наблюдалось у 12 (17,1%) пациенток, недостаточное — у 2 (2,8%), подъем АД в ночные часы — у 1 (1,4%) беременной.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что у 5 (7,1%) беременных “нагрузка давлением” была повышена как днем, так и ночью. Это является неблагоприятным фактором в отношении прогноза осложнений беременности, так как способствует развитию признаков нарушения маточно-плацентарного и плодово-плацентарного кровообращения, утяжелению симптомов преэклампсии, внутриутробной гипоксии и синдрома задержки роста плода.

Заключение

Таким образом, проведение СМАД в акушерской практике имеет высокое диагностическое значение. Наиболее значимыми факторами определяющие возникновение преэклампсии в III триместре у беременных из группы риска, по данным СМАД явились: среднесуточные, дневные и ночные показатели АД, наличие патологических суточных ритмов АД, повышенная суточная “нагрузка давлением”. Женщинам с гиперандрогенией и избыточной массой тела, проведение СМАД рекомендован не только с целью прогнозирования развития преэклампсии у данной категории пациенток, но и может быть рекомендовано для оценки эффективности применяемой гипотензивной терапии и выявления оптимального времени приёма гипотензивных препаратов. Полученные результаты позволят прогнозировать дальнейшее течение беременности и возможные перинатальные исходы.

Финансирование — отсутствует.

Конфликт интересов — отсутствует.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдурахманова Р. А. Особенности течения беременности, исход родов и становление лактации у женщин с гиперандрогенией: автореф. дис. канд. мед. наук. — М., 2002. — 22 с.
2. Гипертензивные расстройства во время беременности, в родах и послеродовом периоде. Преэклампсия. Эклампсия: Клинические рекомендации (протокол лечения). — М., 2016. — 72 с.
3. Диагностика и лечение сердечно-сосудистых заболеваний при беременности. Российские рекомендации. Москва. 2009. 40 с.
4. Кулаков В. И. Бесплодный брак. М: ГЭОТАР-Медиа — 2005. — С. 214–231.
5. Рогоза А.Н., Никольский В. П., Ощепкова Е. В., Епифанова О. Н., Рунихина Н. К., Дмитриев В. В. Суточное мониторирование артериального давления при гипертонии. Под редакцией Арабидзе Г. Г. и О. Ю. Атькова. Москва. 2009. 38 с.
6. Радзинский В.Е., Фукс А. М. Акушерство. Учебник. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. — 1040 с.
7. Сидельникова В. М. Привычная потеря беременности. М: Триада-Х — 2005. — С. 39–46.
8. Татарчук Т. Ф. Стресс и репродуктивная функция женщины. Международный эндокринологический журнал. 2006; 3: 2–9.
9. Drobny J. Metabolic syndrome and the risk of preeclampsia. Bratisl Lek Listy 2009;110(7):401–3.
10. Escobar-Morreale HF, Sanchon R, San Millan JL. A prospective study of the prevalence of nonclassical congenital adrenal hyperplasia among women presenting with hyperandrogenic symptoms and signs. J. Clin. Endocrinol. Metab. 2008; 93 (2): 527–533.

© Манухина Екатерина Игоревна,

Сакварелидзе Николай Юрьевич, Испас Анастасия Анатольевна (ispasanastasia@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова

ПЕРФУЗИОННЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ОПЕРАЦИЯХ НА ДУГЕ АОРТЫ

Моисеев Алексей Александрович

Аспирант, ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва
alexii.moiseev@gmail.com

PERFUSION METHODS OF CEREBRAL PROTECTION IN AORTIC ARCH SURGERY

A. Moiseev

Summary. The article is devoted to the methods review for intraoperative cerebral protection during surgical correction of aortic arch pathology. Cerebral protection is a problem of significant clinical importance, because neurological complications are one of the most devastating and lead to prolonged ventilation time and prolonged stay in the intensive care unit. Therefore modern extended surgical corrections of complex aortic pathology demand reliable neuroprotection.

Keywords: cerebral protection; cerebral perfusion; circulatory arrest; hypothermia.

Аннотация. Статья посвящена обзору современных методов и тенденций развития перфузионной защиты головного мозга при вмешательствах на дуге аорты. Рассмотрение этих методов имеет важное клиническое значение, поскольку неврологические осложнения при кардиохирургических вмешательствах вносят значительный вклад в послеоперационную летальность, ведут к увеличению времени искусственной вентиляции легких и длительности пребывания в отделениях интенсивной терапии. Кроме того, прогресс хирургической техники и техническая возможность выполнять расширенные вмешательства на восходящем отделе и дуге аорты требуют надежных методов защиты головного мозга с целью повышения выживаемости пациентов.

Ключевые слова: защита головного мозга; перфузия головного мозга; циркуляторный арест; гипотермия.

Введение

На необходимость защиты головного мозга во время кардиохирургических вмешательств обратили внимание в середине прошлого века. В 1953 году De Bakey и Cooley впервые осуществили успешную серию операций протезирования дуги аорты при аневризмах. Последние осуществлялись в условиях искусственного кровообращения с перфузией головного мозга через брахиоцефальный ствол и левую подключичную артерию (1). Первые операции протезирования восходящей аорты при хроническом и остром ее расслоении пришлось на 1962 и 1963 годы соответственно. Летальность при данных вмешательствах в этот период была крайне высокой и достигала 80% (2).

Краеугольным моментом развития защиты головного мозга в хирургии аорты и стало применение Griep в 1970 г. техники выполнения протезирования дуги аорты, базирующейся на использовании глубокой гипотермии (ректальная температура 18С) и циркуляторного

ареста со средней длительностью 43 мин (3). Использование этого метода позволило значительно повысить выживаемость пациентов и снизить частоту неврологических осложнений. Рост количества операций, накопление опыта, совершенствование хирургической техники и анестезиологических протоколов способствовало снижению летальности, однако до настоящего времени летальность при вмешательствах на дуге аорты, в особенности при остром аортальном синдроме остается высокой (4), а неврологические осложнения остаются наиболее опасными в периоперационном периоде и вносят максимальный вклад в летальность (5).

Гипотермический циркуляторный арест

Системная гипотермия снижает интенсивность метаболизма, что способствует повышению толерантности нейронов к ишемии. Поэтому она стала эффективным элементом висцеральной и церебральной защиты в хирургии грудной аорты. Основу протективного действия

Таблица 1. Классификация гипотермии по Yan с соавт. 2013

Степень гипотермии	Температура ядра тела
Глубочайшая	<14 °С
Глубокая	14,1–20 °С
Умеренная	20,1–28 °С
Легкая	28,1–34 °С

Таблица 2. Длительность безопасного циркуляторного ареста по McCullough с соавт. 1999

Температура	Метаболическая активность головного мозга, % от нормы	Безопасная длительность гипотермического циркуляторного ареста, мин
37 °С	100	5
30 °С	56 (52–60)	9 (8–10)
25 °С	37(33–42)	14 (12–15)
20 °С	24 (21–29)	21 (17–24)
15 °С	16 (13–20)	31 (25–38)
10 °С	11 (8–14)	45 (36–62)

гипотермии составляет уменьшение интенсивности мозгового метаболизма на 6–7% при снижении температуры ядра тела на 1 °С (6).

Степень гипотермии определяется объемом операции и предпочтениями хирурга. В соответствии со степенью снижения метаболизма, Duke E. Cameron с соавт. предложили современную классификацию гипотермии в зависимости от температуры ядра тела, которая приняла свой окончательный внешний вид в консенсусе Yan. (7), (8), отображенном в таблице 1.

Исследуя артериовенозную разницу по кислороду в левой сонной артерии и в луковице яремной вены, McCullough с соавт. рассчитали метаболическую активность головного мозга по потреблению кислорода (CMRO₂) и обозначили временные ограничения безопасного времени проведения циркуляторного ареста в зависимости от температурного режима (9). Результаты этих расчетов отображены в таблице 2.

В соответствии с классификацией Yan, выделяют следующие разновидности гипотермии:

1. Глубочайшая гипотермия ≤ 14 °С

Обеспечивает проведение безопасного гипотермического циркуляторного ареста в течение 30–40 минут (9,10). Вероятность достижения электрофизиологиче-

ского молчания составляет 78–84% (11,12). Снижение потребления кислорода ЦНС составляет 92% (7).

2. Глубокая гипотермия 14,1–20 °С

Данный температурный диапазон обеспечивает безопасность циркуляторного ареста на 20–30 мин, что позволяет выполнять реконструкции объема hemi-arch и open-distal. Электрофизиологическое молчание при 20С достигается у 25% пациентов, а снижение потребления кислорода ЦНС составляет 80% (7,11,12). По данным литературы, данный температурный режим является наиболее часто используемым, поскольку не увеличивает риск почечной и дыхательной недостаточности, а также послеоперационного кровотечения (9).

3. Умеренная 20,1–28 °С и легкая 28,1–34 °С гипотермия.

Данные температурные режимы циркуляторного ареста обеспечивают краткосрочную защиту примерно на 10 минут (8). Электрофизиологического молчания при таком циркуляторном аресте не достигается, несмотря на то, что снижение потребления кислорода головным мозгом составляет 50% (7)

В дальнейших клинических исследованиях было показано, что циркуляторный арест длительностью в 40

минут и более в сочетании с выраженной гипотермией является предиктором развития различных вариантов неврологического дефицита в послеоперационном периоде — как преходящих в виде энцефалопатии, судорог, делирия, так и в виде параличей и парезов (13), а увеличение длительности циркуляторного ареста до 65 мин и более приводит к росту послеоперационной летальности (9).

В современной кардиохирургии гипотермический циркуляторный арест используется для нейропротекции во время вынужденных бесперфузионных этапов вмешательства. Он требует использования выраженной гипотермии (<20С), что ведет к увеличению времени искусственного кровообращения за счет длительных периодов охлаждения и согревания больного. Учитывая запросы современной хирургии аорты, а также то, что безопасная длительность циркуляторного ареста при выраженной гипотермии составляет не более 30 минут, одновременно с циркуляторным арестом требуется применять специальные перфузионные методы нейропротекции.

Селективная перфузия головного мозга

Первое описание протезирования восходящего отдела и дуги в условиях нормотермической перфузии головного мозга принадлежит М. Дебейки (14). Перфузия обеспечивалась прямой канюляцией сонных артерий, с чем связывают повышенную частоту развития эмболических осложнений.

Рутинно перфузия мозга стала применяться после публикации работы Guilmet, 1975г, в которой была описана концепция холодной селективной перфузии головного мозга. Суть последней заключалась в перфузии головного мозга кровью с температурой 6–12С в сочетании с охлаждением больного до 26С и метода Kazui 1986 гг, предложившего применять перфузию головного мозга в условиях умеренной гипотермии (15,16). Одновременное применение антеградной селективной перфузии головного мозга и гипотермического циркуляторного ареста привело к значительному снижению частоты неврологических осложнений (15,16) и стало общепринятой техникой защиты головного мозга при вмешательствах на дуге аорты.

Большое количество крупных современных исследований говорят в пользу применения селективной антеградной перфузии при протезировании дуги аорты. Так, Urbanski с соавт. проводя унилатеральную селективную перфузию головного мозга с температурой перфузата 28С и температурой циркуляторного ареста нижней части туловища в диапазоне 28–32С, получили госпи-

тальную летальность 5%, а доля пациентов, перенесших периоперационный инсульт, составила 3% (17).

Методика проведения антеградной селективной перфузии головного мозга в настоящее время стандартизирована и заключается в дополнении обычного контура аппарата искусственного кровообращения дополнительной артериальной магистралью с отдельным насосом для перфузии мозга. Используют один и тот же теплообменник, так как перфузия головного мозга проводится при той же температуре, что и перфузия нижней половины тела.

В случае унилатеральной селективной антеградной перфузии, выполняют канюляцию подмышечной или подключичной артерии, либо брахиоцефального ствола. При проведении билатеральной перфузии дополнительно канюлируют левую общую сонную артерию (18). Левую подключичную артерию чаще всего не перфузируют, поэтому для профилактики стил-синдрома и развития ишемии вертебробазиллярного бассейна, артерию пережимают в области устья (19).

В современной литературе активно обсуждается вопрос техники канюляции правой подключичной артерии. Сравниваются техники прямой канюляции артерии и канюляции подшитого к артерии конец-в-бок 8-мм сосудистого протеза.

В исследовании Yilik с соавт. (20) в группе прямой канюляции отмечено значительно большее количество транзиторных неврологических дефицитов, и местных осложнений канюляции. Авторами отмечено, что при проведении антеградной перфузии головного мозга значительными преимуществами обладает именно канюляция в протез, поскольку:

Предотвращает нарушение перфузии мозга через позвоночную артерию и общую сонную артерии, которые могут возникнуть при прямой канюляции, обеспечивает кровообращение в верхней конечности (20,21).

Предотвращает травму и расслоение подключичной или подмышечной артерии, особенно при их малом диаметре, а также стенозы этих артерий после ушивания артериотомий.

Обеспечивает возможность прямого измерения давления в правой лучевой артерии для мониторинга селективной перфузии мозга, тем самым предотвращая возможную гиперперфузию и нежелательное превышение давления перфузии.

Пережатие и прошивание сосудистого протеза является простой в техническом отношении манипуляцией.

Поэтому введение протамина может быть произведено до закрытия артериотомии и, тем самым, может быть снижен объем кровопотери.

Величина оптимального потока при проведении селективной перфузии до конца точно не определена. Большинство авторов использует потоки в 8–12 мл/кг/мин, что примерно соответствует давлению в 30–50 мм рт.ст. в правой сонной артерии (22–24).

Помимо величины оптимального потока церебральной перфузии, разногласия существуют в использовании унилатеральной и билатеральной перфузии головного мозга. Потенциальными ограничениями для проведения унилатеральной перфузии головного мозга являются стенозы сонных артерий, острые нарушения мозгового кровообращения в анамнезе, разомкнутый Виллизиев круг. Однако у пациентов без существенной патологии супраортальных и церебральных сосудов она в крупных исследованиях доказала свою безопасность в сравнении с билатеральной перфузией. Например, в исследовании Leshpower с соавт., используя унилатеральную селективную перфузию головного мозга, с температурой перфузата 16С и температурой циркуляторного ареста 26С при длительности последнего 30±15 мин, получена 7-ми процентная летальность. Частота транзиторных и постоянных неврологических дефицитов составила 5,1% и 3,6% соответственно (25). В еще одном, ранее выше упомянутом исследовании Urbanski с соавт. при унилатеральной селективной перфузии головного мозга с температурой перфузата 28С и температурой циркуляторного ареста нижней части туловища в диапазоне 28–32С, получили госпитальную летальность 5%, а доля пациентов, перенесших периоперационный инсульт составила 3% (17). Время циркуляторного ареста в его исследовании составило 36±19 минут.

Крупные мета-анализы показывают, что результаты унилатеральной и билатеральной перфузии сравнимы в плане послеоперационной летальности, транзиторных и постоянных неврологических дефицитов, однако только в том случае, если время антеградной перфузии составляет не более 30–40 минут. При длительных циркуляторных арестах доказана более высокая эффективность билатеральной перфузии (26,27).

Дистальная перфузия

Перфузия нижней половины тела была предложена Дебейки в 1957г (14) и в крупном исследовании Estrera с соавт. показала свою эффективность при лечении торако-абдоминальных аневризм (28). В дальнейшем как антеградная, так и ретроградная дистальная перфузия нисходящей аорты были успешно применены при протезировании дуги аорты. В исследовании Della Corte и соавт.

(202 пациента) эти варианты перфузии, примененные совместно с селективной антеградной перфузией головного мозга, сравнивались с протезированием дуги аорты в условиях гипотермического циркуляторного ареста и антеградной селективной перфузии мозга. В обоих случаях применялась умеренная гипотермия 22–26С. Несмотря на отсутствие различий летальности и периоперационных нарушений мозгового кровообращения в контрольных группах, в группе с перфузией было отмечено значительное снижение частоты дыхательной (18,2% против 30,5%) и почечной недостаточности (6,5% против 18,6%), а также меньшее времени искусственной вентиляции легких в послеоперационном периоде (18ч против 58ч в группе без дистальной перфузии), пребывания в отделении реанимации и продолжительности госпитализации (29). Схожие результаты были получены Touati с соавт. в исследовании сочетанного применения селективной антеградной нормотермической перфузии головного мозга и дистальной нормотермической перфузии нисходящей артерии через бедренную артерию при протезировании дуги аорты. При анализе меньшей выборки летальность составила 6,8%, а время ИВЛ 4–16ч. Регистрировалось также отсутствие транзиторных и постоянных неврологических нарушений, почечной и печеночной недостаточности, коагулопатии (30). Таким образом, дистальная перфузия показала свою эффективность в профилактике ишемического повреждения висцеральных органов при выполнении длительных и объемных реконструкций (31). Риск материальной и воздушной эмболии оценивался как низкий, поскольку ретроградная перфузия велась при окклюзированном баллоном или пережатом перешейке аорты и только во время выполнения дистального анастомоза (30).

Выводы

При использовании селективной перфузии головного мозга и глубокого гипотермического циркуляторного ареста достигнуты удовлетворительные результаты протезирования дуги аорты.

Анализ проведенных крупными центрами исследований показывает постепенное смещение выбираемой температуры циркуляторного ареста в сторону диапазона умеренной и легкой гипотермии, хотя временные ограничения умеренной гипотермии также убедительно показаны в крупных исследованиях и обусловлены ростом летальности при длительных циркуляторных арестах. Учитывая разнящиеся результаты исследований, рекомендации экспертных сообществ по вопросу выбора температуры циркуляторного ареста окончательно пока не выработаны.

Таким образом, селективную антеградную перфузию головного мозга в условиях выбранного в зависимости от сложности реконструкции температурного режима

с возможным дополнением ее ретроградной перфузией через бедренную артерию можно в настоящее время считать золотым стандартом защиты головного мозга и висцеральных органов.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование исследования за счет средств автора.

ЛИТЕРАТУРА

1. De Bakey ME, Cooley DA. Successful resection of aneurysm of thoracic aorta and replacement by graft. *J Am Med Assoc. United States*; 1953 Jun;152(8):673–6.
2. Константинов Б. А., Белов Ю. А., Кузнецhevский Ф. В. Аневризмы восходящего отдела и дуги аорты. -М.: АСТ: Астрель; 2006. [Konstantinov BA, Belov UV, Kuznechevskii FV. Aneurizmy voshodyashogo otdela i dugi aorty. Moscow: AST: Astrel; 2006. (In Russ.)]
3. Griep RB, Stinson EB, Hollingsworth JF, Buehler D. Prosthetic replacement of the aortic arch. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1975;70(6):1051–1063.
4. Hagan PG, Nienaber CA, Isselbacher EM, Bruckman D, Karavite DJ, Russman PL, et al. The International Registry of Acute Aortic Dissection (IRAD) New Insights Into an Old Disease. *JAMA.* 2000;283(7):897–903.
5. Misfeld M, Leontyev S, Borger MA, Gindensperger O, Lehmann S, Legare J-F, et al. What is the best strategy for brain protection in patients undergoing aortic arch surgery? A single center experience of 636 patients. *Ann Thorac Surg. Netherlands*; 2012 May;93(5):1502–8.
6. Luehr M, Bachet J, Mohr F-W, Etz CD. Modern temperature management in aortic arch surgery: the dilemma of moderate hypothermia. *Eur J Cardiothorac Surg. Germany*; 2014 Jan;45(1):27–39.
7. Baumgartner WA, Owens SG, Cameron DE, Reitz BA. *The Johns Hopkins Manual of Cardiac Surgical Care.* St. Louis: Mosby; 1994.
8. Yan TD, Bannon PG, Bavaria J, Coselli JS, Elefteriades JA, Griep RB, et al. Consensus on hypothermia in aortic arch surgery. *Ann Cardiothorac Surg. China*; 2013 Mar;2(2):163–8.
9. McCullough JN, Zhang N, Reich DL, Juvonen TS, Klein JJ, Spielvogel D, et al. Cerebral metabolic suppression during hypothermic circulatory arrest in humans. *Ann Thorac Surg. Netherlands*; 1999 Jun;67(6):1821–95.
10. Svensson LG, Crawford ES, Hess KR, Coselli JS, Raskin S, Shenaq SA, et al. Deep hypothermia with circulatory arrest. Determinants of stroke and early mortality in 656 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg. United States*; 1993 Jul;106(1):19–31.
11. Stecker MM, Cheung AT, Pochettino A, Kent GP, Patterson T, Weiss SJ, et al. Deep hypothermic circulatory arrest: I. Effects of cooling on electroencephalogram and evoked potentials. *Ann Thorac Surg. Netherlands*; 2001 Jan;71(1):14–21.
12. James ML, Andersen ND, Swaminathan M, Phillips-Bute B, Hanna JM, Smigla GR, et al. Predictors of electrocerebral inactivity with deep hypothermia. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014 Mar;147(3):1002–7.
13. Reich DL, Uysal S, Sliwinski M, Ergin MA, Kahn RA, Konstadt SN, et al. Neuropsychologic outcome after deep hypothermic circulatory arrest in adults. *J Thorac Cardiovasc Surg. United States*; 1999 Jan;117(1):156–63.
14. De Bakey ME, Crawford ES, Cooley DA, Morris GCJ. Successful resection of fusiform aneurysm of aortic arch with replacement by homograft. *Surg Gynecol Obstet. United States*; 1957 Dec;105(6):657–64.
15. Guilmet D, Roux PM, Bachet J, Goudot B, Tawil N, Diaz F. [A new technic of cerebral protection. Surgery of the aortic arch]. *Presse Med. France*; 1986 Jun;15(23):1096–8.
16. Kazui T. [Update in surgical management of aneurysms of the thoracic aorta]. *Rinsho Kyobu Geka. Japan*; 1986 Feb;6(1):7–15.
17. Zierer A, El-Sayed Ahmad A, Papadopoulos N, Moritz A, Diegeler A, Urbanski PP. Selective antegrade cerebral perfusion and mild (28 degrees C–30 degrees C) systemic hypothermic circulatory arrest for aortic arch replacement: results from 1002 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg. United States*; 2012 Nov;144(5):1042–9.
18. Cohn L. *Cardiac Surgery in the Adult.* McGraw-Hill. New York; 2008.
19. Бокерия ЛА, Аракелян ВС. Хирургия аневризм дуги аорты. — М.: НЦССХ им. Бакулева, 2013. [Bokeriya LA, Arakelyan VS. Chirurgiya anevrism dugi aorty. Moscow: NCSH im. Bakuleva; 2013 (in Russ.)]
20. Yilik L, Emrecan B, Kestelli M, Ozsoyler I, Lafci B, Yakut N, et al. Direct versus side-graft cannulation of the right axillary artery for antegrade cerebral perfusion. *Texas Hear Inst J.* 2006;33(3):310–5.
21. Yavuz S, Goncu MT, Turk T. Axillary artery cannulation for arterial inflow in patients with acute dissection of the ascending aorta. *Eur J Cardiothorac Surg. Germany*; 2002 Aug;22(2):313–5.
22. Harrington DK, Fragomeni F, Bonser RS. Cerebral perfusion. *Ann Thorac Surg. Netherlands*; 2007 Feb;83(2): S799–804; discussion S824–31.
23. Bachet J. Re: Selective cerebral perfusion using moderate flow in complex cardiac surgery provides sufficient neuroprotection. Are children young adults? *Eur J Cardiothorac Surg. Germany*; 2012 Oct;42(4):710–1.
24. Misfeld M, Mohr FW, Etz CD. Best strategy for cerebral protection in arch surgery — antegrade selective cerebral perfusion and adequate hypothermia. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013;2(3):331–8.
25. Leshnower BG, Myung RJ, Kilgo PD, Vassiliades TA, Vega JD, Thourani VH, et al. Moderate hypothermia and unilateral selective antegrade cerebral perfusion: a contemporary cerebral protection strategy for aortic arch surgery. *Ann Thorac Surg. Netherlands*; 2010 Aug;90(2):547–54.
26. Malvindi PG, Scarscia G, Vitale N. Is unilateral antegrade cerebral perfusion equivalent to bilateral cerebral perfusion for patients undergoing aortic arch surgery? *Interact Cardiovasc Thorac Surg. England*; 2008 Oct;7(5):891–7.
27. Angeloni E, Benedetto U, Takkenberg JJM, Stigliano I, Roscitano A, Melina G, et al. Unilateral versus bilateral antegrade cerebral protection during circulatory arrest in aortic surgery: a meta-analysis of 5100 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg. United States*; 2014 Jan;147(1):60–7.

28. Estrera AL, Miller CC3rd, Chen EP, Meada R, Torres RH, Porat EE, et al. Descending thoracic aortic aneurysm repair: 12-year experience using distal aortic perfusion and cerebrospinal fluid drainage. *Ann Thorac Surg. Netherlands*; 2005 Oct;80(4):1290–6; discussion 1296.
29. Della Corte A, Scardone M, Romano G, Amarelli C, Biondi A, De Santo LS, et al. Aortic arch surgery: thoracoabdominal perfusion during antegrade cerebral perfusion may reduce postoperative morbidity. *Ann Thorac Surg. Netherlands*; 2006 Apr;81(4):1358–64.
30. Touati GD, Marticho P, Farag M, Carmi D, Szymanski C, Barry M, et al. Totally normothermic aortic arch replacement without circulatory arrest. *Eur J Cardiothorac Surg. Germany*; 2007 Aug;32(2):263–8; discussion 268.
31. Nappi G, Maresca L, Torella M, Cotrufo M. Body perfusion in surgery of the aortic arch. *Texas Hear Inst J. United States*; 2007;34(1):23–9.

© Моисеев Алексей Александрович (alexi.moiseev@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



СОВРЕМЕННЫЕ КЛИНИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ЛЕЧЕНИЮ ЛЕЙКОПЛАКИИ В СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

MODERN CLINICAL APPROACHES TO THE TREATMENT OF LEUKOPLAKIA IN DENTAL PRACTICE

**N. Nurieva
O. Ziganshin
T. Gumiyuk**

Summary. Background. The pathological process referred to as leukoplakia refers to facultative forms of precancerous diseases of the oral mucosa. Timely diagnosis and choice of treatment method is the prevention of malignancy of the pathological process.

Purpose. Evaluate the effectiveness of treatment, taking into account the patient's model, size and localization of leukoplakia.

Materials and methods. To ensure the ordering and systematization of clinical and diagnostic information on the studied pathology, the content analysis of domestic and foreign reference, scientific and educational literature sources was performed. The developed treatment algorithm was tested, and the results of treatment at the dentist's clinical appointment were evaluated.

Results and discussion. As a result of the study, a convenient and practically acceptable main method of treating leukoplakia of the oral mucosa was developed. A clinical case demonstrating the results of treatment of leukoplakia of the oral mucosa is presented.

Conclusion. The method of treatment of leukoplakia of the oral mucosa formed in the course of the study is the most effective in dental practice, which forms professional skills and competencies of practical dentists in routing patients with this pathology at a clinical appointment. The presented clinical examples demonstrate the effectiveness of the treatment method in the practice of a dentist.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

Sponsorship agreement of a research. The research had no sponsorship. Researchers respond full responsibility for providing the manuscript to the final version in the press.

Нуриева Наталья Сергеевна

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет»

*Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Челябинск
natakira@mail.ru*

Зиганшин Олег Раисович

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет»

*Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Челябинск
ziganshin_oleg@mail.ru*

Гуманюк Татьяна Владимировна

*Врач-стоматолог-ортопед, Клиника ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Челябинск
igumanyuk@mail.ru*

Аннотация. Предмет. Патологический процесс, именуемый термином лейкоплакия относится к факультативным формам предраковых заболеваний слизистой оболочки полости рта. Своевременная диагностика и выбор метода лечения является профилактикой малигнизации патологического процесса.

Цель исследования. Разработать алгоритмы лечения лейкоплакии основываясь на размере, форме и области локализацию лейкоплакии.

Материалы и методы. Для обеспечения упорядочивания и систематизации клинико-диагностических сведений по изучаемой патологии, выполнен контент-анализ отечественных и зарубежных справочных, научных и учебно-методических литературных источников. Сформированный алгоритм лечения, апробируется на клиническом приёме врача-стоматолога.

Результаты и их обсуждение. В результате исследования сформирован и принят на апробацию удобный и практически приемлемый способ лечения лейкоплакии слизистой оболочки полости рта. Представлен клинический случай, демонстрирующий результаты лечения лейкоплакии слизистой оболочки полости рта.

Заключение. Предложенный алгоритм лечения возможно применять на клиническом приеме врача-стоматолога. Являясь врачом первого контакта, именно стоматолог ведет и курирует как хронические заболевания слизистой оболочки полости рта, так и предраковые состояния. Представленные клинические примеры демонстрируют эффективность применения метода лечения в практической деятельности врача-стоматолога.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Declaration on financial and other relationship. All authors took part in development of the concept and design of a research and in writing of the manuscript. The final version was approved by all authors. Authors did not receive the royalties for a research.

Keywords: leukoplakia, simple leukoplakia, precancer of the oral mucous membrane, keratosis, leukoplakia treatment.

Введение

Лейкоплакия относится к одной из разновидностей кератозов, характеризующихся хроническим течением и поражающих слизистую оболочку полости рта и красную кайму губ [9]. Для нее характерно наличие очагов гиперкератоза с явлениями гиперпластического хронического воспаления в зонах, в норме не подвергающихся ороговению. Лейкоплакия слизистой оболочки полости рта (СОПР) — потенциально злокачественное заболевание, характеризующееся способностью трансформироваться в плоскоклеточный рак. Термин «лейкоплакия» введен венгерским дерматологом Швиммером в 1887 году. Лейкоплакия СОПР — это клинический термин, он не подразумевает наличие определенной гистологической картины. Клинические типы лейкоплакии СОПР в России общепринятой является классификация А.Л. Машкиллейсона [8], которая подразделяет лейкоплакию СОПР на простую (плоскую), веррукозную, эрозивно-язвенную, мягкую и лейкоплакию Таппейнера (никотиновый стоматит). В международной практике различают 2 основных клинических типа лейкоплакии СОПР: гомогенную и негомогенную лейкоплакию [12]. классификация лейкоплакии по мкб-с

класс XI: болезни органов пищеварения

K13.2 лейкоплакия и другие изменения эпителия полости рта, включая язык

K13.20 лейкоплакия идиопатическая;

K13.21 лейкоплакия, связанная с употреблением табака;

K13.24 небо курильщика [никотиновый лейкокератоз неба] [никотиновый стоматит];

K13.3 волосатая лейкоплакия

Класс I: некоторые инфекционные и паразитарные болезни

B37.0 кандидозный стоматит

B37.02 кандидозная лейкоплакия.

На сегодняшний день этиология и патогенез лейкоплакии окончательно не выяснены. Были выделены ряд факторов эндогенного и экзогенного характера, кото-

Прозрачность исследования. Исследование не имело спонсорской поддержки. Исследователи несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать.

Декларация о финансовых и иных взаимоотношениях. Все авторы принимали участие в разработке концепции и дизайна исследования и в написании рукописи. Окончательная версия была одобрена всеми авторами. Авторы не получали гонорар за исследование.

Ключевые слова: лейкоплакия, простая лейкоплакия, предраки слизистой оболочки полости рта, кератозы, лейкоплакия лечение.

рые как правило сочетаются между собой и не исключают друг друга. Экзогенные факторы включают в себя: химический, термический, механический, ионизирующий, биологический, а также гальванические токи, возникающие при протезировании разнородными металлами.

Говоря об эндогенных факторах несомненно главную роль играет иммунитет, как местный так и общий [3].

Типичной локализацией лейкоплакии являются места, принимающие участие в акте жевания: на спинке языка, твердом небе, десне, а также на слизистой в углах рта и щек по линии смыкания зубов.

Вопрос адекватного лечения лейкоплакии слизистой оболочки полости рта является актуальным в стоматологии в связи с ее высокой распространенностью и возможной малигнизацией [1].

Знание клинических симптомов, умения по диагностике и лечению лейкоплакии необходимы врачу — стоматологу, т.к. пациенты первично обращаются в стоматологическую поликлинику.

Цель исследования

Разработать алгоритмы лечения лейкоплакии основываясь на размере, форме и области локализацию лейкоплакии.

Материалы и методы

В научной литературе можно встретить большое количество описаний случаев лейкоплакии СОПР, методов и способов лечения. Однако, есть противоречия в указаниях на структуру поражения, причины возникновения, гендерные различия, исходов лечения. Для обеспечения упорядочивания и систематизации разрозненных клинико-диагностических сведений по изучаемой патологии, выполнен контент-анализ отечественных и зарубежных справочных, научных и учебно-методических литературных источников, относящихся к данной про-

блеме. Обследованы пациенты с лейкоплакией, сформированный алгоритм лечения вынесен на апробацию.

Результаты и их обсуждения

В результате выполненного нами контент-анализа имеющихся литературных источников по изучаемой проблеме было установлено, что существующие и рекомендованные схемы лечения сводятся к единому алгоритму. Рекомендованные схемы лечения идентичны и включают в себя следующие мероприятия: санацию полости рта; терапевтическое лечение с использованием лекарственных средств; хирургическое лечение по потребности; физиотерапевтические процедуры по потребности. Терапевтическое лечение включает в себя полоскание рта растворами антисептиков, отварами цветков ромашки, липового цвета. Назначают внутрь ретинол, токоферола ацетат (масляные растворы их перед глотанием задерживают на некоторое время во рту), витамины группы В (рибофлавин и др.); общеукрепляющие средства, биогенные стимуляторы. Местно назначают кератопластические средства, витамины, препараты, улучшающие трофику тканей [11].

Физиотерапевтическим местным лечением является методика, заключающаяся в устранении участков гиперкератоза путем диатермокоагуляции или криодеструкции. Методом хирургического лечения лейкоплакии, получившим широкое применение в стоматологической практике является иссечение. Наиболее современным и используемым методом хирургического лечения лейкоплакии является лазерная абляция [6–7].

Однако терапевтические методы не всегда приводят к полному структурному и функциональному восстановлению слизистой оболочки полости рта, и свидетельствуют о слабом положительном воздействии лекарственных препаратов на лейкоплакию слизистой оболочки полости рта. Так же нами поставлена под сомнение правомерность традиционного использования при лечении этой патологии препаратов витамина ретинола.

При затяжном или рецидивирующем характере заболевания единственным методом лечения лейкоплакии является хирургическое [6]. Однако иссечение очага не всегда возможно из-за локализации поражения.

К недостаткам метода диатермокоагуляции следует отнести формирование значительной раневой поверхности. Это повышает риск присоединения патогенной микрофлоры и развития вторичной инфекции. По сути — это ожог мягких тканей десны. Заживление происходит под струпом, но всегда есть риск его от-

торжения, что приведет к кровотечению и длительному заживлению. После коагуляции возможен неприятный привкус во рту.

Щадящему применению данного метода лечения лейкоплакии способствует назначение в послеоперационном периоде Солкосерила адгезивной дентальной пасты. Препарат вызывают девитализацию очага поражения путем фиксации *in vivo*, сохраняют исходную архитектуру тканей и обладают избирательным фиксирующим действием. Девитализированный эпителий образует защитный слой, который отслаивается через 3–5 дней благодаря спонтанному росту под ним новых эпителиальных клеток.

И на наш взгляд, большое значение для выбора способа лечения и последующего контроля при проведении лечения имеет величина площади поражения, локализация очага, распространенность процесса. В связи с чем, фиксация размера кератоза в день обращения позволит определиться с тактикой ведения пациента и отслеживать эффективность лечебных мероприятий. За основу нами взята схема-топограмма слизистой оболочки полости рта. Площадь поверхности полости рта у взрослого составляет в среднем 215 см²; она значительно не различается у мужчин и женщин. Различия в структуре слизистой оболочки ротовой полости на разных её участках вызваны, прежде всего, адаптацией к различным механическим требованиям. На тех участках (десна, твёрдое нёбо: примерно 25% общей поверхности слизистой оболочки ротовой полости), механические нагрузки на которых значительны (в связи с их активной ролью в жевании), эпителий является ороговевающим. Другие же участки (60% общей поверхности), где от тканей требуется большая гибкость, покрыты неороговевающим эпителием. Наконец, спинку языка (15% общей поверхности) покрывает специализированный эпителий, напоминающий мозаику из ороговевающего и неороговевающего эпителия [4]. Таким образом, всю поверхность слизистой оболочки полости рта можно представить в виде схемы.

В качестве иллюстрации приведем некоторые клинические наблюдения данной патологии.

Пациентка К., 72 года

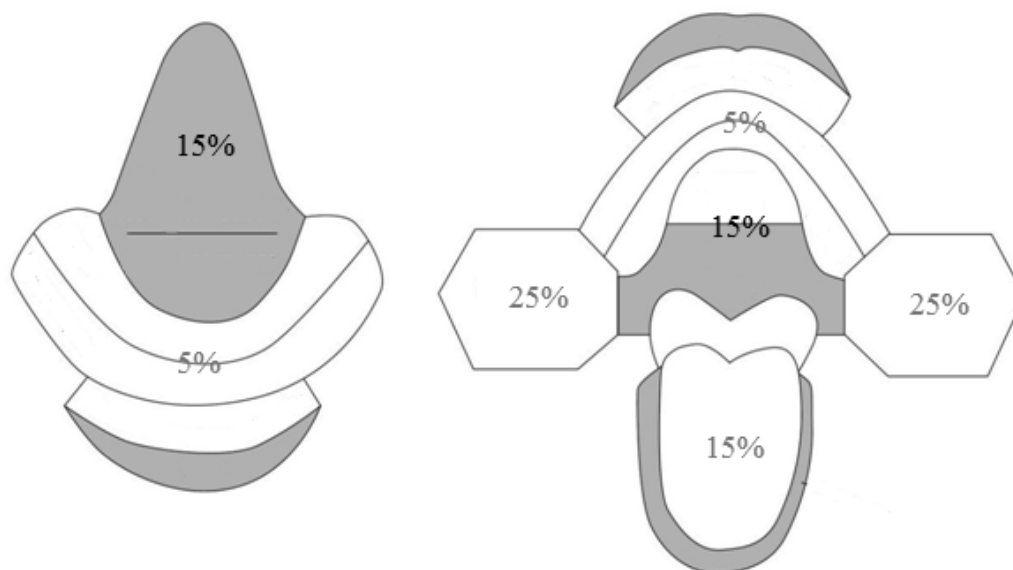
Жалобы: на боли ноющего, иногда простреливающего характера на верхней челюсти слева, чувство жжения, появление пятен белесоватого цвета на слизистой оболочке.

Анамнез: 15 лет назад протезировалась, дефекты зубных рядов были замещены металлокерамическими мостовидными протезами. Вышеуказанные жалобы поя-

Таблица 1

8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8
	к	з	к	к	к	к			о	о	о	к	з	к	
	к	з	к	о	о	о	о	о	о	к	к	о	о	о	
8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8

Схема-топограмма слизистой оболочки полости рта



вились 3 года назад. Пятно на слизистой оболочке альвеолярного отростка постепенно увеличивалось. 2 года лечение не проводилось. Год назад обратилась в клинику по месту жительства, был поставлен диагноз: простая лейкоплакия на основании биопсии от 14.01.19 г. Назначено лечение: аппликации масляным раствором вит А 2–3 раза в день, чередовать с салициловой мазью, аппликации мази «Белосалик» 2–3 раза в день в течение 5–7 дней. Лечение давало кратковременное улучшение. Направлена к ортопеду, с целью снятия металлокерамических мостовидных протезов.

Внешний осмотр: конфигурация лица не изменена, лицо симметрично, пропорционально. Носогубные и подбородочные складки умеренно выраженные. Региональные лимфоузлы не увеличены. В подчелюстной области справа послеоперационный рубец.

В полости рта: на слизистой оболочке альвеолярного отростка в области 2.5 пятно белесоватого цвета неправильной формы с четкими контурами 1,8 см² (0,35%) не возвышается над слизистой, при пальпации безболезненно, не снимается при зондировании (рис. 1).

Язык правильной формы, подвижен. Изменений не выявлено (таблица 1).

После снятия металлокерамического мостовидного протеза с опорой 2.2–2.4, удалены зубы 2.2, 2.4, в связи с осложненным кариесом. Снят металлокерамический мостовидный протез с опорой 2.5–2.7. После удаления зубов 2.2 и 2.4 — пятно в области этих зубов полностью исчезло. В области 2.5 зуба пятно сохранялось. Зуб 2.5 проведено эндодонтическое перелечение зуба. На фоне лечения пятно значительно уменьшилось в размерах (рис. 2)

Оставшиеся участки гиперкератоза были удалены путем диатермокоагуляции (рис. 3) В послеоперационный период были назначены аппликации Солкосериллом адгезивной дентальной пасты (рис. 4)

Диагноз: К 13.2 Лейкоплакия и другие изменения эпителия полости рта.

K08.1 — потеря зубов вследствие несчастного случая, удаления или локализованного пародонтита.

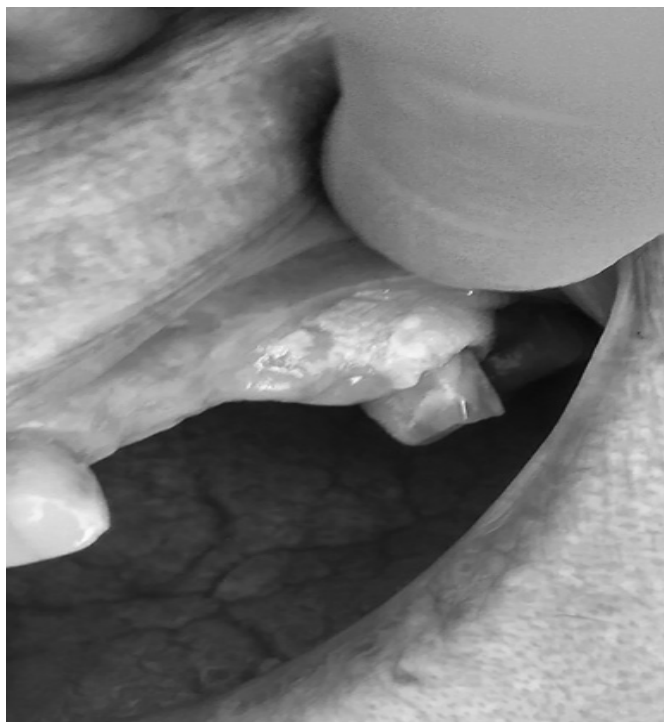


Рис. 1. Пациентка К., 72 года: вид очага поражения до начала лечения.



Рис. 2. Пациентка К., 72 года: проведение эндодонтического лечения.



Рис. 3. Пациентка К., 72 года: проведение диатермокоагуляции



Рис.4 Пациентка К., 72 года: вид на 3-й день после диатермокоагуляции, аппликация на раневой поверхности Солкосерил

Таблица 2

8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8
	к	к											к		
	к	к	к								п	к	к		
8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8



Рис. 1. Пациент Н., 48 лет: вид очага кератоза до лечения

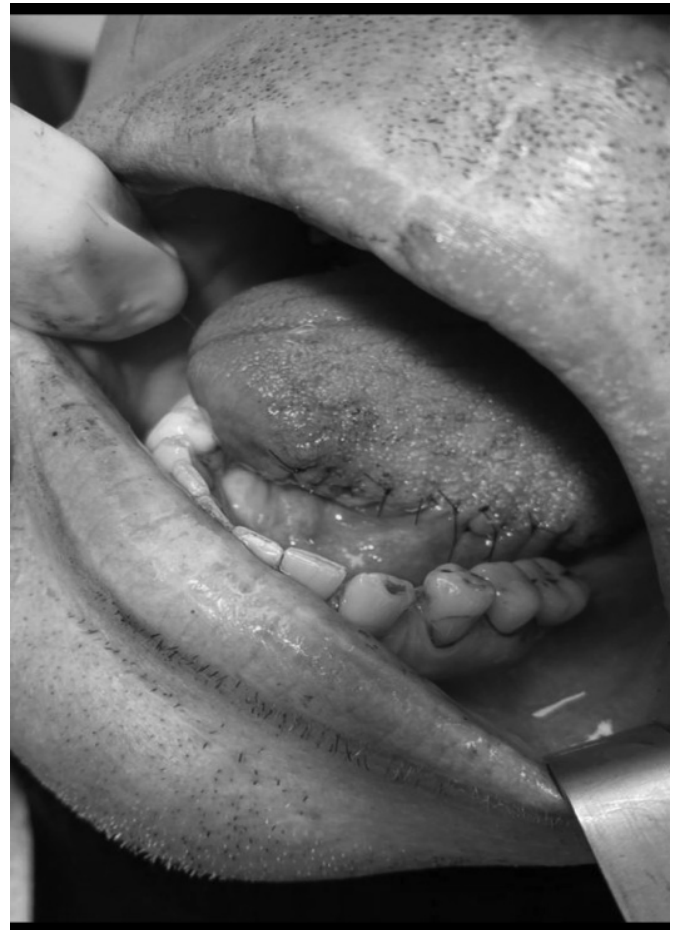


Рис. 1. Пациент Н., 48 лет: вид после иссечения очага кератоза

Пациент Н.,
48 лет

Жалобы: на чувство жжения в языке, появление пятна на боковой поверхности языка.

Анамнез: пятно появилось около года назад, постепенно увеличивалось в размере.

Внешний осмотр: конфигурация лица не изменена, лицо симметрично, пропорционально. Носогубные и подбородочные складки умеренно выраженные. Региональные лимфоузлы не увеличены.

В полости рта: на слизистой оболочке спинки языка с переходом на *facies inferior linguae* справа пятно белесоватого цвета неправильной формы с четкими контурами 5,4 см² (3,5%) не возвышается над слизистой, при пальпации безболезненно, не снимается при зондировании (рис. 1). Язык подвижный (таблица 2).

Диагноз: К 13.2 Лейкоплакия и другие изменения эпителия полости рта

В связи с большой распространенностью процесса проведено хирургическое иссечение очага гиперкератоза в пределах участка здоровых тканей (рис 2).

Выводы

Из вышепредставленных примеров видно, что излюбленной локализацией очагов лейкоплакии являются участки слизистой оболочки тех мест, которые принимают активно участие в акте жевания: на боковой поверхности и спинке языка, твердом небе, десне и покрыты ороговевающим эпителием. Терапевтические методы не всегда приводят к полному структурному и функциональному восстановлению слизистой оболочки полости рта. Применение ростстимулирующих препаратов достаточно сомнительно. Возможно, необходимо рассмотреть роль факторов местного иммунитета и использование цитостатических препаратов в качестве медикаментозного лечения. Очевидна взаимосвязь между наличием очагов хронического воспалительного процесса в области апикальных тканей (возможно связано с анато-

мическим строением — отсутствие подслизистого слоя) и появления очагов лейкоплакии в проекции корней этих зубов, или реакции местных тканей на пломбирочные материалы. При затяжном или рецидивирующем характере заболевания единственным методом лечения лейкоплакии является хирургическое. Нами применены методики лечения лейкоплакии с использованием диатермокоагуляции и путем иссечения очагов гиперкератоза, закрытия раневой поверхности в послеоперационном периоде Солкосерил адгезивной зубной пасты. При осмотре через 3 суток, 7 суток, 3 месяца и 6 месяцев отмечалась полная эпителизация раневого дефекта без образования рубцовоизмененной ткани, полному исчезновению очагов гиперкератоза в первом случае. Во втором представленном случае подвижность языка и открывание рта были сохранены в полном объеме. Все пациенты отмечали комфортный послеоперационный период.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимова И. В. Онкологическая настороженность в практике врача-стоматолога // Институт стоматологии. 2009. № 45. С. 52–53.
2. Бондаренко О. В., Антонов И. В., Сысоева О. В. Онкопрофилактика при эрозивно-язвенной форме плоского лишая слизистой оболочки рта // Сибирский онкологический журнал. 2012. № 1. С. 15–16.
3. Боровский Е. В. Терапевтическая стоматология Изд-во МИА, 2007 г., 840с.
4. Быков В. Л. Б95 Гистология и эмбриональное развитие органов полости рта человека: учеб. пособие. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. — 624 с.: ил.
5. Вернадский Ю. И. Предраковые заболевания слизистой оболочки рта / Основы челюстнолицевой хирургии и хирургической стоматологии. — 3-е изд. перераб. и доп. — Витебск: Белмедкнига, 1998. — С. 328–332.
6. Гажва С. И., Котунова Н. А. Повышение эффективности ранней диагностики заболеваний слизистой оболочки рта // Современные проблемы науки и образования. — 2017. — № 5;
7. Гилева О. С., Смирнова Е. Н., Позднякова А. А. и др. Структура, факторы риска и клинические особенности заболеваний слизистой полости рта (по данным лечебно-консультативного приема). Пермский медицинский журнал. — 2012. — № 6, том 29. — с. 18–24.
8. Машкиллейсон А. Л. Предрак красной каймы губ и слизистой оболочки рта. — М.: Медицина. — 1970.
9. Рабинович О. Ф., Рабинович И. М., Островский А. Д., Денисова М. А. Негативное влияние материалов ортопедических конструкций на слизистую оболочку рта. — Маэстро стоматологии. — 2011;
10. Сёмкин В. А., Безруков А. А. ФГБУ «ЦНИИС и ЧЛХ» Минздрава России, г. Москва Клиникопатоморфологические особенности диагностики лейкоплакии полости рта и её Стоматология. 2016; 95(6): 23–24
11. Скородумова Л. О., Мураев А. А., Володина Е. В., Иванов С. Ю., Гнучев Н. В., Георгиев Г. П., Ларин С. С. Лейкоплакия слизистой оболочки полости рта: классификация, гистопатология, методы диагностики и лечения // Вопросы онкологии. 2013. Т59 N5. С. 548–554.
12. Holmstrup P., Vedtofte P., Reibel J., Stoltze K. Oral premalignant lesions: is a biopsy reliable? // J. Oral Pathol. Med. — 2007.

© Нуриева Наталья Сергеевна (natakipa@mail.ru),

Зиганшин Олег Раисович (ziganshin_oleg@mail.ru), Гуманюк Татьяна Владимировна (igumanyuk@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

КОНЦЕНТРАЦИЯ МЕЛАТОНИНА В СЫВОРОТКЕ КРОВИ ПРИ АЛКОГОЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТИ: КОРРЕЛЯЦИИ С АТИПИЧНОЙ ДЕПРЕССИВНОЙ СИМПТОМАТИКОЙ И АНГЕДОНИЕЙ

CONCENTRATION OF MELATONIN IN BLOOD SERUM OF PATIENTS WITH ALCOHOL USE DISORDER: CORRELATIONS WITH ATYPICAL DEPRESSIVE SYMPTOMS AND ANHEDONIA

**O. Roshchina
L. Levchuk
A. Boiko
E. Schastnyy
S. Ivanova**

Summary. Neurotransmitter and hormonal systems, including those regulating circadian rhythms, are involved in the pathogenesis of alcohol dependence. The article presents the pilot results of assessing the concentration of melatonin in the blood serum of patients with alcohol use disorder and a searching of significant correlations of the level of melatonin with the main characteristics of the clinical condition of patients. Clinical-dynamic and laboratory examination of 22 patients with alcoholism in the dynamics of pharmacotherapy provided; a control group included 26 healthy individuals. In patients with alcohol use disorder, statistically significant correlations of serum melatonin level with the severity of depressive symptoms upon admission to the clinic and with severe anhedonia syndrome after 4 weeks of therapy were revealed.

Keywords: alcohol use disorder, melatonin, atypical depression symptoms, anhedonia, antidepressant and anticraving therapy.

Рощина Ольга Вячеславовна

М.н.с., НИИ психического здоровья Томского НИМЦ,
г. Томск

roshchinaov@vtomske.ru

Левчук Людмила Александровна

К.б.н., с.н.с., НИИ психического здоровья Томского

НИМЦ, г. Томск

rla2003@list.ru

Бойко Анастасия Сергеевна

К.м.н., н.с., НИИ психического здоровья Томского

НИМЦ, г. Томск

anastasya-iv@yandex.ru

Счастный Евгений Дмитриевич

Д.м.н., профессор, НИИ психического здоровья,

Томского НИМЦ, г. Томск

evgeny.schastnyy@gmail.com

Иванова Светлана Александровна

Д.м.н., профессор, НИИ психического здоровья

Томского НИМЦ, г. Томск

ivanovaniipz@gmail.com

Аннотация. Нейромедиаторные и гормональные системы, в том числе регулирующие циркадианные ритмы, задействованы в патогенезе алкогольной зависимости. В статье представлены пилотные результаты оценки концентрации мелатонина в сыворотке крови пациентов с алкогольной зависимостью и осуществлен поиск значимых корреляционных связей уровня мелатонина с основными характеристиками клинического состояния пациентов. Проведено клинико-динамическое и лабораторное обследование 22 больных алкоголизмом в динамике фармакотерапии; контрольную группу составили 26 здоровых лиц. У пациентов с синдромом зависимости от алкоголя выявлены статистически значимые корреляции уровня мелатонина в сыворотке крови с выраженностью депрессивной симптоматики за счет атипичных симптомов при поступлении в клинику и с выраженностью синдрома ангедонии через 4 недели терапии.

Ключевые слова: алкогольная зависимость, мелатонин, атипичная депрессивная симптоматика, ангедония, антидепрессивная и антикрейвинговая терапия.

Введение

Алкогольная зависимость является одной из важнейших медико-социальных проблем в современной России и в мире [1]. Согласно исследованию NESARC распространенность алкогольной зависимости в популяции достигает 10% [2]. В патогене-

зе алкогольной зависимости задействованы целый ряд нейромедиаторных и гормональных систем, в том числе, регулирующих процессы вознаграждения, ангедонии, циркадианные ритмы и режим сна и бодрствования [3,4].

Мелатонин представляет собой гормон со множеством биологических функций: он выступает в качестве

регулятора сезонных и циркадных ритмов, угнетает биоэлектрическую активность мозга, оказывая снотворный и анальгезирующий эффект, обладает антиоксидантными, иммуномодулирующими свойствами, оказывает влияние на репродуктивную систему, воздействуя на чувствительность гипофиза к гонадотропин-рилизинг гормону [5–8].

В научном сообществе активно обсуждается его роль в патогенезе аффективных расстройств, в частности, в формировании сезонных и биполярных паттернов их течения [9–12]. Данные о содержании мелатонина в сыворотке крови пациентов, страдающих алкогольной зависимостью также не однозначны. Большинство авторов говорят о снижении концентрации гормона [13, 14] и подавлении его синтеза при алкогольной интоксикации даже у здоровых лиц, неотягощенных синдромом зависимости [15]. Другие ученые придерживаются мнения, что при алкоголизме имеет место инверсия фаз выработки мелатонина, как в период активного употребления [16], так и в периоде абстиненции [17], и десинхроноз сохраняется вплоть до полной элиминации этанола из организма [18]. При этом накапливается значительное количество клинических исследований, отражающих перспективность применения мелатонина [19–21] или антидепрессантов с хронобиологическим механизмом действия [22–24] в терапии аддикций, а также их положительное влияние на синдром ангедонии, являющийся ключевым в формировании крейвигна [25, 26].

Целью настоящего исследования являлось измерение концентрации мелатонина в сыворотке крови пациентов с синдромом зависимости от алкоголя и поиск значимых корреляционных связей уровня мелатонина с основными характеристиками клинического состояния пациентов, оцененными с применением клинических шкал.

Материал и методы

Исследование проведено на базе клинического отделения аддиктивных состояний (научный руководитель отделения — академик РАН, доктор медицинских наук, профессор Н. А. Бохан) НИИ психического здоровья Томского НИМЦ, лабораторные исследования выполнены в лаборатории молекулярной генетики и биохимии НИИ психического здоровья (заведующая лабораторией — доктор медицинских наук, профессор С. А. Иванова).

В исследование включено 48 человек: 22 пациента с диагностированной алкогольной зависимостью (F10.2 по МКБ-10), поступивших на лечение в наркологическое отделение в состоянии алкогольного абстинентного синдрома (последнее употребление алкоголя в течение

24 часов до госпитализации) и 26 здоровых добровольца. Средний возраст пациентов составил 46 (38,5; 55,5) лет, в группе контроля 35 (24,25; 51,5) лет; в исследуемой группе пациентов 27,3% (n=6) составили женщины, 72,7% (n=16) мужчины, в группе контроля 57,7% (n=15) и 42,3% (n=11) соответственно.

Обследование пациентов осуществлялось дважды: при поступлении (в течение первых трех суток) и при выписке (через 4 недели психофармакотерапии), и заключалось в оценке клинического состояния пациентов с применением опросника SIGH-SAD (Structured Interview Guide For The Hamilton Depression Rating Scale, Seasonal Affective Disorders Version, Williams J. et al., 1992) для оценки тяжести депрессивного состояния с учетом выраженности атипичной депрессивной симптоматики и опросника SHAPS (Snaith-Hamilton Pleasure Scale, R. P. Snaith, M. Hamilton, 1995) для оценки выраженности симптома ангедонии. Пациенты получали в стационаре индивидуально подобранную психофармакотерапию в соответствии с их клиническим состоянием: лечение заключалось в купировании алкогольного абстинентного синдрома с применением диазепама до 20 мг/сутки в течение первых трех дней, и дальнейшим присоединением антикрейвинговой терапии антидепрессантами. Утром (с 8 до 9 часов) на голодный желудок осуществлялся забор периферической венозной крови в вакуумные пробирки «Vacutainer» (Becton Dickinson, США) с активатором свертывания. Сыворотку получали путем центрифугирования при 2000 об/мин в течение 20 минут при 4 °С. Концентрацию мелатонина в сыворотке крови определяли на мультиплексном анализаторе MAGPIX (Luminex, USA) с использованием панели HNCSMAG-35K («Human Circadian/Stress Magnetic Bead Panel») производства MILLIPLIX® MAP (Merck, Darmstadt, Germany). Детектируемую информацию обрабатывали программным обеспечением Luminex xPONENT® с последующим экспортом данных в программу для обчета MILLIPLIX® Analyst 5.1. Результаты представлены в пг/мл. Все полученные данные обрабатывались с применением пакета стандартных прикладных программ IBM SPSS Statistics 25. В связи с отсутствием нормального распределения признаков (по тесту Шапиро-Уилка), применялся критерий Манна-Уитни (для двух независимых выборок), критерий Уилкоксона (для двух зависимых выборок), хи-квадрат (для оценки частот) и корреляционный анализ по Спирмену. Количественные данные представлены в виде медианы, нижнего и верхнего квартилей Me (Q1; Q3). При проверке гипотезы принят критический уровень значимости $p = 0,05$.

Результаты

Оценка выраженности депрессивной симптоматики по шкале SIGH-SAD продемонстрировала субкли-

Таблица 1. Выраженность клинической симптоматики по шкале SIGH-SAD и SHAPS

		при поступлении	при выписке	p (критерий Уилкоксона)
баллы по шкале SIGH-SAD (n=22)	типичные симптомы	8,5 (4,75; 13,5)	0,5 (0; 3,25)	<0,001
	атипичные симптомы	0 (0; 2)	0 (0; 0)	0,035
	сумма баллов	10 (4,75; 14,25)	1 (0; 4)	<0,001
баллы по шкале SHAPS (n=22)		1 (0,25; 2)	0 (0; 1)	0,016

Таблица 2. Концентрация мелатонина в сыворотке крови

	при поступлении (пг/мл)	при выписке (пг/мл)	p (критерий Уилкоксона)
группа контроля (n=26)	47,40 (30,01; 175,33)		
исследуемая группа (n=22)	68,7 (39,15; 264,86)	92,21 (24,15; 310,89)	0,322
p (критерий Манна-Уитни)	0,432	0,562	

Таблица 3. Корреляция по Спирмену уровня мелатонина и клинических характеристик

		концентрация мелатонина	
		при поступлении	при выписке
SIGH-SAD	типичные симптомы	при поступлении	r=0,363 p=0,097
		при выписке	r= -0,047 p=0,837
	атипичные симптомы	при поступлении	r=0,498* p=0,018
		при выписке	r=0,292 p=0,187
	сумма баллов	при поступлении	r=0,436* p=0,043
		при выписке	r=0,148 p=0,511
SHAPS	при поступлении	r=0,194 p=0,471	
	при выписке	r=0,744* p=0,002	

ническую выраженность депрессивной симптоматики в группе больных при обращении за помощью. Выраженность ангедонии в группе не достигала клинической значимости. Внутригрупповая динамика депрессивной симптоматики и ангедонии демонстрирует значительное редуцирование симптомов к концу лечения (p<0,05, критерий Уилкоксона) (табл. 1).

Вероятно, в группе пациентов с алкогольной зависимостью, определяемая при поступлении депрессивная симптоматика имела место в рамках аффективного компонента алкогольного абстинентного синдрома [27].

Уровень мелатонина в сыворотке крови пациентов был сопоставим с данными контрольной группы (p>0,05, критерий Манна-Уитни) и статистически не изменялся

на фоне проводимого лечения (p=0,322, критерий Уилкоксона) (табл. 2).

Далее был проведен корреляционный анализ по Спирмену для выявления взаимосвязей уровня мелатонина и клинических характеристик (по шкалам SIGH-SAD и SHAPS) (табл. 3)

Таким образом, у пациентов, страдающих синдромом зависимости от алкоголя, содержание мелатонина в сыворотке крови при поступлении коррелирует с выраженностью атипичной депрессивной симптоматики и общего балла по шкале SIGH-SAD (r=0,498, p=0,018 и r=0,436, p=0,043 соответственно), а после завершения курса терапии в стационаре, с выраженностью синдрома ангедонии (r=0,744, p=0,002), то есть, высокий уровень

мелатонина в сыворотке крови ассоциирован с выраженной депрессивной симптоматикой (за счет атипичных симптомов) и ангедонией на разных этапах лечения.

Обсуждение

Исследование концентрации мелатонина в сыворотке крови имеет ряд ограничений: на его содержание оказывают влияние множество факторов, например, сезон года, уровень инсоляции [28, 29], время суток, индивидуальные хронобиологические ритмы, даже качество сна испытуемого в ночь перед сдачей анализа [30–32]. Пик выработки мелатонина в норме приходится на ночное время, за 2 часа до пробуждения и может достигать 60 до 110 пг/мл, дневная концентрация около 20 пг/мл. Чтобы нивелировать влияние суточных биоритмов на определяемую концентрацию гормона, забор крови у всех пациентов и участников группы контроля осуществлялся в утренние часы с 8 до 9 утра. Также все участники исследования были разделены на подгруппы в соответствии с сезоном года, в который производился забор крови: осенне-зимний (с 1 октября по 31 марта) или весенне-летний (с 1 апреля по 30 сентября). В исследуемой группе 54,5% (n=12) поступили зимой и 45,5% (n=10) летом, а в группе контроля показатель сезонности составил 88,5% (n=23) и 11,5% (n=3) соответственно — группы существенно отличались по сезонному распределению ($p=0,011$, критерий хи-квадрат). Статистически значимых внутригрупповых различий концентрации мелатонина в зависимости от времени года выявлено не было: в группе пациентов наркологического отделения уровень значимости различий по критерию Манна-Уитни составил $p=0,510$ при поступлении, $p=0,895$ при выписке, а в группе здоровых добровольцев $p=0,118$. То есть, можно прийти к выводу, что в данном исследовании не было обнаружено существенных отличий в концентрации мелатонина в зависимости от сезона года, когда производился забор крови. Также можно предположить,

что концентрация мелатонина в сыворотке крови пациентов более “показательна” в конце терапии, так как до поступления в стационар на его содержание оказывали влияние разнообразные внешние факторы: например, сон как компонент алкогольной интоксикации или бессонница как поведенческий элемент алкогольных злоупотреблений. С другой стороны, в исследуемой группе выявленные статистически значимые корреляции уровня мелатонина с клиническими характеристиками (баллом по шкале SIGH-SAD за счет атипичных депрессивных симптомов) были обнаружены именно в “первой точке” обследования, когда состояние пациентов характеризовалось алкогольным абстинентным синдромом в 100% (n=22) случаев.

Заключение

У пациентов с синдромом зависимости от алкоголя выявлены статистически значимые корреляции уровня мелатонина в сыворотке крови и выраженности депрессивной симптоматики за счет атипичных симптомов и с выраженностью синдрома ангедонии.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Источник финансирования: Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 19–15–00023 «Клинические особенности и поиск потенциальных биомаркеров коморбидности алкоголизма и аффективных расстройств».

Соответствие принципам этики: Все пациенты подписали информированное согласие. Исследование одобрено локальным этическим комитетом НИИ психического здоровья, ТНИМЦ РАН (протокол № 6 от 21 июня 2017 г.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бохан Н.А., Мандель А. И., Иванова С. А., Прокопьева В. Д., Артемьев И. А., Невидимова Т. И., Мастерова Е. И., Воеводин И. В., Аболонин А. Ф., Шушпанова Т. В. Старые и новые проблемы наркологии в контексте междисциплинарных исследований Вопросы наркологии. 2017; № 1. — С. 28–62.
2. Bridget F. Grant, PhD; Risë B. Goldstein, PhD, MPH; Tulshi D. Saha, PhD; et al Epidemiology of DSM-5 Alcohol Use Disorder Results From the National Epidemiologic Survey on Alcohol and Related Conditions III JAMA Psychiatry. 2015;72(8):757–766. doi:10.1001/jamapsychiatry.2015.0584
3. Circuits regulating pleasure and happiness: a focus on addiction, beyond the ventral striatum / A.J.M. Loonen, A.F.A. Schellekens, S. A. Ivanova // Chapter in the book Recent Advances in Drug Addiction Research and Clinical Applications” (edited by William M. Meil and Christina L. Ruby), InTech — 2016 — p. 1–20. DOI: 10.5772/62707, ISBN978–953–51–2492–4
4. Азимова Ю.Э., Ищенко К.А. Нарушения сна при алкогольной болезни диагностика и терапия. // Медицинский Совет. 2017;(15):65–70. <https://doi.org/10.21518/2079–701X-2017–0–65–70>
5. Романчук Н.П., Пятин В. Ф. Мелатонин: нейрофизиологические и нейроэндокринные аспекты // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. № 7. С. 71–85. <https://doi.org/10.33619/2414–2948/44/08>
6. Reiter RJ, Tan DX, Sainz RM, Mayo JM, Lopez-Burillo S. Melatonin: reducing the toxicity and increasing the efficacy of drugs. Journal Pharmacy and Pharmacology, 2002;75:1299–1321.

7. Arushanyan EB, Beier EV. Immunological properties pineal melatonin. *Experimental and clinical pharmacology*. 2002;65:5:73–80.
8. Chumak Z.V., Zelinsky A. A., Shapoval N. V. Possible mechanisms of daylight duration and frequency of endometrium hyperplasia development. *Journal of Education, Health and Sport*. 2017;7(1):449–459. eISSN2391–8306. DOI <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.293055>
9. Симуткин Г. Г. Особые паттерны течения аффективных расстройств. — Томск: Изд-во Том. ун-та, 2010. — 416 с. ISBN978–5–7511–1939–3
10. Депрессивные расстройства: гипотезы патогенеза и потенциальные биологические маркеры / С. А. Иванова, И. С. Лосенков, Л. А. Левчук, А. С. Бойко, Н. М. Вялова, Г. Г. Симуткин, Н. А. Бохан — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2018. — 199 с.
11. Kishi T, Nomura I, Sakuma K, Kitajima T, Mishima K, Iwata N. Melatonin receptor agonists-ramelteon and melatonin-for bipolar disorder: a systematic review and meta-analysis of double-blind, randomized, placebo-controlled trials. *Neuropsychiatr Dis Treat*. 2019 May 30;15:1479–1486. doi: 10.2147/NDT.S198899
12. Melo MCA, Abreu RLC, Linhares Neto VB, de Bruin PFC, de Bruin VMS. Chronotype and circadian rhythm in bipolar disorder: A systematic review *Sleep Med Rev*. 2017 Aug;34:46–58. doi: 10.1016/j.smrv.2016.06.007.
13. Swanson GR, Gorenz A, Shaikh M, Desai V, Forsyth C, Fogg L, Burgess HJ, Keshavarzian A. Decreased melatonin secretion is associated with increased intestinal permeability and marker of endotoxemia in alcoholics *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*. 2015 Jun 15;308(12): G1004–11. doi: 10.1152/ajpgi.00002.2015. Epub 2015 Apr 23.
14. Grosshans M, Mutschler J, Luderer M, Mann K, Kiefer F. Agomelatine is effective in reducing insomnia in abstinent alcohol-dependent patients. *Clin Neuropharmacol*. 2014 Jan-Feb;37(1):6–8. doi: 10.1097/WNF.0000000000000007.
15. Rupp TL, Acebo C, Carskadon MA. Evening alcohol suppresses salivary melatonin in young adults. *Chronobiol Int* 2007; 24 (3): 463–70.
16. Макарецва Л.А., Шмигельский Е. А., Грицюнайта А. А., Сахнова К. А., Кучер С. А., Козлова М. А., Арешидзе Д. А. Влияние хронической алкогольной интоксикации на некоторые гематологические параметры и структуру их суточной динамики у самок крыс линии вистар в возрасте 1 года // *Norwegian Journal of Development of the International Science*. 2019. № 37–2.
17. Rosenwasser A.M., Fecteau M. E., Logan R. W. Effects of ethanol intake and ethanol withdrawal on free-running circadian activity rhythms in rats // *Physiology & Behavior*. — 2005. — V. 84. — № 4. — P. 537542.
18. Анипченко А.В., Быков Ю. В., Григорьев М. Э. Хронобиология при злоупотреблении алкоголем: в фокусе — мелатонин. *Consilium Medicum*. 2012; 14: 9: 74–78.
19. Brower KJ Assessment and treatment of insomnia in adult patients with alcohol use disorders. *Alcohol*. 2015 Jun;49(4):417–27. doi: 10.1016/j.alcohol.2014.12.003. Epub 2015 Jan 7.
20. Hong W, Zhang Q Biological Rhythms Advance in Depressive Disorder. *Adv Exp Med Biol*. 2019; 1180:117–133. doi: 10.1007/978–981–32–9271–0_6.
21. Satyanarayanan SK, Su H, Lin YW, Su KP Circadian Rhythm and Melatonin in the Treatment of Depression. *Curr Pharm Des*. 2018;24(22):2549–2555. doi: 10.2174/1381612824666180803112304.
22. Cipriani A, Furukawa TA, Salanti G, Chaimani A, Atkinson LZ, Ogawa Y, Leucht S, Ruhe HG, Turner EH, Higgins JPT, Egger M, Takeshima N, Hayasaka Y, Imai H, Shinohara K, Tajika A, Ioannidis JPA, Geddes JR. Comparative efficacy and acceptability of 21 antidepressant drugs for the acute treatment of adults with major depressive disorder: a systematic review and network meta-analysis. *Lancet*. 2018 Apr 7;391(10128):1357–1366. doi: 10.1016/S0140–6736(17)32802–7. Epub 2018 Feb 21
23. Филиппова NV, Барилинк YB, Шудьяков AA, Антонова AA. Agomelatine in the treatment of major depressive disorder: assessment of the efficacy and tolerability *Zh Nevrol Psikhiatr Im S S Korsakova*. 2019;119(5):154–161. doi: 10.17116/jnevro2019119051154.
24. Grosshans M, Mutschler J, Luderer M, Mann K, Kiefer F Agomelatine is effective in reducing insomnia in abstinent alcohol-dependent patients. *Clin Neuropharmacol*. 2014 Jan-Feb;37(1):6–8. doi: 10.1097/WNF.0000000000000007.
25. Шагиахметов Ф.Ш., Анохин П. К., Попова А. О., Шамакина И. Ю. Профиль антидепрессивных эффектов агомелатина и современный взгляд на механизм его действия *Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова*. 2017;117(12): 124–131 DOI:10.17116/jnevro2017117121124–131
26. Бохан Н.А., Аболонин А. Ф., Анкудинова И. Э., Кургак Д. И., Мандель А. И. Применение ремаксола в комплексной терапии постабстинентных расстройств у больных алкоголизмом с коморбидным поражением печени *Терапевтический архив* 2012. -N10.-С.51–55.
27. Рощина О.В., Розин А. И., Счастный Е. Д., Бохан Н. А. Клиническое значение коморбидности аффективных расстройств и алкогольной зависимости. *Бюллетень сибирской медицины*. 2019; 18 (4): 110–118. <https://doi.org/10.20538/1682–0363–2019–4–110–118>
28. Хронобиологический подход к терапии аффективных расстройств / Симуткин Г. Г. // *Современная терапия психических расстройств*. — 2014. — № 2. — С. 14–19.
29. Nussbaumer-Streit B, Forneris CA, Morgan LC, Van Noord MG, Gaynes BN, Greenblatt A, Wipplinger J, Lux LJ, Winkler D, Gartlehner G. Light therapy for preventing seasonal affective disorder. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019 Mar 18;3: CD011269. doi: 10.1002/14651858.CD011269.pub3
30. Каладзе Н.Н., Соболева Е. М., Скоромная Н. Н. Итоги и перспективы изучения физиологических, патогенетических и фармакологических эффектов мелатонина. *Здоровье ребенка*. 2010;2:156–166.
31. Рапопорт С. И. Хрономедицина, циркадианные ритмы. Кому это нужно? *Клиническая медицина*. 2012; 90:8:73–75.
32. Рапопорт С.И., Комаров Ф. И. Десинхроноз. Руководство по внутренним болезням. М.: Медицинское информационное агентство; 2007;472–474.

© Рощина Ольга Вячеславовна (roshchinaov@vtomske.ru), Левчук Людмила Александровна (rla2003@list.ru),
 Бойко Анастасия Сергеевна (anastasya-iv@yandex.ru), Счастный Евгений Дмитриевич (evgeny.schastnyy@gmail.com),
 Иванова Светлана Александровна (ivanovaniipz@gmail.com).
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ПРИЗНАКИ ЭНДОГЕННОЙ ИНТОКСИКАЦИИ У ПАЦИЕНТОВ С ДИСБИОЗОМ ТОЛСТОГО КИШЕЧНИКА

SIGNS OF ENDOGENOUS INTOXICATION IN PATIENTS WITH COLONIC DYSBIOSIS

T. Esaulova
I. Kochina
O. Bazaeva
E. Zyazina
R. Shvartz

Summary. The article considers the possibility of interrelation of colonic dysbiosis with manifestations of endogenous intoxication according to the hematological index of intoxication. According to literature sources, the gut microbiota can be both a powerful source of endogenous intoxication due to produced metabolites, and a powerful detoxifying factor. Conducted research showed that signs of endogenous intoxication were detected in 93.6% of people suffering from colonic dysbiosis, however, a direct correlation between the severity of these processes was not found.

Keywords: gut microbiota, normal microflora, colonic dysbiosis, endogenous intoxication, hematological index of intoxication.

Эсаулова Татьяна Алексеевна

*Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; зав.терапевтической службой, ЧУЗ «Медико-санитарная часть»
esaulovat@mail.ru*

Кочина Ирина Игоревна

*ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
freilain.kochina@yandex.ru*

Базаева Ольга Викторовна

*Аспирант, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; врач-гастроэнтеролог поликлинического отделения ЧУЗ «Медико-санитарная часть»
olga.karapetyan.89@mail.ru*

Зязина Елена Николаевна

*Аспирант, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; врач-терапевт поликлинического отделения ЧУЗ «Медико-санитарная часть»
enz yazina@yandex.ru*

Шварц Роман Николаевич

*К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; Заведующий амбулаторно-диагностической службой, ЧУЗ «Медико-санитарная часть»
romanshvartz@gmail.com*

Аннотация. В статье рассмотрена возможность взаимосвязи дисбиоза толстого кишечника с проявлениями эндогенной интоксикации по данным гематологического показателя интоксикации (ГПИ). Как свидетельствуют литературные источники, кишечная микробиота может быть как мощным источником эндогенной интоксикации за счет продуцируемых метаболитов, так и мощным детоксицирующим фактором. Проведенное исследование показало, что признаки эндогенной интоксикации выявлены у 93,6% людей, страдающих дисбиозом толстого кишечника, однако, прямой взаимосвязи между степенью выраженности этих процессов не найдено.

Ключевые слова: кишечная микробиота, нормальная микрофлора, дисбиоз толстого кишечника, эндогенная интоксикация, гематологический показатель интоксикации.

Актуальность

Синдром эндогенной интоксикации представляет собой сложный многофакторный генерализованный процесс, вызванный накоплением в крови токсинов в таких концентрациях, с которыми не способны справиться естественные системы детоксикации, с последующим развитием нарушений других органов и систем организма. За последнее время изучение данного синдрома показало, что его развитие сопровождается течением многих заболеваний, в том числе не хирургического профиля: рецидивирующей ангины [3], хронических дерматозов и псориаза, воспалительных заболеваний легких [1]. Причем многими авторами было отмечено, что при определенных заболеваниях в ходе постепенного развития патологических нарушений начинает преобладать интоксикация, вызванная именно эндогенными метаболитами, а не первичными этиологическим фактором, что и определяет их дальнейшее течение и прогноз [2]. Данный процесс отражает как первичную недостаточность детоксицирующих органов, так и вторичную, вызванную срывом компенсации вследствие развития патологического процесса. В то же время чрезвычайно актуальной на данный момент является проблема дисбактериоза кишечника, поскольку патологические изменения кишечной микрофлоры встречаются у 90% населения России, эти изменения сопровождаются множеством заболеваний и обладают некоторой специфичностью при каждом из них, а также непосредственно становятся фактором развития данных заболеваний — ожирения, сахарного диабета [8], неалкогольной жировой болезни печени [16], аутоиммунных заболеваний, системного атеросклероза и гипертонии [15], хронической болезни почек [7], бронхиальной астмы [11], заболеваний нервной системы (болезни Паркинсона, рассеянного склероза) [12].

В последних исследованиях можно встретить понятие «токсичность кишечного микробиома». Его применение основано на том факте, что микроорганизмы, населяющие кишечник, самостоятельно продуцируют метаболиты, часть которых никогда не синтезируется в организме человека и, соответственно, выступает как чужеродные, зачастую токсические субстанции. Данные метаболиты также могут встраиваться в химические реакции различных систем организма, изменяя таким образом метаболизм многих веществ и в том числе — детоксицирующие процессы. Кишечные метаболиты могут функционировать как сигнальные молекулы, что потенцирует провоспалительные и глюкогоноподобные эффекты [13], участвовать в энергетическом обмене, выступать в качестве витаминов [6], нейротрансмиттеров [14], метаболических ферментов [10]. Известно также, что в возникновении

эндогенной интоксикации не последнюю роль играет кишечный эндотоксин, который образуется при гибели грамотрицательной кишечной микрофлоры, в основном кишечной палочки. Избыточное поступление эндотоксина в кровь может происходить в результате повышения кишечной проницаемости (при дисбиозе, воспалении кишечной стенки) и других факторов. Интоксикация может быть взаимообусловлена феноменом бактериальной транслокации. Эндотоксин является естественным метаболитом и распознается толл-подобными рецепторами, реагирующими запуском воспалительной реакции [9].

Но в то же время не стоит забывать, что микрофлора кишечника обладает мощным детоксицирующим потенциалом. Известно, что сахаролитические бактерии вместе с неперевариваемыми углеводами формируют энтеросорбент с большой адсорбционной мощностью, который аккумулирует большую часть токсинов и удаляет их из организма вместе с кишечным содержимым, параллельно усиливая перистальтику кишечника. Нормальная микробиота обезвреживает многие токсические субстраты (нитраты, ксенобиотики, гистамин, мутагенные стероиды).

В связи с вышеперечисленным, явления дисбактериоза толстого кишечника и синдрома эндогенной интоксикации могут быть тесно взаимосвязаны и взаимообусловлены. Но в изученной нами литературе было обнаружено крайне мало сведений о влиянии изменений кишечной микрофлоры на развитие эндогенной интоксикации, и наоборот. Именно это и определило цель нашего исследования.

Цель

Определить степень эндогенной интоксикации по значению ГПИ у больных гастроэнтерологического стационара с дисбактериозом толстого кишечника

Материалы исследования

Истории болезней 188 пациентов, находящихся на лечении в гастроэнтерологическом стационаре с 2015 по 2018 год. Все они являлись жителями Астраханской области на протяжении последних 10 лет. Среди них 46,7% (88) мужчин и 53,3% (100) женщин. Средний возраст пациентов составил $46,9 \pm 14$. Пациенты нами были разделены на 3 возрастные группы: 1-я группа — 60 человек в возрасте от 20 до 40 лет (средний возраст составил 30 ± 6), 2-я группа — 100 человек в возрасте от 41 до 60 лет (средний возраст 49 ± 6), 3-я группа 28 человек, лица старше 60 лет, в которой средний возраст составил 68 ± 7 .

Методы исследования

1. Гематологический. Соответственно поставленной цели мы изучили степень выраженности эндогенной интоксикации у всех обследованных пациентов на основании вычисления гематологического показателя интоксикации (ГПИ) по Васильеву, включающего в себя соотношения различных форм лейкоцитов периферической крови, общего количества лейкоцитов и СОЭ. $GPI = LII \cdot K \cdot K_{CO2}$, где ЛИИ — лейкоцитарный индекс интоксикации /Кальф-Калифа/, К — поправочный коэффициент на лейкоцитоз, K_{CO2} — поправочный коэффициент на СОЭ. $LII = (4Mi + 3Ю + 2П + С) \cdot (Pl = 1) / (Mo + Л) \cdot (Э + Б + 1)$, где Ми — миелоциты, Ю — юные нейтрофилы, П — палочкоядерные нейтрофилы, С — сегментоядерные нейтрофилы, Пл — плазматические клетки, Мо — моноциты, Л — лимфоциты, Э — эозинофилы, Б — базофилы. За норму ГПИ приняты значения $GPI = 0,62 \pm 0,09$ (0,53–0,71). Значения выше нормы (более 0,71) и ниже нормы (менее 0,53) расценивались нами как патологические, т.к. снижение значений, учитываемых согласно предложенной формуле показателей, также отражает патологические сдвиги в организме, как и повышенные [4]. 2. Бактериологический (исследование микробиоценоза толстого кишечника).

Полученные результаты

Исследования состава кишечной микробиоты выявили максимальную выраженность ее патологических изменений в третьей возрастной группе: первая степень выраженности дисбактериоза кишечника у 28,6% (8 чел.), вторая степень — у 57,1% (16 чел.), и третья степень — у 14,3% (4 чел.).

Минимальные проявления дисбиотических нарушений отмечались во 2-й возрастной группе: 60% (60 чел.) с первой степенью выраженности дисбактериоза кишечника, 28% (28 чел.) со второй степенью и 12% (12 чел.) с третьей степенью.

В 1-й группе, наиболее молодой по возрасту, наблюдались промежуточные значения выраженности кишечного дисбактериоза: у 40% (24 пациентов) они соответствовали первой степени, у 46,7% (28 чел.) — второй степени, и у 13,3% (8 чел.) — третьей степени [5].

Изучение признаков эндогенной интоксикации выявило патологические отклонения показателя у подавляющего большинства пациентов (176 человек, что составило 93,6%).

Среднее значение ГПИ в первой группе равнялось $1,18 \pm 0,6$. Всего патологические ГПИ в данной группе были выявлены у 93,3% (14 чел.). Из них ГПИ выше нормальных значений выявлено в 73,4% случаев. Чаще все-

го они определялись у лиц с хроническим панкреатитом — 54,5%, хроническим гастродуоденитом — 54,5%, синдромом раздраженного кишечника — 27,3%.

ГПИ ниже нормальных значений был выявлен у 12 пациентов (20%). Все пациенты из данной группы лечились по поводу хронического гастродуоденита (100% пациентов). У 4 пациентов (6,7%), также лечившихся по поводу хронического гастродуоденита, значения ГПИ находились в пределах нормы.

Во второй возрастной группе среднее значение ГПИ по группе составило $1,76 \pm 0,9$. Отклонения в значениях ГПИ в данной группе выявлены у 92% (92 чел.). Из них ГПИ выше нормальных значений выявлены в 88% случаев. Чаще всего высокие показатели ГПИ в данной группе встречались у лиц с хроническим панкреатитом — 77,3%, хроническим гастродуоденитом — у 63,6%, хроническим колитом — 22,7%, синдромом раздраженного кишечника — 18,2%, хроническим холециститом — 13,6%. ГПИ ниже нормальных значений выявлен у 4% пациентов с диагнозом Хронический гастродуоденит. Показатель ГПИ в пределах нормальных значений был выявлен у 8% пациентов, которые проходили лечение по поводу хронического панкреатита с сопутствующим хроническим гастродуоденитом в 100% случаев.

Среднее значение ГПИ в 3-й группе оказалось повышенным у всех (100%) и равнялось $1,18 \pm 0,5$.

Далее мы сопоставили выраженность нарушений микрофлоры с отклонениями ГПИ. Однако полученные результаты показали, что наиболее значимые отклонения ГПИ, выявленные нами в средней возрастной группе (среднее значение ГПИ $1,76 \pm 0,9$) соответствовали наличию первой степени выраженности дисбактериоза кишечника у большего количества пациентов данной группы. В то время как наличие менее выраженных отклонений ГПИ в первой и третьей группе (среднее значение ГПИ $1,18 \pm 0,6$ (0,5)) соответствовали второй степени выраженности дисбиоза у большинства пациентов.

Для объяснения происхождения значительных отклонений ГПИ при умеренных нарушениях в микробиоте кишечника мы изучили наличие сопутствующей патологии у всех обследованных нами лиц как одной из вероятных причин отклонений ГПИ. В группе пациентов от 20 до 40 лет были зарегистрированы следующие сопутствующие заболевания: доброкачественные объемные образования почек, матки, печени; хроническая железодефицитная анемия, хронический бронхит в стадии ремиссии.

В возрастной группе от 41 до 60 лет нами выявлены наиболее тяжелая сопутствующая патология: ревмато-

идный артрит, болезнь Бехтерева, хронические дерматозы, хроническая ЖДА, симптоматическая артериальная гипертензия.

В третьей группе было выявлено наличие хронической патологии вне обострения: остеохондроз позвоночника, атеросклероз сосудов, хроническая анемия, сахарный диабет 2 типа компенсированный.

Выводы

Таким образом, нами выявлено, что признаки эндогенной интоксикации, проявляющиеся патологическим

отклонением ГПИ, присущи основному количеству (93,6%) больных с нарушенным составом кишечной микрофлоры. В то же время нами не найдено прямого соответствия между выраженностью эндотоксикоза и дисбактериоза кишечника. Это могло свидетельствовать о влиянии дополнительных факторов интоксикации у данных пациентов. Изучение спектра сопутствующей патологии дало основания предположить, что наличие наиболее тяжелой группы хронических заболеваний у пациентов третьей возрастной группы (от 41 до 60 лет) при имеющемся дисбиозе толстого кишечника привели к появлению признаков эндогенной интоксикации у данной группы пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Копытова Т.В., Дмитриева О. Н., Химкина Л. Н., Пантелеева Г. А. Окислительная модификация белков и олигопептидов у больных хроническими дерматозами с синдромом эндогенной интоксикации // *Фундаментальные исследования*. — 2009. — № 6. — С. 25–29.
2. Кузнецов П.Л., Борзунов В. М. Синдром эндогенной интоксикации в патогенезе вирусного гепатита // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. — 2013. — С. 44–50.
3. Павелкина В.Ф., Ласеева М. Г. Интоксикационный синдром и его коррекция при рецидивирующих стрептококковых ангинах // *Вестник оториноларингологии*. — 2012. — № 3. — С. 83–87.
4. Эсаулова Т. А. Патология работников газоперерабатывающего производства. Профилактика, эндоэкологическая реабилитация. Патогенетическая терапия. Устранение архаизмов. Новые принципы и методы.: монография / под. ред. Ю. М. Левина. — Москва: РУДН, 2014. — С. 173–186.
5. Эсаулова Т.А., Кочина И. И., Базаева О. В., Зязина Е. Н. Выраженность нарушений кишечной микробиоты в зависимости от возраста у пациентов гастроэнтерологического стационара // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Естественные и технические науки»*, — 2020. — № 3. — С. 191–194.
6. Biesalski H. K. Nutrition meets the microbiome: Micronutrients and the microbiota. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 2016, 1372, 53–64.
7. Cigarran Guldris, S.; Gonzalez Parra, E.; Cases Amenos, A. Gut microbiota in chronic kidney disease. *Nefrologia* 2017, 37, 9–19.
8. Czech, M. P. Insulin action and resistance in obesity and type 2 diabetes. *Nat. Med.* 2017, 23, 804–814.
9. Kamp V.M., Leentjens J., Pillay J., Langreis J. D., De Kleyn S., Kox M., Netea M., Pikkers P., Koenderman L. Modulation of granulocyte kinetics by GM-CSF, IFN in a human LPS rechallenge model. *J. Leukoc. Biol.*, 2013, 3: 513–520 (doi: 10.1189/jlb.0213066).
10. Koppel, N.; Rekdal, V.M.; Balskus, E. P. Chemical transformation of xenobiotics by the human gut microbiota. *Science* 2017, 356, 2770
11. Lau, W.L.; Vaziri, N. D. The Leaky Gut and Altered Microbiome in Chronic Kidney Disease. *J. Ren. Nutr.* 2017, 27, 458–461.
12. Rothhammer, Veit; Mascanfroni, Ivan D; Bunse, Lukas; Takenaka, Maisa C; Kenison, Jessica E et al. (2016) Type I interferons and microbial metabolites of tryptophan modulate astrocyte activity and central nervous system inflammation via the aryl hydrocarbon receptor // *Nature medicine*
13. Schertzer, J.D.; Tamrakar, A.K.; Magalhães, J.G.; Pereira, S.; Bilan, P.J.; Fullerton, M.D.; Liu, Z.; Steinberg, G.R.; Giacca, A.; Philpott, D.J.; et al. NOD1 Activators Link Innate Immunity to Insulin Resistance. *Diabetes* 2011, 60, 2206–2215.
14. Sharon, G.; Garg, N.; Debelius, J.; Knight, R.; Dorrestein, P.C.; Mazmanian, S. K. Specialized metabolites from the microbiome in health and disease. *Cell Metab.* 2014, 20, 719–730
15. Tang, W.H.W.; Wang, Z.; Shrestha, K.; Borowski, A.G.; Wu, Y.; Troughton, R.W.; Klein, A.L.; Hazen, S. L. Intestinal Microbiota-Dependent Phosphatidylcholine Metabolites, Diastolic Dysfunction, and Adverse Clinical Outcomes in Chronic Systolic Heart Failure. *J. Card. Fail.* 2015, 21, 91–96.
16. Wang, Z.; Properzi, C.; Liddle, C.; Melton, P.; Ariff, A.; O'Sullivan, T.; Sherriff, J.; Coulter, S.; Christophersen, C.; Morrison, M. Bile Acids, Hepatic Steatosis and Gut Microbiome in Patients Undergoing Dietary Intervention for Non-Alcoholic Fatty Liver Disease. In *Hepatology*; Wiley: Hoboken, NJ, USA, 2018; p. 972A.

© Эсаулова Татьяна Алексеевна (esaulovat@mail.ru), Кочина Ирина Игоревна (freilain.kochina@yandex.ru),

Базаева Ольга Викторовна (olga.karapetyan.89@mail.ru), Зязина Елена Николаевна (enyazina@yandex.ru),

Шварц Роман Николаевич (romanshvartz@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS

Abdullah V. —St.Petersburg University «SPBU»
wadhabdullah1990@gmail.com

Akimova S. —senior lecturer, Penza state University, Penza
kaprizka-ks@mail.ru

Aksenov V. —postgraduate student, State Social And
Humanitarian University, Kolomna
vasilyaksenov@gmail.com

Aleksandrov A. —Graduate student, Smorodintsev
Research Institute of Influenza, Saint Petersburg
forphchemistry@gmail.com

Andrusenko E. —Candidate of psychological Sciences,
Associate Professor, Armavir state pedagogical University
4301151@gmail.com

Anokhina I. —Graduate student, Federal State
Autonomous Educational Institution of Higher Education
“Baltic Federal University named after I. Kant”
Iskrypnik@kantiana.ru

Bardin V. —Senior lecturer, Mordovian State Pedagogical
Institute named after M.E. Evseyev» (Saransk)
v.s.bardin@yandex.ru

Bazaeva O. —Astrakhan State Medical University of the
Ministry of Health of the Russian Federation
olga.karapetyan.89@mail.ru

Belov A. —Candidate of technical sciences, Khrulev
military Academy of MTS (Sankt-Petersburg)

Bezukladnikov I. —Candidate of technical Sciences,
Associate Professor, Perm National Research Polytechnic
University
corrector@at.pstu.ru

Boiko A. —PhD, Researcher, Mental Health Research
Institute NRMС, Tomsk
anastasya-iv@yandex.ru

Bokova E. —Federal State Autonomous Educational
Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow
State Medical University of the Ministry of Health of the
Russian Federation (Sechenov University)
eobokova@gmail.com

Bolgarov N. —Doctor of military sciences, associate
professor, Khrulev military Academy of MTS (Sankt-
Petersburg)
vamto@mail.ru

Brisky D. —postgraduate student, Kazan (Volga) Federal
University
briskiydmitry@mail.ru

Brisky D. —postgraduate student, Kazan (Volga) Federal
University
briskiydmitry@mail.ru

Bulavina A. —Penza state University
bulavina1a.a@gmail.com

Bunakov P. —associate Professor, State Social And
Humanitarian University, Kolomna
pavel_jb@mail.ru

Chikrin D. —candidate of technical sciences, associate
professor, Kazan (Volga) Federal University
dmitry.kfu@gmail.com

Chikrin D. —candidate of technical sciences, associate
professor, Kazan (Volga) Federal University
dmitry.kfu@gmail.com

Chumakov A. —graduate student, Volgograd state
technical university
spleenfull@yandex.ru

Davidenko A. —Candidate of technical Sciences,
Associate Professor, Armavir state pedagogical University
andavidenko@mail.ru

Davidenko P. —Candidate of technical Sciences, OSIssoft
pavlasd@mail.ru

Degtyarev O. —Rostov State Medical University
o.degtyareff2015@yandex.ru

Demin K. —Rostov State Medical University
kostadem@inbox.ru

Dudenkova N. —Candidate of Biological Sciences, Senior
lecturer Mordovian State Pedagogical Institute named after
M.E. Evseyev» (Saransk)
dudenkova_nataly@mail.ru

Efremova A. —assistant, Penza state University, Penza
nastasya.efremova.87@list.ru

Egorchev A. —researcher, Kazan (Volga) Federal University
eanton090@gmail.com

Egorchev A. —researcher, Kazan (Volga) Federal University
eanton090@gmail.com

Egorova A. — Research Institute for Problems of Ecology
and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences,
Kazan
egorovanastassia@gmail.com

Egorova M. —Teacher, Mordovian State Pedagogical
Institute named after M.E. Evseyev» (Saransk)
egorowa.marina@mail.ru

Esaulova T. —Astrakhan State Medical University of the
Ministry of Health of the Russian Federation
esaulovat@mail.ru

Frolova K. —senior lecturer, Penza state University, Penza
kristina.frolova.1983@mail.ru

Gavrilov A. — Associate professor, Bauman Moscow State
Technical University
alexgavrilov@mail.ru

Gerasimova T. —senior lecturer, Penza state University
26nfybnf86@mail.ru

Gorlova A. —Kursk state medical University

Gorozhankin A. —Graduate student, Perm National
Research Polytechnic University
gorobrankin@yandex.ru

Grinev A. —c.b.s., Associate Professor, Federal State
Autonomous Educational Institution of Higher Education
I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the
Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov
University)
sagrinev@yandex.ru

Gryzlova L. —Candidate of Biological Sciences, associate
Professor, Mordovian State Pedagogical Institute named
after M.E. Evseyev» (Saransk)
larisagrizlova@rambler.ru

Gumerova G. —candidate of medical Sciences, associate
Professor, Bashkir State Medical University

Gumiynuk T. —the doctor-the stomatologist-orthopedist,
Clinic South Ural state medical University of the Ministry of
health of the Russian Federation
igumanyuk@mail.ru

Htet Aung — PhD student, Bauman Moscow State
Technical University
happyland27057@gmail.com

Ignatyev A. —Doctor of Technical Sciences, Associate
Professor, Volgograd state technical university
alignat70@yandex.ru

Ispas A. —job seeker, FSFEI HE "Moscow A.I. Evdokimov
University of Medicine and Dentistry"
ispasanastasia@mail.ru

Ivanova S. —Ph.D., D.Sc., Professor, Mental Health
Research Institute NRMC, Tomsk
ivanovaniipz@gmail.com

Ivanov P. —Professor, Penza state University
sto-kafedra@yandex.ru

Ivchenkova A. —Candidate, Bashkir State Medical
University (Ufa)
ajordan1@rambler.ru

Ivliev S. —candidate of technical Sciences, associate
Professor, Ogarev national research Mordovian state
University, Saransk
ivliev_ibis@mrsu.ru

Kalinnikova T. — Research Institute for Problems of
Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of
Sciences, Kazan
tbkalinnikova@gmail.com

Kapitanov A. —Assistant, National Research University
"MIET"
andrey@kapitanov.me

Karlash A. —candidate of medical Sciences, Docent, Kursk
state medical University

Karlov D. —Candidate of technical Sciences, Associate
Professor, Kuban state technological University
karlov-dima@mail.ru

Kashin D. —post-graduate student, Saint Petersburg
mining University, Saint Petersburg
dmitrij.kashin.94@bk.ru

Kazakov M. —Doctor of technical Sciences, Professor,
Gzhel state University, Moscow
vokazak.m@gmail.com

Kazakov O. —Ph.D., FSBEI HE «Bryansk State Engineering
and Technology University»
kod8383@mail.ru

Kiseleva A. —Teacher, Mordovian State Pedagogical Institute named after M.E. Evseyev» (Saransk)
ka-mi19@yandex.ru

Klyuev S. —candidate of technical Sciences, docent, Krasnodar higher military school
s.g.klyuev@mail.ru

Kochina I. —Astrakhan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
freilain.kochina@yandex.ru

Kolsanova R. — Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan
rufina@kolsanova.com

Krasnikova S. —Senior Lecturer, National Research Nuclear University MEPhI, Moscow
ksa@fvs.ru

Krylova S. —senior lecturer, Ogarev national research Mordovian state University, Saransk
krilova_ibis@mrsu.ru

Kulchitskiy A. —candidate of technical Sciences, associate Professor, Saint Petersburg mining University, Saint Petersburg
doz-ku@rambler.ru

Kvaskov A. —post-graduate student, Ogarev national research Mordovian state University, Saransk
alexeikvaskov@yandex.ru

Lageza A. —Rostov State Medical University
lagezaab@list.ru

Latyushina L. —MD, associate Professor, Federal state budgetary educational institution of higher education "South Ural state medical University" of the Ministry of health of the Russian Federation, Chelyabinsk
latyushinal@mail.ru

Leontyev V. —candidate of Biological Sciences, associate professor, Elabuga institute of Kazan Federal University
vleontev@yandex.ru

Levchuk L. —Ph.D, Senior Researcher, Mental Health Research Institute NRMС, Tomsk
rla2003@list.ru

Lisitskiy V. —Candidate of technical sciences, Mozhayskiy military space Academy (Sankt-Petersburg)
lisickii@yandex.ru

Lyachek Y. —Saint-Petersburg Electrotechnical University «LETI»
ytlyachek@mail.ru

Makukha M. —teacher, Krasnodar University of the Ministry of internal Affairs of Russia
mmkrdu@yandex.ru

Malysheva L. —Ph. D., associate Professor, Federal state budgetary educational institution of higher education "South Ural state medical University" of the Ministry of health of the Russian Federation, Chelyabinsk
malu_doc@mail.ru

Mansurov A. —Assistant Professor, Altai State University, Barnaul
mansurov.alex@gmail.com

Manukhina E. —Doctor of Medical Sciences, Professor, FSFEI HE "Moscow A.I. Evdokimov University of Medicine and Dentistry"

Medvedkova I. —Graduate Student, National Research Nuclear University MEPhI, Moscow
prekrasnikova@inbox.ru

Moiseev A. —post-graduate student, Pirogov Russian National Research Medical University (RNRMU)
alexi.moiseev@gmail.com

Mutalova E. —MD., professor, Bashkir State Medical University (Ufa)

Muthanna M. —Saint-Petersburg Electrotechnical University «LETI»
muthanna@mail.ru

Muthanna M. —St.Petersburg University «SPBU»
mmutanna@hotmail.com

Naing Min Tun — PhD student, Bauman Moscow State Technical University
naingminhtun52@gmail.com

Novoseltseva E. —FSBEI of HE «Bryansk State Engineering and Technology University»
zhenechka.novoselceva@mail.ru

Nurieva N. —doctor of medical Sciences, Professor, South Ural state medical University of the Ministry of health of the Russian Federation
natakipa@mail.ru

Nyan Linn Tun — PhD student, Bauman Moscow State Technical University
nyanlin54@gmail.com

Pakhtusov A. —MIIT, Moscow
aleksandrkit2013@mail.ru

Pavlienko Yu. —Ph.D, associate Professor, Federal state budgetary educational institution of higher education "South Ural state medical University" of the Ministry of health of the Russian Federation, Chelyabinsk
pavlienko74@mail.ru

Piotrovich A. —Ph. D., associate Professor, Federal state budgetary educational institution of higher education "South Ural state medical University" of the Ministry of health of the Russian Federation, Chelyabinsk
pialvik@mail.ru

Popov V. —Ph. D., MIIT, Moscow
vpopov_miit@mail.ru

Putenikhin S. —postgraduate student, Bashkir State Medical University
putenihin1970@yandex.ru

Pyae Physo Paing — PhD student, Bauman Moscow State Technical University
ppaing12@gmail.com

Repetskaya N. —PhD in Economics, Associated Professor, IATE MEPHI (Obninsk)
nataliavr2005@ya.ru

Repetskaya T. —National Research University Higher School of Economics (Moscow)
torepetskaya@edu.hse.ru

Roshchina O. —Junior Researcher, Mental Health Research Institute NRMС, Tomsk
roshchinaov@vtomske.ru

Sadykov F. —Ph.D., docent, Bashkir State Medical University (Ufa)

Sagatelyan S. —Rostov State Medical University
susanna251093@gmail.com

Sakvarelidze N. —Candidate of Medical Sciences, FSFEI HE "Moscow A.I. Evdokimov University of Medicine and Dentistry"

Savateeva-Lyubimova Tatiana N. — MD, Professor, PhD in Medicine, Leading Researcher, Smorodintsev Research Institute of Influenza, Saint Petersburg
drug_safety@mail.ru

Savina E. —MIIT, Moscow
energizerkatenka@gmail.com

Schastnyy E. —MD, Professor, Mental Health Research Institute NRMС, Tomsk
evgeny.schastnyy@gmail.com

Shabala E. —Altai State University, Barnaul
shegcapcom@gmail.com

Shangala S. —Candidate of Technical Sciences, Teacher, Khrulev military Academy of MTS (Sankt-Petersburg)

Shirshova N. —Ph. D., associate Professor, Federal state budgetary educational institution of higher education "South Ural state medical University" of the Ministry of health of the Russian Federation, Chelyabinsk
shirshova74@yandex.ru

Shubina O. —Doctor of Biological Sciences, Professor, Mordovian State Pedagogical Institute named after M.E. Evseyev (Saransk)
o.shubina@mail.ru

Shvartz R. —Astrakhan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
romanshvartz@gmail.com

Skrypnik L. —Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Baltic Federal University named after I. Kant
henrietta.amati@mail.ru

Smirnov S. —Post-graduate student, Russian Technology University MIREA (Moscow)
spvert@mail.ru

Soloviev A. —Dr. Biol. Sc., The All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology (Moscow)
a.soloviev70@gmail.com

Sukhov P. —Ph. D., associate Professor, MIIT, Moscow
philipp.sukhov@mail.ru

Tarassenko V. —Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, East Siberian Institute of the Ministry of Home Affairs
pantysuit@mail.ru

Tretiakova P. —PhD student, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (Moscow)
polina.tretiakova@yandex.ru

Troyanovsky V. —Doctor of Technical Sciences Professor, National Research University "MIET"
troy40@mail.ru

Udaltsova E. —senior lecturer, Penza state University
udaltsovakaterina@mail.ru

Udoh I. —Volograd state technical university

Verzakova I. —doctor of medical Sciences, Bashkir State Medical University

Verzakova O. —candidate of medical Sciences, associate Professor, Bashkir State Medical University

Vostrikova S. —Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University)
vostrikova.sofya@yandex.ru

Yurkova O. —Ph.D., FSBEI HE «Bryansk State Engineering and Technology University»
yurkova_olga@mail.ru

Zelensky O. —FSBEI of HE «Bryansk State Engineering and Technology University»
zelenskiyoleg2000@gmail.com

Zhurbenko V. —Kursk state medical University
prepvermed@mail.ru

Ziganshin O. —doctor of medical Sciences, Professor, South Ural state medical University of the Ministry of health of the Russian Federation
ziganshin_oleg@mail.ru

Ziulkina L. —MD, Associate professor, Penza state University, Penza
stomatologfs@yandex.ru

Ziulkina L. —Professor, Penza state University

Zolotukhina E. —Ph.D., associate professor, National Research Nuclear University MEPhI, Moscow
ebz@fvs.ru

Zuyeva V. —Candidate of technical Sciences, Associate Professor, Kuban state technological University
victoria_zueva@list.ru

Zyazina E. —Astrakhan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation
enzyazina@yandex.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).

